

# Schlussbericht

## zum Vorhaben

Thema:

**Energetische Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe in  
Deutschland und China**

Zuwendungsempfänger:

**DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemein-  
nützige GmbH**

Förderkennzeichen:

**22025816**

Laufzeit:

**15.08.2017 bis 31.07.2021**

Monat der Erstellung:

**10/2021**

Datum der Veröffentlichung:

**30.06.2022**

Autoren:

**Schumacher, Britt; Stinner, Walter; Rensberg; Nadja;  
Denysenko, Velina, Fischer, Erik; Stur, Matthias;  
Barchmann, Tino; Schaubach, Kay**

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

# **Projekt „Energetische Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe in Deutschland und China“**

**Schlussbericht, 10/2021, FKZ 22025816**

## **Autoren**

**Britt Schumacher, Walter Stinner, Nadja Rensberg, Velina  
Denysenko, Erik Fischer, Matthias Stur, Tino Barchmann,  
Kay Schaubach**

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum  
gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116  
04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112  
Fax: +49 (0)341 2434-133

[www.dbfz.de](http://www.dbfz.de)  
[info@dbfz.de](mailto:info@dbfz.de)

Datum: 30.06.2022

Zuwendungsgeber Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)  
OT Gülzow  
Hofplatz 1  
18276 Gülzow-Prüzen

Kontakt: DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH  
Torgauer Straße 116  
04347 Leipzig  
Tel.: +49 (0)341 2434-112  
Fax: +49 (0)341 2434-133  
E-Mail: [info@dbfz.de](mailto:info@dbfz.de)  
Internet: [www.dbfz.de](http://www.dbfz.de)

Prof. Dr. mont. Michael Nelles  
Tel.: +49 (0)341 2434-113  
Fax: +49 (0)341 2434-133  
E-Mail: [michael.nelles@dbfz.de](mailto:michael.nelles@dbfz.de)

Dr. Britt Schumacher  
Tel.: +49 (0)341 2434-540  
E-Mail: [britt.schumacher@dbfz.de](mailto:britt.schumacher@dbfz.de)

Dr. Walter Stinner  
Tel.: +49 (0)341 2434-524  
E-Mail: [walter.stinner@dbfz.de](mailto:walter.stinner@dbfz.de)

Erstelldatum: 10/2021

Projektnummer DBFZ: 3230059

Projektnummer **FKZ 22025816**  
Zuwendungsgeber:

Gesamtseitenzahl + Anlagen 93 + 4

Wir danken den Kooperationspartnern vom ATB, namentlich Aura Cárdenas, Christian Ammon, Christiane Herrmann, Thomas und Barbara Amon, für die vertrauensvolle Zusammenarbeit im Rahmen des ChinaRes-Projekts bzw. des gemeinsamen peer-reviewed Paper „Methane emissions from the storage of liquid dairy manure: Influences of season, temperature and storage duration.“.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Abkürzungs- und Symbolverzeichnis</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1 Ziele</b> .....	<b>10</b>
1.1 Aufgabenstellung.....	10
1.1.1 Einleitung.....	10
1.1.2 Problemstellung .....	10
1.1.3 Lösungsansatz .....	11
1.2 Stand der Technik .....	12
1.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	13
<b>2 Ergebnisse</b> .....	<b>14</b>
2.1 Erzielte Ergebnisse.....	14
2.1.1 Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren im Milchviehbereich und Emissionen der Güllelagerung.....	14
2.1.2 Best-Case-Anlagenkonzepte.....	51
2.1.3 Hemmnisse und Optimierungspotenziale.....	56
2.1.4 Technische Konzepte.....	68
2.1.5 Wirtschaftsdünger- und N-Problematik in China.....	72
2.1.6 Bewertung der Konzepte.....	79
2.1.7 Handlungsempfehlungen und Verbreitung .....	85
2.1.8 Vernetzung der chinesischen und deutschen Biogasakteure .....	88
2.2 Verwertung.....	92
2.3 Erkenntnisse von Dritten .....	92
2.4 Veröffentlichungen .....	93
<b>Anhang 95</b>	
<b>A 1 Anhang – DBFZ Betreiberbefragung</b> .....	<b>96</b>
A 1.1 DBFZ Betreiberbefragung 2019 (Bezugsjahr 2018) .....	96
A 1.2 DBFZ Betreiberbefragung 2020 (Bezugsjahr 2019) .....	100
<b>A 2 Anhang – Befragung Tierhalter ohne eigene Biogasanlage</b> .....	<b>104</b>
<b>A 3 Anhang - Best-Case-Biogasanlage mit Stall-Entmistungskonzept</b> .....	<b>107</b>
A 3.1 Best-Case-Anlage 1.....	107
A 3.2 Best-Case Anlage 2.....	113
<b>A 4 Anhang – Kurzbefragung Länderministerien</b> .....	<b>120</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung eingesetzter Entmistungstechniken an Standorten mit Biogasanlagen; Mehrfachnennung möglich; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	20
Abbildung 2: Verteilung eingesetzter Entmistungstechniken differenziert nach Substratinput der Biogasanlage; Mehrfachnennungen möglich; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	21
Abbildung 3: Feststoffeinbringung in Biogasanlage; Mehrfachnennung möglich; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	22
Abbildung 4: Nutzung ehemaliger Güllebehälter für die Biogasproduktion; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	23
Abbildung 5: Verteilung der Zeitspanne zwischen Gülleanfall und Einbringung in die Biogasanlage, DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	23
Abbildung 6: Zeitspanne zwischen Gülleanfall und Einbringung in die Biogasanlage differenziert nach Inputstoffen; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019.....	24
Abbildung 7: Zeitspanne zwischen Gülleanfall und Einbringung in die Biogasanlage differenziert nach Herkunft der Inputstoffe; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	25
Abbildung 8: Baukosten der Biogasanlagen (Mehrkosten der BGA) differenziert nach installierter Anagenleistung; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	26
Abbildung 9: Baukosten der Biogasanlagen (Mehrkosten der BGA) differenziert nach Bemessungsleistung; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	27
Abbildung 10: Baukosten der Biogasanlage (Mehrkosten der BGA) differenziert nach Substratinput; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	27
Abbildung 11: Rohrleitungs- und Instrumentierungsschema des Güllelagerversuchsstands (Schumacher & Schröter, DBFZ).....	32
Abbildung 12: Zeitplan Methanemissionstests bei Umgebungstemperatur und Emissionspotential bei 20 °C [Kalenderwochen] (DBFZ).....	33
Abbildung 13: Zeitplan Methanemissionstests bei Umgebungstemperatur und BMP [Kalenderwochen] (DBFZ) .....	34
Abbildung 14: Verlauf in der Gülle- und Lufttemperatur über 280 Tage (Sommergülle) (DBFZ).....	35
Abbildung 15: Box-Plot der Gülle- und Lufttemperatur ohne Tag 56-75 (Sommergülle) (DBFZ) .....	35
Abbildung 16: Rindergülle zum Versuchsstart am 15.05.2018 (Sommergülle) (DBFZ) .....	35
Abbildung 17: Methanemissionen bei Umgebungstemperatur im Fassversuch – Sommergülle.....	37
Abbildung 18: Methanemissionen bei 20 °C im Eudiometerversuch - Sommergülle.....	38
Abbildung 19: Methanpotenzial bei 39 °C im AMPTS-Versuch - Sommergülle .....	39
Abbildung 20: Methanemissionen/-potenzial Fass-, Eudiometer-, AMPTS-Versuche – Sommergülle, alle bezogen auf Start-oTS 15.05.2018 .....	41
Abbildung 21: Methanemissionen/-potenzial Fass-, Eudiometer-, AMPTS-Versuche – Sommergülle, alle bezogen auf Start-oTS 15.05.2018 und Tag.....	41
Abbildung 22: Rindergülle zum 2. Versuchsstart am 02.10.2018 (Wintergülle) (DBFZ) .....	42
Abbildung 23: Methanemissionen bei Umgebungstemperatur im Fassversuch - Wintergülle .....	43

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 24: Methanemissionen bei 20 °C im Eudiometerversuch - Wintergülle .....	44
Abbildung 25: Methanpotenzial im AMPTS-Versuch - Wintergülle.....	45
Abbildung 26: Methanemissionen/-potenzial Fass-, Eudiometer-, AMPTS-Versuche – Wintergülle, alle bezogen auf Start-oTS 02.10.2018 .....	46
Abbildung 27: Bewertung der Biogasanlagen hinsichtlich Güllemanagement und Abläufen zur Emissionsminderung; Datenbasis: A: DBFZ Betreiberbefragung 2019, Bezugsjahr 2018, B: BDFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	53
Abbildung 28: Bewertung der Biogasanlagen hinsichtlich Güllemanagement und Emissionsminderung in Abhängigkeit von der Gärrestlagerabdeckung; Datenbasis: DBFZ Betreiberbefragung 2019, Bezugsjahr 2018 .....	54
Abbildung 29: Mobilisierbares technisches Biomassepotenzial (Brosowski & Krause, DBFZ).....	56
Abbildung 30: Verteilung Substrateinsatz in landwirtschaftlichen Biogasanlagen 2019, masse- und energiebezogen; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	58
Abbildung 31: Verteilung des Substratinputs tierischer Exkrememente zur Biogaserzeugung, masse- und energiebezogen, DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	58
Abbildung 32: Rücklauf Tierhalterbefragung differenziert nach Viehbestand; Mehrfachnennung möglich; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019.....	59
Abbildung 33: Gegenwärtige Nutzung von Gülle und Mist in externen Biogasanlagen; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019.....	60
Abbildung 34: Hemmnisse Gülle und Mist in Biogasanlagen einzusetzen aus Sicht viehhaltender Betriebe ohne Biogasanlagen; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019 .....	61
Abbildung 35: Möglichkeiten verfügbare Substrate für die Biogaserzeugung zu nutzen; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019.....	62
Abbildung 36: Bedeutung von Maßnahmen und Anpassungen zur Verbesserung der energetischen Nutzung von Güle und Mist in einer Biogasanlagen; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019.....	63
Abbildung 37: Anzahl und Anteil der Rückmeldungen hinsichtlich verfügbarer, aktuell ungenutzter Substrate, Mehrfachnennung möglich; Datenbasis DBFZ Betreiberbefragung 2019.....	64
Abbildung 38: Gründe verfügbare Substrate für die Biogaserzeugung nicht zu nutzen, Anzahl der Nennungen und Anteil der Biogasanlagen; Mehrfachnennung möglich; Datenbasis: DBFZ-Betreiberbefragung 2019 .....	65
Abbildung 39: Gründe für eine unvollständige Nutzung verfügbarer Substrate zur Biogaserzeugung; Verteilung der Nennungen bezogen auf die Anlagengröße; Datenbasis DBFZ Betreiberbefragung 2019 .....	66
Abbildung 40: Emissionen aus flüssigen und festen Wirtschaftsdüngern .....	70
Abbildung 41: Getreideanbauflächen (Tsd. ha) in der VR China im Jahr 2018 mit Ausweisung der Hauptanbauregionen für Weizen, Reis und Mais (Datengrundlage: China Statistics Press, 2019) .....	73
Abbildung 42: Viehbestände (10 Tsd. Tiere) in der VR China im Jahr 2018, mit Ausweisung besonders viehdichten Provinzen (Datengrundlage: China Statistics Press, 2019).....	74
Abbildung 43: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung - Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI 2067 (eigene Darstellung) .....	80
Abbildung 44: Startseite ChinaRes-Projekt-Website [DBFZ] .....	90

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 45: Startseite ChinaRes-Projekt-Website, Pressemitteilungen [DBFZ] .....	91
Abbildung 46: Regionale Verteilung Versand und Rücklauf DBFZ Betreiberbefragung 2019.....	97
Abbildung 47: Fragebogen DBFZ Betreiberbefragung 2019.....	98
Abbildung 48: energiebezogener Substratinput in landwirtschaftlichen Biogasanlagen.....	100
Abbildung 49: Fragebogen DBFZ Betreiberbefragung 2020.....	102
Abbildung 50: Regionale Verteilung Rücklauf Tierhalterbefragung, Bezugsebene: Postleitzahl .....	104
Abbildung 51: Fragebogen Tierhalterbefragung.....	106
Abbildung 52: Biogasanlage der Best-Case-Anlage 1 mit Futterrestelager (vorn), beiden Fermentern und BHKW Modulen © DBFZ .....	112
Abbildung 53: Ansicht Biogasanlage mit Güllebehälter, Fermenter und Nachgärer der Best-Case- Anlage 2 © DBFZ .....	119
Abbildung 54: Fragebogen Kurzbefragung Länderministerien .....	120

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einstreu, Material und Häufigkeit der Verwendung; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019.....	21
Tabelle 2: Rückmeldungen mit Angaben zu Baukosten der Biogasanlage differenziert nach Bezugsgröße der Angaben; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019 .....	25
Tabelle 3: Versuchsstände und Bedingungen der drei im Versuch durchgeführten Tests zur Bestimmung der Methanemission bzw. des -potentials (Schumacher & Schröter, DBFZ) .....	29
Tabelle 4: TS und oTS sowie Rest-FM und Rest-oTS bezogen auf den Startwert der Sommergülle über die Zeit des Lagerversuch bei Umgebungstemperatur.....	36
Tabelle 5: pH-Wert, FOS, FOS/TAC, NH <sub>4</sub> -N der Sommergülle über die Zeit des Lagerversuch bei Umgebungstemperatur .....	37
Tabelle 6: Endwerte der Methanemissionen bei Umgebungstemperatur in den Fassversuchen - Sommergülle .....	38
Tabelle 7: Endwerte der Biogas-/Methanemissionen bei 20 °C und des Methanpotenzials bei 39 °C - Sommergülle.....	40
Tabelle 8: TS und oTS sowie Rest-FM und Rest-oTS bezogen auf den Startwert der Wintergülle über die Zeit des Lagerversuch bei Umgebungstemperatur.....	42
Tabelle 9: pH-Wert, FOS, FOS/TAC, NH <sub>4</sub> -N der Wintergülle über die Zeit des Lagerversuch bei Umgebungstemperatur .....	42
Tabelle 10: Endwerte der Methanemissionen bei Umgebungstemperatur in den Fassversuchen - Wintergülle .....	43
Tabelle 11: Endwerte der Biogas-/Methanemissionen bei 20 °C und des Methanpotenzials bei 39 °C - Wintergülle .....	44
Tabelle 12: Versand und Rücklauf DBFZ Betreiberbefragung 2019 und 2020 .....	53
Tabelle 13: Mittlere empfohlene vs. tatsächlich applizierte Stickstoffmengen (kg/ha/Jahr) im Landbau in China, inkl. Standardabweichungen (Datengrundlage: Zhang et al., 2016).....	76
Tabelle 14: Szenariorahmen .....	79
Tabelle 15: Allgemeine wirtschaftliche Rahmenparameter der Modell-Biogasanlage.....	81
Tabelle 16: Projektspezifische wirtschaftliche Rahmenparameter der Modell-Biogasanlagen.....	82
Tabelle 17: Ergebnisse der ökonomischen Analyse – Stromgestehungskosten (ohne Wärmegutschriften) .....	84
Tabelle 18: Versand und Rücklauf DBFZ Betreiberbefragung 2019 .....	96
Tabelle 19: Versand und Rücklauf DBFZ Betreiberbefragung 2020 .....	100
Tabelle 20: Rücklauf DBFZ Betreiberbefragung 2020 differenziert nach Leistungsklassen .....	101
Tabelle 21: Versand und Rücklauf Tierhalterbefragung.....	105



## Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
AAPE	China Academy of Agricultural Planning and Engineering, MARA
AMPTS	Automatic Methane Potential Test System
Äq.	Äquivalent
ATB	Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V.
BGA	Biogasanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMP	Biogasmessprogramm oder biochemisches Methanpotential
CAU	China Agricultural University
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
DIN	Deutsches Institut für Normung
DüV	Düngeverordnung
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EU	Europäische Union
FKZ	Förderkennzeichen
FOS	Flüchtige organische Säuren
GasNZV	Gasnetzzugangsverordnung
H <sub>s</sub>	Brennwert
HFUU	University Hefei
ISO	Internationale Organisation für Normung
IS	Impf Schlamm
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
L, l	Liter
oTS	Organische Trockensubstanz
RG	Rindergülle
TAC	Pufferkapazität

## Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

THG	Treibhausgas
TLLLR	Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum
TS	Trockensubstanz
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VS	volatile solids (englische Variante des oTS)

Formelzeichen	Erklärung	Einheit
A	Annuität	EUR/Bezugseinheit
$C_0$	Kapitalwert	EUR
$H_{u,BG}$	unterer Heizwert von Biogas	MJ/m <sup>3</sup> i.N.
KEA	kumulierter Energieaufwand	MJ

## 1 Ziele

### Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Deutsch-Chinesischen Arbeitsgruppe der Agrarministerien sollte jeweils für Deutschland und China unter regem Austausch das Wissen über (a) die Hemmnisse der Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe in der Praxis identifiziert, (b) technische Konzepte für einen abgestimmten Betrieb von Stall und Biogasanlage erarbeitet sowie (c) die Projektergebnisse so aufbereitet werden, dass sie einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden können. Deutsch-Chinesische Workshops zum Wissensaustausch über den Stand der Technik sowie den Stand der Forschung waren ebenso wie Besichtigungen von Best-Case-Anlagen in beiden Ländern geplant, um deren Akteure besser zu vernetzen.

### Abstract

Within the scope of the Sino-German workgroup the knowledge about energetic utilisation of agricultural residues should have been merged and as appropriate updated in lively exchange about (a) the barriers for the use of different agricultural residues from animal and plant production shall be identified, (b) conceptual proposals for a better design and a coordinated operation of barn and biogas plant shall be developed and (c) the project results shall be edited in a way that they can be provided to public at large. Sino-German workshops for an exchange of knowledge about the state of the art of technology and research were planned as well as technical tours to best-case-plants in both countries in order to cross-link the stakeholder.

## 1.1 Aufgabenstellung

Im Folgenden soll die Aufgabenstellung anhand einer Einleitung und Ausführungen zur Problemstellung und zu den Lösungsansätzen des ChinaRes-Projekts kurz umrissen werden.

### 1.1.1 Einleitung

Landwirtschaftliche Reststoffe wie tierische Exkrememente bergen, abhängig von der Haltungsform (Gülle, Mist), bei ihrer Lagerung einerseits ein hohes Risiko von Emissionen (u. a. von Treibhausgasen) und andererseits große Potenziale zur energetischen Verwertung. Sowohl in Deutschland als auch in China werden die beachtlichen energetischen Potenziale landwirtschaftlicher Reststoffe bis heute nur in geringem Maße ausgeschöpft. Die Chancen, gleichzeitig Emissionen zu minimieren, die in Zusammenhang mit der Tierproduktion stehen, werden somit noch nicht ausreichend genutzt. Nur durch innovative Ideen kann sowohl ein Beitrag zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Wirtschaft im ländlichen Raum als auch zum Klimaschutz geleistet werden.

### 1.1.2 Problemstellung

Es gibt weltweit viele ungenutzte Potenziale von landwirtschaftlichen Reststoffen. Insbesondere Gülle, Mist und Stroh sind in Deutschland und China verfügbar. Die Verwendung dieser Stoffströme zur

## 1 Ziele

Erzeugung von Biogas und bedarfsgerecht einsetzbarem Wirtschaftsdünger könnte ein zusätzliches Einkommen für Landwirte und ländliche Räume generieren. Auch produktionsseitig hat die Verwendung dieser Stoffströme erhebliche Vorteile. So bietet die Vergärung erhebliche indirekte und direkte Hygienevorteile für die landwirtschaftlichen Betriebe. Durch die Vergärung von Gülle, Mist und Futterresten in Biogasanlagen werden Fliegenlarven und Schädigern die Nahrungsgrundlage und das Refugium genommen. Der Umfang dieser Vektoren für Krankheitserreger wird also reduziert. Neben der Energiebereitstellung beim Einsatz von Gülle oder Mist in Biogasanlagen sind weitere positive Effekte wie Minderungen von Treibhausgasemissionen und Gerüchen zu verzeichnen.

Die Vergärung von Stroh vermeidet die Stickstofffestlegung auf dem Feld, enthaltene Unkrautsamen und Krankheitserreger können abgetötet werden. Gegenüber anderen Optionen der Strohnutzung bietet der Einsatz von Stroh zur Biogaserzeugung dabei den Vorteil, über die Gärrestdüngung wertvollen organischen Dünger zurück zu führen. Allerdings bestehen aktuell noch große Herausforderungen, um diese noch weitgehend ungenutzten Stoffströme besser nutzen zu können. Einerseits müssen die rechtlichen, ökonomischen, technischen oder sonstige Hemmnisse identifiziert und andererseits Konzepte entwickelt werden, um diese Hemmnisse zu überwinden und die vorhandenen Potenziale auszuschöpfen.

### 1.1.3 Lösungsansatz

Im Rahmen der Deutsch-Chinesischen Arbeitsgruppe der Agrarministerien sollte jeweils für Deutschland und China unter regem Austausch das Wissen über (a) die Hemmnisse der Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe in der Praxis identifiziert, (b) technische Konzepte für einen abgestimmten Betrieb von Stall und Biogasanlage erarbeitet sowie (c) die Projektergebnisse so aufbereitet werden, dass sie einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden können. Die Arbeitspakete sollten von den beteiligten Projektpartnern in Deutschland (DBFZ, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB)) und China (Academy of Agricultural Planning and Engineering, MARA (AAPE), China Agricultural University (CAU), University Hefei (HFUU)) soweit möglich gleichermaßen bearbeitet werden, wobei länderspezifische Schwerpunkte (u.a. hinsichtlich der Auswahl und Bewertung der Anlagenkonzepte) Berücksichtigung fanden. Die binationale Verknüpfung ermöglicht zusätzliche Synergieeffekte zur erfolgreichen Bewältigung der oben beschriebenen Herausforderungen. Deutsch-Chinesische Workshops zum Wissensaustausch über den Stand der Technik sowie den Stand der Forschung waren ebenso wie Besichtigungen von Best-Case-Anlagen in beiden Ländern geplant.

Es erfolgte eine zusammenfassende Darstellung ausgewählter Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren bei Milchvieh. Grundlage für die Bewertung sind Labortests zum Methanpotenzial in Abhängigkeit von der Tierart, der Stallform und von der Lagerdauer der Exkremente. Für zukünftige Biogasanlagenbetreiber soll eine Grundlage erstellt werden, um sie bei ihrer Entscheidung für eine Güllevergärungsanlage, ggf. bei der Wahl der Technik von der Entmistung bis hin zur Vergärung (in Abhängigkeit von Umfang der Tierhaltung, Tierart, Tierkategorie, Haltungsverfahren und breitem oder engem Reststoffspektrum am Standort) zu unterstützen. Die Vorstellung von Best-Case-Anlagenkonzepten (Stall, Gülle-Management und Biogasanlage) ist für potenzielle und „Alt“-Anlagenbetreiber hilfreich. Die rechtlichen, ökonomischen, technischen oder sonstigen Hemmnisse sollten durch die Befragung von verschiedenen Stakeholdern wie Tierhaltern und Biogasanlagenbetreibern sowie landwirtschaftlichen Ministerien identifiziert werden. Daraus wurden Optimierungspotenziale sowie Handlungsempfehlungen abgeleitet. Zudem war der Vergleich der Ergebnisse beider Länder vorgesehen (AP 9). Die Ergebnisse wurden abgestimmt auf

## 1 Ziele

verschiedene Zielgruppen (AP 10 und AP 11) aufbereitet sowie in Artikeln und Vorträgen bzw. Workshops in Deutschland und China verbreitet.

## 1.2 Stand der Technik

Die Prozesskette "Tierhaltung - Exkrememente - Biogaserzeugung - Düngernutzung" ist auch in Deutschland nur bei einem geringen Anteil der tierhaltenden Betriebe vorhanden oder nicht optimal geschlossen, so dass energetische Potenziale vergeudet und gleichzeitig Emissionen freigesetzt werden.

Die vorliegende Studie:

- untersucht erstmals die Prozesskette Haltungs- und Entmistungsverfahren, Gülle-Management und Biogasanlage, betrachtet und quantifiziert auch die stallseitigen Hemmnisse und Einflüsse
- ermittelt den Einfluss der Lagerdauer der Exkrememente auf das Methanpotenzial u. a. in Labortests und ermöglicht so die Bewertung von Entmistungsverfahren mit unterschiedlicher Lagerdauer der Gülle vor Einbringung in eine Biogasanlage;
- deckt die Hemmnisse der Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe auf und kommuniziert diese
- zeigt Optimierungsansätze besonders im Bereich der Interaktion "Tierhaltung - Entmistungsverfahren - Biogaserzeugung" auf
- beinhaltet die Entwicklung technischer Konzepte für eine verstärkte Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe
- trägt durch die umfassenden Verbreitungs- und Verwertungsaktivitäten zu einer nachhaltigen Verbesserung der energetischen Nutzung von und zur Emissionsreduktion aus landwirtschaftlichen Reststoffen bei
- bildet damit die Basis für weitere gezielte technische Entwicklungen für den deutschen und chinesischen Markt durch KMU und Forschungspartner

Die Einflüsse des Tierhaltungsverfahrens auf die erzeugbare Biogasmenge einer Herde sind bisher nur qualitativ bekannt. So führen Stinner et al. in der Gülle-Kleinanlagen-Broschüre der FNR (FNR- Bestellnr. 813, 2015<sup>1</sup>) u. a. die Einflussfaktoren der Tierart und Tierkategorie, der Einstreu, des Leistungsniveaus, des Umgangs mit Futterresten sowie des Entmistungssystems (Einbringung innerhalb weniger Stunden bei Schieberentmistung bzw. nach längerer Lagerung bei Spaltenböden) auf, ohne diese jedoch zu quantifizieren. Die genannte Faustzahl von 15 kW Bemessungsleistung/100 GV auf Basis von KTBL-Durchschnittswerten zum Gülleanfall bei Milchviehherden, KTBL-Werten zur spezifischen Gasausbeute und typischen Wirkungsgraden kleinerer BHKW beinhaltet eine Spannweite der Werte von 8-30 kW/100 GV bei Annahme jeweils üblicher Milchviehrassen, Einstreumengen, Leistungen etc.

---

<sup>1</sup> <https://mediathek.fnr.de/broschure-gullekleinanlagen.html> (Abruf: 18.10.2020)

## 1 Ziele

Diese weite Spanne hat für den Informationsaustausch und für die Praxis deutliche Nachteile.

- Betriebe mit hoher Herdenleistung, entsprechend großzügig abgeräumten Futterresten, großzügig, ggf. mit Strohpellets eingestreuten Liegeboxen bei weitgehender Stallhaltung erhalten möglicherweise keine Empfehlung zur Biogaserzeugung, weil die Faustzahlen nur die Hälfte des für diese Betriebe aus Gülle möglichen Ertrages angeben.
- Gerade bei solchen Betrieben kommen außerdem größere Mengen an minderwertiger Silage hinzu (Randschichten, Deckschichten, Herbstgrassilage), die in solchen Hochleistungsherden häufig nicht verwertet werden.
- Umgekehrt müssen Betriebe mit anderen Haltungsbedingungen nach Bau einer Biogasanlage geringere Gasproduktion aus Gülle ggf. durch teure Energiepflanzen ausgleichen, was die Wirtschaftlichkeit der BGA schnell infrage stellt und in vielen Fällen die Betriebsentwicklung hemmt.
- Bei der Planung von Stallanlagen in Deutschland, aber auch in China wird die Möglichkeit der späteren Ergänzung um eine Biogasanlage nicht berücksichtigt. Dies erhöht die Kosten einer solchen späteren Erweiterung, beinhaltet technische Schwierigkeiten („Mistbänke in Güllekanälen“) und verhindert so die Implementierung der Biogasnutzung.
- Auch bei der Stallbauförderung werden technische Standards nicht in Richtung späterer Biogasnutzung gesetzt, weil das entsprechende Wissen nicht quantifiziert ist.
- Der Ausgestaltung der Rahmenbedingungen zur Güllevergärung in Deutschland (Güllekleinanlagen-Regelung des EEG) liegt keine evaluierte Basis zu Grunde, welche Tierhaltungsanlagen welche Biogasanlagengröße alleine auf Basis von Gülle bedienen können. Damit ist die Gefahr verbunden, dass (i) ein Teil der Betriebe eine Biogasanlage baut, aber nur einen Teil der Wirtschaftsdünger darin nutzt, oder (ii) Betriebe die relevante Größe nur in Verbindung mit Energiepflanzen (20%) erreichen würden, deren Einsatz in Anlagen dieser Größe jedoch kaum wirtschaftlich ist.

Diese Studie soll helfen, diese Hemmnisse näher zu untersuchen und zu reduzieren.

### 1.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Arbeitspakete sollten von den beteiligten Projektpartnern in Deutschland (DBFZ, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB)) und China (Academy of Agricultural Planning and Engineering, MARA (AAPE), China Agricultural University (CAU), University Hefei (HFUU)) soweit möglich gleichermaßen bearbeitet werden, wobei länderspezifische Schwerpunkte (u.a. hinsichtlich der Auswahl und Bewertung der Anlagenkonzepte) Berücksichtigung fanden.

Des Weiteren wurde durch das DBFZ Kontakt zu Dr. Gerd Reinhold TLLLR und durch das ATB zum KTBL e.V. hergestellt, um detailliertere Informationen zur Verbreitung von Stallhaltungs-/Entmistungssystemen zu erlangen.

## 2 Ergebnisse

Im Ergebniskapitel erfolgt die Darstellung der im ChinaRes-Projekt erzielten Ergebnisse der praktischen und theoretischen Untersuchungen, deren Verwertung, Erkenntnisse von Dritten und eine Übersicht zu den Veröffentlichungen.

### 2.1 Erzielte Ergebnisse

Das Kapitel „Erzielte Ergebnisse“ gliedert sich in Anlehnung an die vielfältigen Arbeitspakete des ChinaRes-Projekts. Es gibt Ausführungen zu Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren im Milchviehbereich sowie zur Methodenentwicklung von Emissionsmessungen bei Güllelagerung im halbertechnischen Maßstab sowie deren Test. Des Weiteren werden Best-Case-Anlagenkonzepte für Kombinationen aus Ställen und Biogasanlagen sowie neue technische Konzepte vorgestellt und bewertet. Zusätzlich erfolgte eine Hemmnisanalyse für die energetische Nutzung von Exkrementen aus der Optimierungspotenziale abgeleitet wurden. Abschließend erfolgt die Zusammenfassung von Handlungsempfehlungen und ein Überblick zur Ergebnisverbreitung sowie zur Vernetzung der chinesischen und deutschen Biogasakteure.

#### 2.1.1 Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren im Milchviehbereich und Emissionen der Güllelagerung

Das folgende Kapitel widmet sich verschiedenen Aspekten eines umfangreichen Themengebiets. So werden (a) Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren sowie Einflussfaktoren im Milchviehbereich auf die Wirtschaftsdüngervergärung, (b) ergänzende Ergebnisse der Betreiberbefragung in Bezug zu Entmistungstechnik und Güllelagerung im Milchviehbereich mit Biogasanlagen sowie (c) die Entwicklung einer Emissionsmessmethodik und deren Praxistest (Güllelagerung) vorgestellt.

##### 2.1.1.1 Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren – Einflussfaktoren im Milchviehbereich auf die Wirtschaftsdüngervergärung

Das AP „Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren im Milchviehbereich“ hatte folgende Zielsetzungen:

- Ermittlung Status quo; Betriebsgrößen Milchvieh (u. a. Auswertung destatis-Datenbasis),
- Beschreibung der verschiedenen Stallhaltungs- bzw. Entmistungsverfahren
- Analyse der Vor- und Nachteile in Bezug auf Biogasnutzung (Exkremente, Einstreu, Futterreste), mindestens qualitativ, soweit möglich auch quantitativ (Investitionsbedarf der Kombination Stall – BGA, zusätzlicher Betriebsaufwand durch Bewirtschaftung von Güllekammern unter Spaltenböden) mit besonderer Berücksichtigung gemeinsam nutzbarer Teile
- Analyse des Einflusses des Haltungsverfahrens auf den Biogasertrag (Literaturwerte, Labortests zum Methanpotenzial in Abhängigkeit von der Lagerdauer der Exkremente, von Lagerbedingungen, Temperatur, Leistung, Einstreu)
- Identifikation von „Stellschrauben“ zur Optimierung

## 2 Ergebnisse

Dieses AP wurde größtenteils vom ATB in Kooperation mit dem DBFZ bearbeitet. Die Ergebnisse des ATB sind im Schlussbericht des Teilvorhabens 2: Analyse und Optimierung von Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren zusammengefasst<sup>2</sup>. In Abstimmung mit dem DBFZ erarbeitet das ATB einen Artikel zur Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren im Milchviehbereich in Deutschland. Die Veröffentlichung einer Kurzfassung erfolgte durch das DBFZ auf der Projektwebsite<sup>3</sup>.

Es besteht ein hoher gegenseitiger Einfluss zwischen den Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren im Milchviehbereich und dem Erfolg gäulenutzender Biogastechnologie. Neben der eigentlichen Technik ist auch das Management entscheidend.

Als relevante Faktoren wurden v.a. die Entmistungstechnik (Spaltenboden mit Güllelager unter dem Stall und damit je nach Lagervolumen unter dem Spaltenboden mehr oder weniger langer Lagerung vor möglicher Einbringung in die Biogasanlage bzw. Schieberentmistung mit mehrmals täglichem Abpumpen und daher Einbringung sehr frischer Gülle in die BGA), die Herdengröße, die Rasse, das Leistungsniveau der Herde, das Management des Futters und der Futterreste (incl. Siloabraum, Rand- und Deckschichten), das Management von Melkstands- und Melkanlagenspülwasser sowie das Einstreumanagement identifiziert.

Die Vergärung von Wirtschaftsdüngern ist eine der beiden wichtigsten Säulen zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung im Sektor Landwirtschaft. Vor diesem Hintergrund wurden die Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren im Hinblick auf ihren Einfluss auf die Vergärung der Wirtschaftsdünger betrachtet. Vor allem im Klimaschutzprogramm 2030, Kap. „3.4.5.4 Verringerung der Treibhausgasemissionen in der Tierhaltung“ sind Maßnahmen zur gasdichten Lagerung von Gülle und Gärresten genannt. Danach „werden alle relevanten Möglichkeiten betrachtet, um im Stall, bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern sowie durch Vergärung in Biogasanlagen und der anschließenden Lagerung der Gärreste anfallende Methan-, Lachgas- und Ammoniakemissionen zu reduzieren.“ Als konkretes Ziel ist in Kap. „3.4.5.1 Senkung der Stickstoffüberschüsse einschließlich Minderung der Ammoniakemissionen und gezielte Verminderung der Lachgasemissionen sowie Verbesserung der Stickstoffeffizienz“ die „Erhöhung des Anteils gasdicht gelagerter Gülle aus der Rinder- und Schweinehaltung auf 70 Prozent“ genannt.

Mögliche Zielkonflikte mit den Bereichen Gewässerschutz/Abbau von regionalen Nährstoff-überhängen, Tierwohl, Biodiversität, Agrarstruktur (Strukturwandel), Wertschöpfung und Arbeitsplätze im ländlichen Raum müssen in die Betrachtung einbezogen werden.

Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren im Milchviehbereich müssen also gleichzeitig Anforderungen an Wirtschaftlichkeit und Arbeitsökonomie, an Tierfreundlichkeit und Emissionsvermeidung erfüllen und dazu die Wirtschaftsdünger möglichst frisch zur Behandlung in Biogasanlagen bereitstellen. Dazu werden nachfolgend wesentliche Einflussbereiche intensiver betrachtet.

---

<sup>2</sup> ATB Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB): Energetische Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe in Deutschland und China - Teilvorhaben 2: Analyse und Optimierung von Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren: Schlussbericht zum Vorhaben: Laufzeit: 01.01.2018 bis 31.10.2020; <https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT:1786211343/Energetische-Nutzung-landwirtschaftlicher-Reststoffe?cHash=e806745131886891b6566f513d8d595c>

<sup>3</sup> <https://www.dbfz.de/projektseiten/chinares/info-pool/deutschland> (Abruf: 14.10.2021)



### Entmistungstechnik

Wenn die Gülle auf Grund von Spaltenboden und Güllekeller im Vergleich zur Schieberentmistung längere Zeit vor der Einbringung in die Anlage gelagert werden muss, ist die spezifische Gasausbeute verringert, da während der Lagerung bereits ein Abbau der organischen Fraktion stattfindet. Dem gleichen Aufwand zur Behandlung steht also eine geringere Leistung und Energieerzeugung gegenüber. Gleichzeitig ist diese Lagerung mit Klimagasemissionen verbunden, s. a. im Unterkapitel „Entwicklung einer Emissionsmessmethodik und Praxistest (Güllelagerung)“. Der Effekt lässt sich beziffern. Wenn man die Biogasausbeute für Milchviehgülle inkl. Futterresten von 350 m<sup>3</sup>/t oTS<sup>4</sup> heranzieht und die Dichte des Biogases von 1,2 kg/m<sup>3</sup> berücksichtigt<sup>5</sup>, werden also 420 kg oTS bzw. 42 % der oTS potentiell in Biogas umgesetzt. Tabelle 4 zeigt schon bei 70 Tagen Lagerdauer im Sommerhalbjahr einen Trockenmasseverlust von 23 %. Dieser TS-Abbau ist nicht ganz gleichzusetzen mit dem möglichen Abbau in einer Biogasanlage, weil bei der Lagerung neben den anaeroben Prozessen auch aerobe Abbauprozesse, insbesondere an der Oberfläche, stattfinden. Dennoch zeigen auch die Ergebnisse der Methanertrags-Potenzialtests (Tab. 7) ein um 15 % geringeres Methanertragspotential der 70 Tage gelagerten Gülle im Sommerhalbjahr. Die Methanemissionen in diesem Zeitraum entsprechen 37 % des potentiellen Gasertrages, der Emissionseffekt ist also mehr als doppelt so hoch als der Ertragsverlust. Die unterschiedlichen Niveaus von oTM-Verlust, Methanemissionen und Methanertragspotentialminderung dürften auf den Einflüssen der unterschiedlichen Verhältnisse aerober und anaerober Abbauprozesse sowie der unterschiedlichen Temperaturen beruhen.

Es muss berücksichtigt werden, dass Maßnahmen zur Verringerung eines einzelnen Treibhausgases negative Auswirkungen auf die Emissionen der anderen Gase haben können. Bei allen Technologien müssen daher die Interaktionen zwischen den direkten Treibhausgasen Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) sowie den indirekt klimawirksamen Ammoniakemissionen (NH<sub>3</sub>) beachtet werden. So können bei der Güllelagerung ohne Biogastechnik durch Schwimmdeckenbildung NH<sub>3</sub>-Emissionen vermieden, im Bereich der Schwimmdecke jedoch im größeren Umfang N<sub>2</sub>O-Emissionen verursacht werden. Bei Festmistlagerung werden durch lockere Lagerung und Umsetzen zunächst CH<sub>4</sub>-Emissionen vermieden, jedoch NH<sub>3</sub> und N<sub>2</sub>O-Emissionen gefördert. Außerdem kommt es nach kurzer Lagerung wieder zu verstärkter Methanemissionen, weil sich feste Wirtschaftsdünger (Mist, aber auch Futter- und Silagereste) nach Ab- oder Umlagerung unter Verbrauch des Sauerstoffs schnell erwärmen und die Haufwerke infolge der Abbauprozesse und der Schwerkraft zusammensacken und dabei dichter lagern. Es entstehen im Inneren der Haufwerke also schnell anaerobe Bedingungen bei gleichzeitig für die Methanisierung günstigen Temperaturen. Durch die Wärmebildung entsteht auch ein vom Haufwerk ausgehender Abluftstrom, mit dem Ammoniak emittiert wird und in den semiaeroben Randbereichen kommt es zur Lachgasbildung.

Neben einer nur in speziellen Fällen praxistauglichen Kompostierung mit weitem C/N-Verhältnis und ausreichendem Strukturmaterial erfüllt nach der Schnittstelle Stall nur die Biogastechnologie mit gasdichter Gärproduktlagerung die Anforderungen ohne Zielkonflikte. Wie in vergangenen Zwischenberichten auf Basis durchgeführter Versuche mit frischer und gelagerter Gülle dargestellt, ist es sowohl in Bezug auf die Gasausbeute und damit auf die wirtschaftliche Umsetzbarkeit als auch in Bezug

<sup>4</sup> [https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/?sel\\_list=51%2C&anker0=substratanker#substratanker](https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/?sel_list=51%2C&anker0=substratanker#substratanker)

<sup>5</sup> [http://www.boxer99.de/biogas\\_biogaseigenschaften.htm](http://www.boxer99.de/biogas_biogaseigenschaften.htm)

## 2 Ergebnisse

auf eine hohe Vermeidung lagerungsbedingter CH<sub>4</sub>-Emissionen essentiell Biogastechnologie einzusetzen. Die anaerobe Behandlung der festen Wirtschaftsdünger muss also immer mitgedacht werden.

Für neue Ställe wurde im Projekt ein Konzept mit Schieberentmischung entwickelt, das die kostengünstige Mitnutzung der festen Wirtschaftsdünger erlaubt und so günstigere economies of scale zur Gülleverwertung ermöglicht. Als ergänzende Innovation, um auch die Ammoniakemissionen zu reduzieren, wurden verschiedene Lösungen recherchiert, u. a. ein System mit geschlitzten Rinnen und angepasstem Schieber<sup>6</sup>. Auf diese Weise kann der Urin schnell ablaufen, ebenso, wie bei Gummimattenlösungen eines französischen Herstellers, die zudem die Fundamente (Klauen und Beine) der Rinder schonen dürften. Ebenso wie bei der mit einer DLG-Goldmedaille ausgezeichneten Kuhtoilette<sup>7</sup> wird so der Abbau des Harnstoffs zu Ammoniak vermindert, folglich werden die stallseitigen Ammoniakemissionen reduziert. Die Weiterentwicklung der Harn und Kot trennenden Gummimatten als flüssigkeits- und gasdichte Nachrüstung für Spaltenböden, um die dann freiwerdenden Güllekeller zur Lagerung des Urins, von Melkstandsabwasser, Laufgangwasser, separiertem Gärprodukt-Fugat etc. nutzen und entstehendes Gas der Biogasanlage zuführen zu können, gleichzeitig mit dem Kot-Anteil einen effizienteren Betrieb einer Vergärung ermöglichen zu können, sollte zumindest geprüft werden.

Vor allem in den Mittelgebirgen sind Ställe oft mit Güllekeller gebaut (vgl. Stallhaltungssystembeschreibungen im Bericht des Projektpartners ATB) und in Westdeutschland herrschen Betriebsgrößen vor, die im Rahmen der geltenden Vergütungen für Güllekleinanlagen eine einzelbetriebliche Güllevergärung unwirtschaftlich machen. Die separate Gewinnung des Kotes durch Nach-, ggf. Ausrüstung mit o.g. Innovationen, kann die Möglichkeit verbessern, diesen einer überbetrieblichen Vergärung zuzuführen. Für die Betriebe können nach Gesprächen mit Betriebsleitern solche Lösungen interessant sein, weil insgesamt die N-Effizienz verbessert und damit der Zielkonflikt in Bezug auf Erträge, Qualitäten und Umweltbelastung entschärft wird und weil technische Herausforderungen der Schleppschlauchdüngung auf Grünland (Verbleib von Güllewürsten auf der Oberfläche, Schlitztechnik am Hang kaum einsetzbar) dünnflüssigere Wirtschaftsdünger erfordern. Allerdings sind die Investitionsmöglichkeiten wegen der Milchpreise nach Aussagen der Betriebsleiter sehr begrenzt.

### **Herdengröße/Anlagengröße**

Wenn die Biogasanlage (BGA) der Herdengröße angepasst ist, kann die Gülle ohne Transportaufwendungen genutzt werden. Allerdings sind entsprechend die economies of scale kleiner im Vergleich mit Anlagen, die die Gülle mehrerer Tierhaltungsbetriebe vergären.

Gerade Gülle ist wegen des hohen Wassergehaltes kaum transportwürdig. Je dezentraler also Biogasanlagen in der Nähe von Stallanlagen gebaut werden, umso eher können Wirtschaftsdünger als Substratpotenziale genutzt werden (idealerweise Direktleitung vom Stall zur BGA). Unter Kostengesichtspunkten ist es wichtig, ob der Wirtschaftsdünger komplett kostenfrei am Anlagenort anfällt oder ob er (teilweise) mit Transportaufwendungen verbunden ist.

---

<sup>6</sup> <http://de.bioret-agri.com/de/delta-x-pack>

<sup>7</sup> <https://hanskamp.nl/de/cowtoilet>

## 2 Ergebnisse

Eine wichtige Möglichkeit zur Erhöhung der Energiedichte im Fermenter und zur Erreichung günstigerer economies of scale ist die kombinierte Nutzung von Gülle mit TS-reicheren festen Substraten. Als Kofermente kommen viele, ggf. betriebseigene, Stoffströme in Frage. Vor allem großzügig abgeräumte Futterreste, Rand- und Deckschichten der Futtersilagen sowie andere minderwertige Silagen, Stroh, Zwischenfrüchte, Rübenblätter, Aufwüchse von Blühstreifen oder mit Energiepflanzen-Dauerkulturen bestellte Flächen (meist ungünstig geschnittene, kleine oder verkehrstechnisch ungünstig liegende Flächen) ermöglichen Synergieeffekte. Dies beinhaltet auf der Seite der Biogaserzeugung die Verbesserung der economies of scale und die bessere Reaktorauslastung durch höhere TS-Gehalte, auf der Seite der Tierhaltung verbesserte (Grundfutter)leistungen, evtl. verbesserte Gesundheit, weil nur hochwertige Grundfutterpartien verfüttert werden, auf Seiten des Ackerbaus Verbesserung der Nährstoffbilanzen (z.B. Rübenblattnutzung, Zwischenfrüchte, Blühstreifen) und des Managements (Vermeidung von Strohmatte, N-Fixierung durch Strohverbleib) und auf Seiten des Umweltschutzes geringere N-Emissionen und verbesserte Biodiversität.

### **Rasse/ Leistungsniveau**

Rasse und Leistungsniveau haben Einfluss sowohl auf den spezifischen Anfall an Gülle/Mist, als auch auf die spezifische Gasausbeute<sup>8</sup>. Ein höheres Leistungsniveau wirkt in Verbindung mit anderen Faktoren mehrfach. Bei höherer Herdenleistung ist die Anfallmenge pro Großvieheinheit (GV) höher, außerdem ist die Gülle energiereicher, damit steigt die spezifische Gasausbeute. Dies liegt daran, dass höher leistende Tiere energiereicheres Futter vorgelegt bekommen und außerdem die Passagegeschwindigkeit im Magen-Darm-Trakt höher ist. Nicht zuletzt ist eine höhere Herdenleistung mit entsprechendem Futtermanagement verbunden. Futterreste sowie Rand- und Deckschichten der Silage werden großzügiger abgeräumt, stehen also einer Biogasnutzung konkurrenzfrei zur Verfügung.

### **Management des Futters und der Futterreste (incl. Silabraum, Rand- und Deckschichten)**

Die entsprechenden Stoffströme können ggf. teilweise als (minderwertiges) Futter für das > 1 jährige Jungvieh verwertet, kompostiert oder aber zur Biogaserzeugung genutzt werden. Die Biogasnutzung ist dabei zu bevorzugen, trotz des geringeren Energiebedarfes sollte auch Jungvieh mit hochwertigem Futter (ggf. mit hygienisch und pflanzenschutzmittelseitig einwandfreiem Stroh verlängert) zwecks hoher Futteraufnahme und guter Pansenentwicklung versorgt werden. Wenn Futterreste abgeräumt und mit der Gülle in die Biogasanlage eingebracht werden, wirken sie ebenso wie Einstreu als zusätzliches, TS-reiches Substrat. Je großzügiger dies gehandhabt wird, z.B. um hohe Herdenleistungen zu erreichen, desto höher sind Zusatzmenge und spezifische Gasausbeute dieser Futterreste. Dies gilt natürlich ebenso für Silabraum und Silagen schlechter Qualität.

### **Management von Melkstands- und Melkanlagenspülwasser**

Die Mitbehandlung in der Biogasanlage ist sicherlich unter dem Gesichtspunkt der Verwertung und der Emissionsvermeidung als Vorteil anzusehen, der Aufwand der Vergärung (Fermentervolumen, Wärmebedarf etc.) ist im Vergleich zu dem geringen zusätzlichen Gasertrag jedoch hoch. Die Vergrößerung der Güllemenge durch den Verdünnungseffekt ist dann als Vorteil anzusehen, wenn

---

<sup>8</sup> <https://www.ktbl.de/webanwendungen/wirtschaftsduenger-rechner/>

## 2 Ergebnisse

erhebliche Mengen an wasserarmen Cosubstraten, z.B. Stroh, Silageabraum, Futterreste etc. zur Verfügung stehen.

Ein regelmäßiger Eintrag von Wasser, z.B. von der Reinigung des Melkstandes und Melksystems oder von tropfenden Tränken hat keinen Einfluss auf die Gaserzeugung, solange keine hemmenden Reinigungs- und Desinfektionsmittel eingesetzt werden. Er hat jedoch Auswirkungen auf das notwendige Bauvolumen und damit auf die Baukosten sowie auf die Wärmebilanz der Anlage. Unregelmäßiger Eintrag von Wasser in den Fermenter, z.B. Regenwasser mit Mist von Laufhöfen, kann jedoch die Anlagenbiologie und so die Gaserzeugung beeinträchtigen, v.a., weil mit dem kurzfristigen Eintrag großer meist eine Abkühlung des Fermenterinhalt sowie zusätzlich eine Verkürzung der Verweilzeit einhergeht. Ob solche verdünnte Gülle weiterhin der Gülle aus dem Stall zugeschlagen, ins Gärrestlager geleitet oder separat gelagert werden sollte, hängt von betrieblichen Voraussetzungen ab.

Bezüglich o.g. Reinigungs- und Desinfektionsmittel sollte auf Verträglichkeit geachtet werden. Insbesondere Klauenbäder sollten so aufgestellt werden, dass sie nicht (kupferbasierte Mittel) oder zumindest nicht in größerem Umfang auf einmal (auskippen der Wanne) in die Gülle gelangen. Idealerweise sollte eine Möglichkeit bestehen, das entsprechende Abwasser aus dem Melkstands- bzw. Melkanlagenbereich direkt in den Lagerbehälter abzuleiten. Stark Schwefelhaltige Mittel mindern die Gasqualität durch erhöhte Mengen an H<sub>2</sub>S im Biogas und erhöhen damit den Gasreinigungsaufwand. Es sollte ferner auf den pH-Wert der Desinfektionsmittel geachtet werden. Besonders kurzzeitige, starke pH-Wert-Absenkung (ansäuern) könnte hohe Mengen an Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) austreiben, was in offenen Lagerbereichen schnell ernste Gesundheitsgefahren mit sich bringen kann.

Für voll geschlossene Lager können besonders Ameisensäure basierte Mittel auch einen förderlichen Beitrag zur Biogasproduktion leisten und damit einen Teil der oben erwähnten Verdünnungseffekte wieder aufheben, oder gar zu einem Netto-Mehrertrag führen. Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit Reinigern und Desinfektionsmitteln. Besonders auffällig sind Aldehyd-, Chloroform- und Schwefelkohlenstoff-basierte Mittel, welche sich extrem nachteilig auf die Gasproduktion auswirken können. Entwicklungen hin zu eher förderlichen oder zumindest neutralen Reinigern und Desinfektionsmitteln finden derzeit statt.

### **Einstreumanagement**

Sand, anderes anorganisches Material (Metallteile) sowie Holzspäne wirken als Störstoffe in einer Biogasanlage. Vergärbare Einstreu (z.B. Stroh) wirkt als zusätzliches Substrat. Hierbei sollte jedoch auf eine Eignung der vorhandenen Anlagentechnik (Rohrperipherie, Förderaggregate) geachtet werden, da bspw. bei langfaserigem Strohanteil eine Aufbereitung (Zerkleinerung) des Substrates für eine störungsfreie Förderung durch Pumpen erforderlich sein kann.

Neben den theoretischen Erwägungen der Einflussfaktoren der Tierhaltung und des Güllemanagements auf die Emissionen waren auch eine Befragung von Biogasanlagenbetreibern zur Herkunft (Entmistungstechnik und Güllelagerung) eingesetzter Milchviehgülle mit im Fokus des Arbeitspakets 3.

## 2 Ergebnisse

### 2.1.1.2 Ergänzende Ergebnisse Betreiberbefragung - Entmistungstechnik und Güllelagerung im Milchviehbereich mit Biogasanlagen

Im Rahmen der jährlichen DBFZ Betreiberbefragung von Biogasanlagenbetreibern (vgl. Anhang A 1, Tabelle 18, Tabelle 19) und der durchgeführten Tierhalterbefragung 2019 (vgl. Anhang A 2, Abbildung 51, Tabelle 21) wurden mit unterschiedlicher Fragestellung Informationen hinsichtlich Entmistung, Güllelagerung und Biogasanlagenbetrieb erhoben. Nachfolgend werden ausgewählte emissionsrelevante Parameter milchviehhaltender Betriebe mit und ohne Biogasanlage dargestellt. Die jeweils zugrundeliegende Befragung wird dabei stets ausgewiesen.

#### Entmistung und Feststoffzufuhr

Die an einem landwirtschaftlichen Betrieb angewandte Entmistungstechnik kann eine Kenngröße in Hinblick auf die Nutzbarmachung verfügbarer Substrate darstellen. Im Ergebnis der Betreiberbefragung zeigt sich, dass an Tierhaltungsbetrieben mit Biogasproduktion vorrangig Spaltenböden genutzt werden. Rund 72 % der Befragten geben an, dass an ihrem Betrieb Spaltenböden zum Einsatz kommen (ausschließlich oder in Kombination mit anderen Entmistungstechniken). Daneben spielen vor allem Schieber und Einstreu mit saisonaler Entmistung eine Rolle (vgl. Abbildung 1).

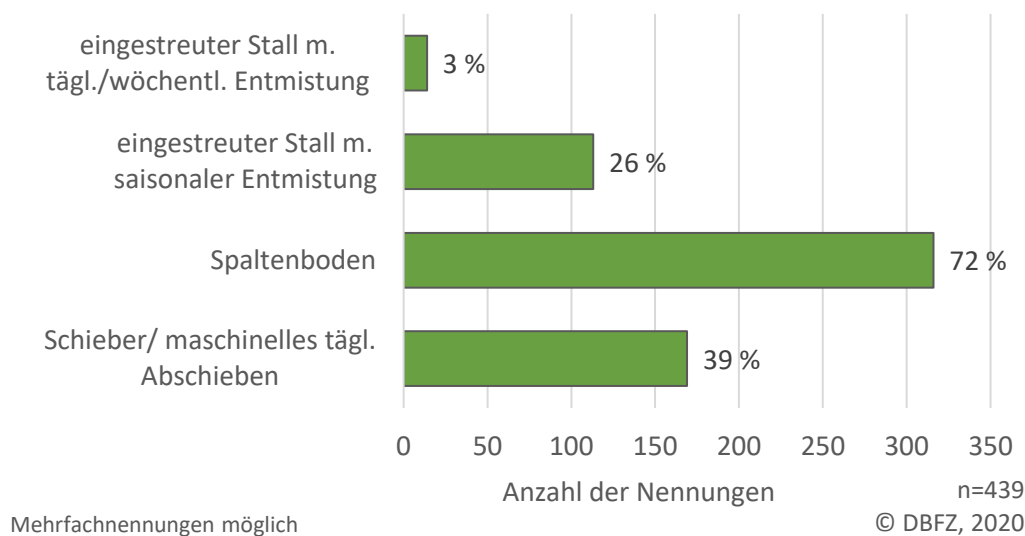


Abbildung 1: Verteilung eingesetzter Entmistungstechniken an Standorten mit Biogasanlagen; Mehrfachnennung möglich; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

Eine Differenzierung der verwendeten Entmistungstechniken an Biogasanlagenstandorten nach Substratinput der Biogasanlage zeigt, dass der Einsatz von Schiebern bzw. das tägliche maschinelle Abschieben besonders an Standorten mit hohem anteiligen Input an Gülle/ Festmist in der Biogasanlage zu verzeichnen sind (vgl. Abbildung 2). Rund 54 % der Befragten mit einer Biogasanlage mit hohem Gülleinput (massebezogen  $\geq 80$  % Gülle/Mist) geben an, dass an ihrem Betrieb Schieber zum Einsatz kommen (ausschließlich oder in Kombination mit anderen Entmistungstechniken). Gerade bei solchen Biogasanlagen, bei denen die Gülle das wesentliche Substrat darstellt, ist das höhere Gasertragspotential frischer Gülle von hoher Bedeutung. Spaltenböden bleiben unabhängig vom Substratinput die am häufigsten zum Einsatz kommende Entmistungstechnik.

## 2 Ergebnisse

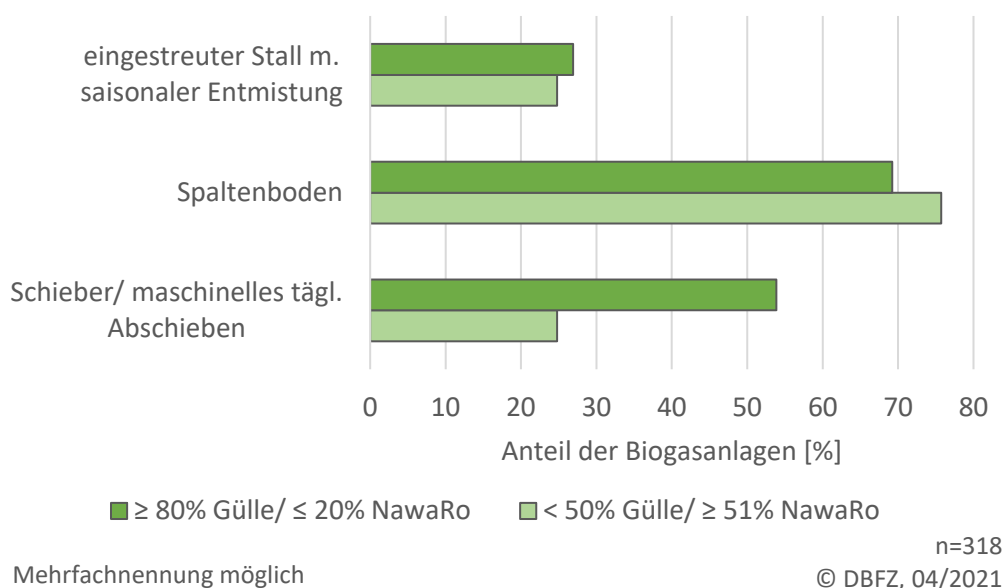


Abbildung 2: Verteilung eingesetzter Entmistungstechniken differenziert nach Substratinput der Biogasanlage; Mehrfachnennungen möglich; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

Auswertungen der im Jahr 2019 durchgeführten Befragung von tierhaltenden Betrieben **ohne** Biogaserzeugung (vgl. Anhang A 2, Abbildung 50) haben vergleichbare Ergebnisse gezeigt. Rund 74 % der Viehhalter gaben im Rahmen dieser Tierhalterbefragung an, als vorherrschende Entmistungstechnik über Spaltenböden zu verfügen.

Die Angaben zum Einstreu zeigen, dass mehrheitlich Stroh als Einstreu verwendet wird. Etwa 87 % der Teilnehmer gaben an, Stroh als Einstreu einzusetzen. Daneben spielen vor allem Kalk sowie Sägemehl/-späne eine Rolle. Diese kommen jeweils bei rund 16 % der Betriebe zum Einsatz und werden oftmals zusätzlich zu Stroh eingesetzt (vgl. Tabelle 1). Unter „sonstiges“ sind hierbei weiterführende Nennungen wie Komposterde und Kaffeepulver zusammengefasst.

Tabelle 1: Einstreu, Material und Häufigkeit der Verwendung; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019

Einstreu	Nennungen [Anzahl]	Anteil der Befragungsteilnehmer (n=79) [%]
Stroh	69	87,3
Kalk	13	16,5
Mist	5	6,3
Sägemehl/ Sägespäne	12	15,2
sonstiges	2	2,5

Die Zufuhr der Feststoffe erfolgt mehrheitlich direkt über Feststoffeinbringungen. Rund 89 % der Betreiber geben an, dass die Feststoffe auf diese Weise in die Biogasanlage eingebracht werden. Etwa 17 % der Betreiber geben zudem an, die Feststoffe über eine Vorgrube, nach Anmischung mit Gärrest in die Anlage einzubringen. Gülleabwurfeschächte des Stalls werden kaum eingesetzt (vgl. Abbildung 3).

## 2 Ergebnisse

Im Ergebnis der Auswertungen zeigen sich keine deutlichen Zusammenhänge zwischen Entmistungstechnik und Art der Einbringung der Feststoffe.

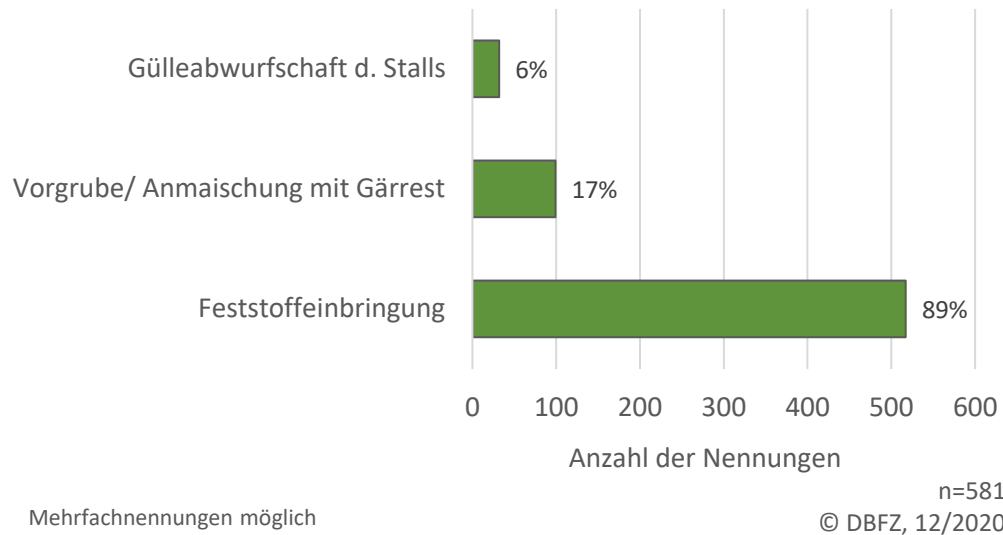


Abbildung 3: Feststoffeinbringung in Biogasanlage; Mehrfachnennung möglich; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

### Güllelagerung und Einbringung in die BGA

Die für die Biogasproduktion an einem Standort befindliche Anzahl an Behältern (Fermenter, Nachgärer, Gärrestlager) unterscheidet sich je nach Anlagentyp und Größe der Biogasanlage. In der Regel stehen für die Biogasproduktion am Anlagenstandort Fermenter und Gärrestläger zur Verfügung. Daneben werden vor allem im mittleren und größeren Leistungsbereich Nachgärer als zusätzliche Gärbehälter eingesetzt. In allen Leistungsbereichen sind dabei vordergründig eigene ehemalige Güllebehälter in den Biogasanlagenbetrieb integriert. Oftmals werden diese als Gärrestlager genutzt. Abbildung 4 zeigt die Nutzung ehemaliger Güllebehälter – betriebseigene oder fremde – differenziert nach Leistungsgröße. Deutlich wird, dass im kleinen Leistungsbereich vorrangig eigene Güllebehälter genutzt werden, während mit zunehmender Leistungsgröße auch fremde ehemalige Güllebehälter in den Anlagenbetrieb integriert werden.

## 2 Ergebnisse

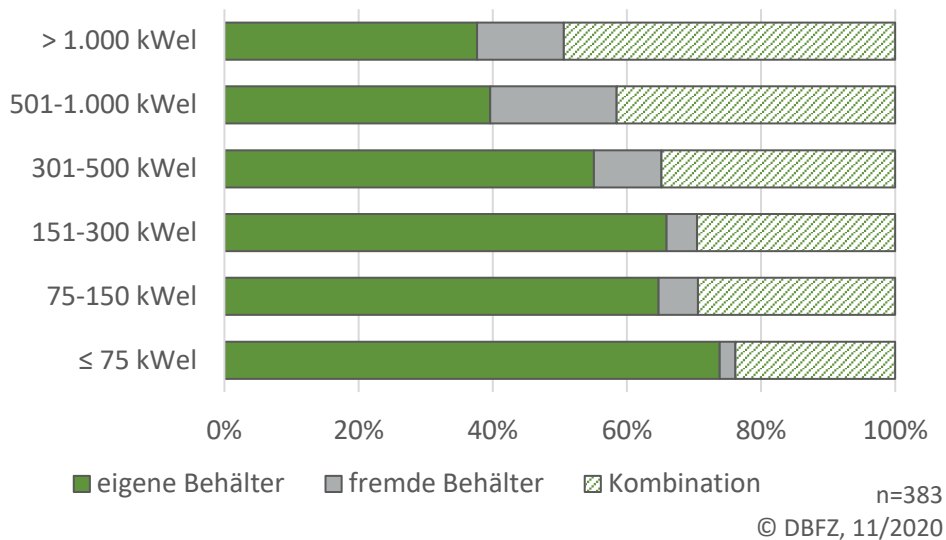


Abbildung 4: Nutzung ehemaliger Güllebehälter für die Biogasproduktion; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

In Hinblick auf Emissionsreduktionen in der Landwirtschaft leistet die Biogasgewinnung verglichen mit einer konventionellen offenen Güllelagerung einen wesentlichen Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen. Hierbei sind jedoch unterschiedliche Aspekte im Bereich des Güllemanagements, der Betriebsführung und anschließenden Gärrestlagerung wesentliche Kenngrößen für die realisierte Emissionsminderung am Standort. Ein Aspekt ist dabei die Zeitdauer zwischen Anfall der Gülle und Einbringung der Gülle in die Biogasanlage. Die Befragungsergebnisse zeigen hierbei ein differenziertes Bild. Nahezu gleichverteilt liegen die durch die Biogasanlagenbetreiber angegebenen Zeitspannen zwischen  $\leq 24$  h und  $> 7$  d (vgl. Abbildung 5). Rund 5 % der Betreiber geben an, dass die Lagerung zwischen Anfall und Einbringung von Gülle/ Festmist je nach Substratart sehr unterschiedlich ist.

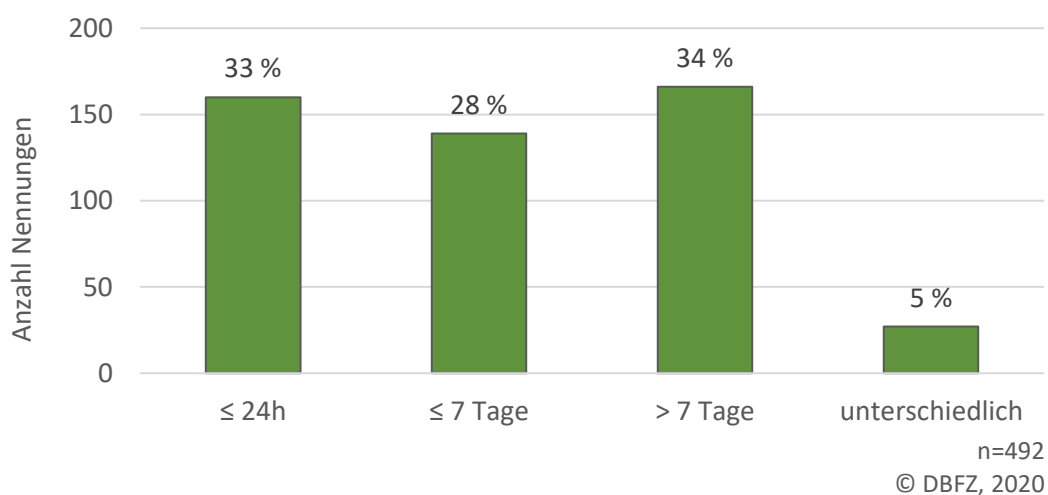


Abbildung 5: Verteilung der Zeitspanne zwischen Gülleanfall und Einbringung in die Biogasanlage, DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019



## 2 Ergebnisse

Eine Differenzierung nach Substratart zeigt, dass der alleinige Einsatz von Rindergülle sowie Rindergülle und -festmist deutlich schneller nach Anfall der Gülle erfolgt als bei anderen tierischen Exkrementen. Eine Kombination von Rindergülle und -festmist mit anderen tierischen Exkrementen bewirkt vermehrt längere Lagerungszeiten der Inputstoffe zwischen Anfall und Einbringung in die Biogasanlage. Abbildung 6 zeigt die Verteilung der Zeitspannen differenziert nach Substratarten. Hierbei ist aufgrund der sehr vielfältigen Kombinationen eine weitergehende Aufschlüsselung der Ergebnisse nicht möglich.

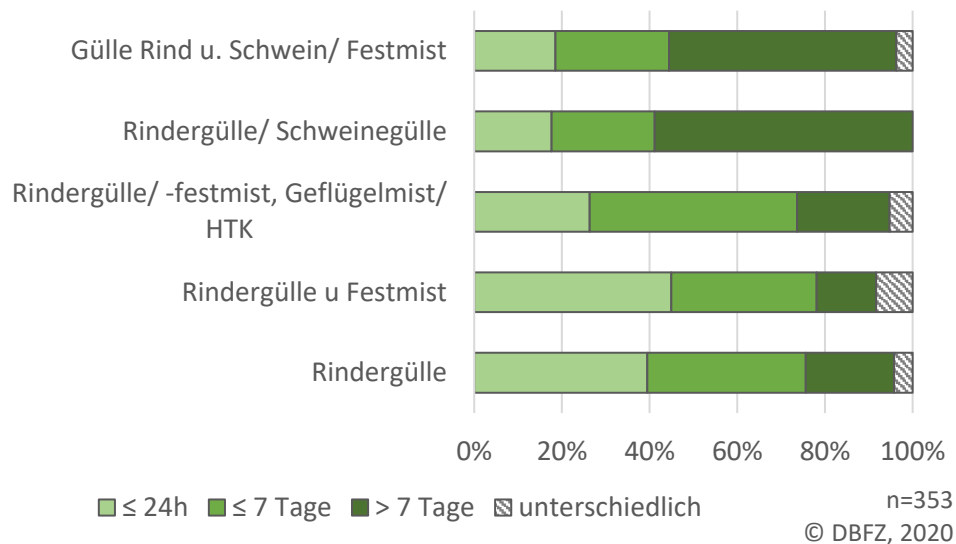


Abbildung 6: Zeitspanne zwischen Gülleanfall und Einbringung in die Biogasanlage differenziert nach Inputstoffen; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

Ein wesentlicher Faktor bei der Bewertung der Zeitspannen zwischen Gülleanfall und Einbringung in die Biogasanlage ist der Zukauf und Transport der Substrate. Werden allein Rindergülle und -festmist als tierische Exkremente eingesetzt, fallen diese mehrheitlich am Standort der Biogasanlage an. Vielfältige Substratkombinationen mit unterschiedlichen Inputstoffen tierischer Exkremente beruhen oftmals auch auf Transport und Zukauf der entsprechenden Substrate. Dies hat sehr wahrscheinlich maßgeblichen Einfluss auf die Dauer zwischen Substratanfall und Einbringung in die Biogasanlage. Eine Aufschlüsselung der Lagerungszeiten von Gülle und Festmist nach Substratherkunft (Substrate aus eigenem Betrieb, Zukauf, Kombination von Zukauf und Aufkommen am eigenen Betrieb) ist in Abbildung 7 gezeigt. Es wird deutlich, dass die Zeitspanne zwischen Substrataufkommen und Input in die Biogasanlage stark von der Substratherkunft beeinflusst wird. An Standorten, die ausschließlich Gülle/Festmist des eigenen Betriebes einbringen, ist die Lagerungszeit der tierischen Exkremente vor Einbringung in die Biogasanlage deutlich geringer als an Standorten mit Zukauf/ Anlieferung von Gülle/ Mist. An Standorten mit Substratinput aus dem eigenen Betrieb geben rund 43 % der Anlagenbetreiber an, die anfallende Gülle/ Festmist innerhalb von 24 h zur Biogasproduktion einzusetzen. Demgegenüber erfolgt die Einbringung tierischer Exkremente, die aus externen Betrieben zugeliefert werden mehrheitlich innerhalb einer Woche nach Anfall am landwirtschaftlichen Betrieb. Lediglich 11 % der Anlagenbetreiber geben an, dass extern zugelieferte Gülle innerhalb von 24 h in die Biogasanlage eingebracht wird.

## 2 Ergebnisse

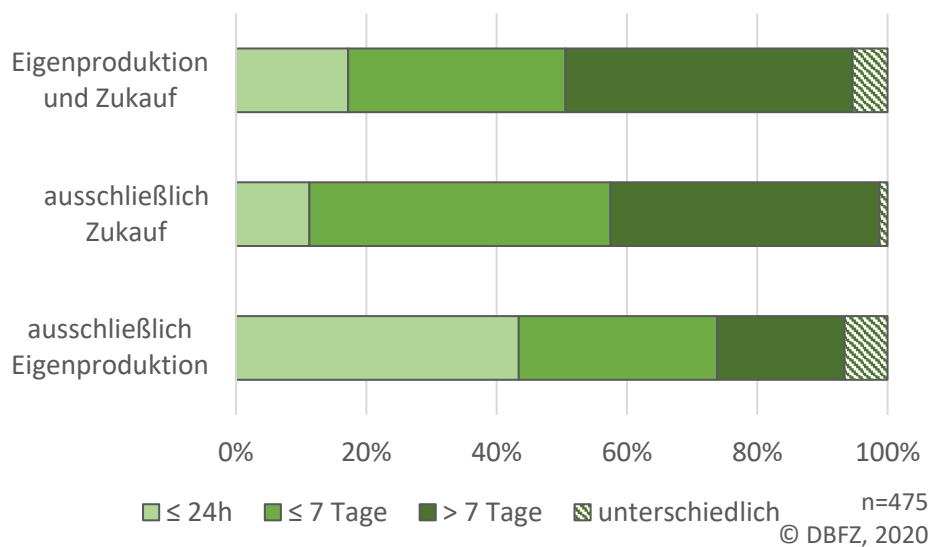


Abbildung 7: Zeitspanne zwischen Gülleanfall und Einbringung in die Biogasanlage differenziert nach Herkunft der Inputstoffe; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

### Baukosten Biogasanlage

Erstmalig wurden im Rahmen der Betreiberbefragung die Baukosten der Biogasanlage erhoben. Die Auswertung der Befragung zeigt, dass hier deutliche Einschränkungen in der Aussagekraft und Anzahl der für die Auswertung zur Verfügung stehenden Rückläufe zu erkennen sind. Vielfach erfolgte eine Angabe der Baukosten der Biogasanlage ohne Benennung der Bezugsgröße (Mehrkosten der Biogasanlage oder gemeinsame Errichtung Stall / Biogasanlage). Dies führt zu einer deutlich eingeschränkten Vergleichbarkeit der Ergebnisse und Aussagekraft. Dennoch sollen an dieser Stelle die verfügbaren Ergebnisse dargestellt und eingeordnet werden. Tabelle 2 stellt die Verteilung der zur Verfügung stehenden Rückmeldungen hinsichtlich der Bezugsgrößen dar.

Tabelle 2: Rückmeldungen mit Angaben zu Baukosten der Biogasanlage differenziert nach Bezugsgröße der Angaben; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

Bezugsgröße	Anzahl Rückmeldungen zu Baukosten der BGA
Mehrkosten der Biogasanlage	195
Gemeinsame Einrichtung Stall/ Biogasanlage	25
ohne Bezugsgröße	311

**Mehrkosten der Biogasanlage.** Eine Aufschlüsselung der verfügbaren Rückmeldungen zu Baukosten der Biogasanlagen, angegeben als Mehrkosten der Anlage, zeigt Abbildung 8. Deutlich wird, dass im Bereich der Kleinanlagen ( $\leq 150 \text{ kW}_{\text{el}}$  installierte Anlagenleistung) wesentlich häufiger Baukosten über 8.000 €/kW<sub>el</sub> erreicht werden. Demgegenüber können mit zunehmender Anlagengröße mehrheitlich Baukosten unter 4.000 €/kW<sub>el</sub> realisiert werden (economies of scale).

## 2 Ergebnisse

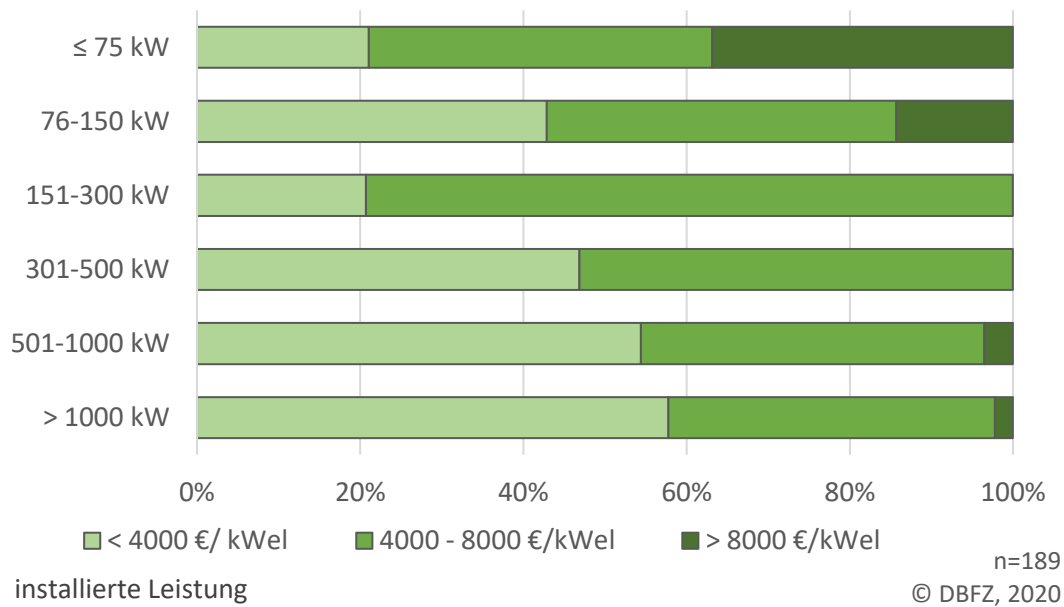


Abbildung 8: Baukosten der Biogasanlagen (Mehrkosten der BGA) differenziert nach installierter Anlagenleistung; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

Eine Betrachtung der Baukosten der Biogasanlage (Mehrkosten der BGA) bezogen auf die Bemessungsleistung ist in Abbildung 9 dargestellt. Ähnlich zu der in Abbildung 8 dargestellten Verteilung nach installierter Leistung zeigt sich, dass Baukosten > 8.000 €/kW<sub>el</sub> im niedrigen Leistungsbereich erreicht werden. Anlagen mit einer Bemessungsleistung > 300 kW<sub>el</sub> weisen mehrheitlich Baukosten unter 4.000 € je kW<sub>el</sub> auf. Die weite Spreizung der Baukosten in jeder Anlagengröße lässt eine tiefergehende Analyse angeraten erscheinen, um Gründe für höhere oder niedrigere spezifische Baukosten herauszuarbeiten. Für die Erschließung von Gülle ist dies von hoher Bedeutung, weil gerade bei Güllevergärungsanlagen im kleineren Leistungsbereich (also ohne wesentliche Transportkosten für die Gülle) die Baukosten für den weit überwiegenden Teil der Gesamtkosten verantwortlich sind. Bei steigendem Zinsniveau wird sich dieser Effekt noch verschärfen.

## 2 Ergebnisse

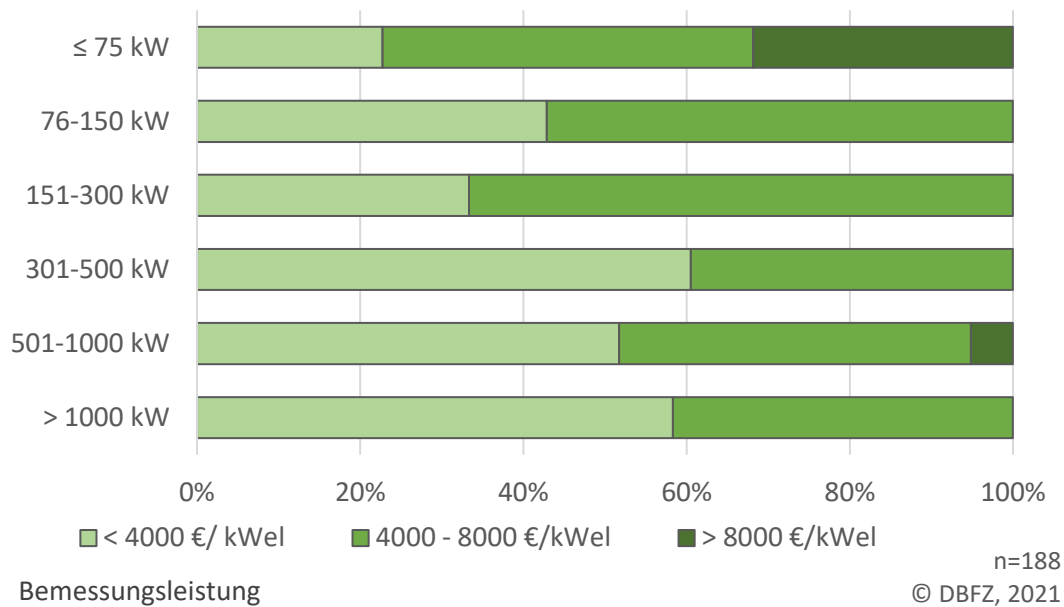


Abbildung 9: Baukosten der Biogasanlagen (Mehrkosten der BGA) differenziert nach Bemessungsleistung; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

Die Baukosten der Biogasanlage differenziert nach Substratmix der Biogasanlage zeigen, dass vor allem Biogasanlagen mit hohem Gülleanteil höhere Kosten aufweisen (vgl. Abbildung 10). Dies ist vor allem damit zu begründen, dass güllebasierte Biogasanlagen zum Einen vorrangig im kleinen Leistungsbereich betrieben werden und damit ungünstigere economies of scale aufweisen, aufgrund der geringen Energiedichte der Gülle bezogen auf die installierte Leistung außerdem vergleichsweise größere Anlagen benötigen als Anlagen mit höherem NawaRo-Anteil.

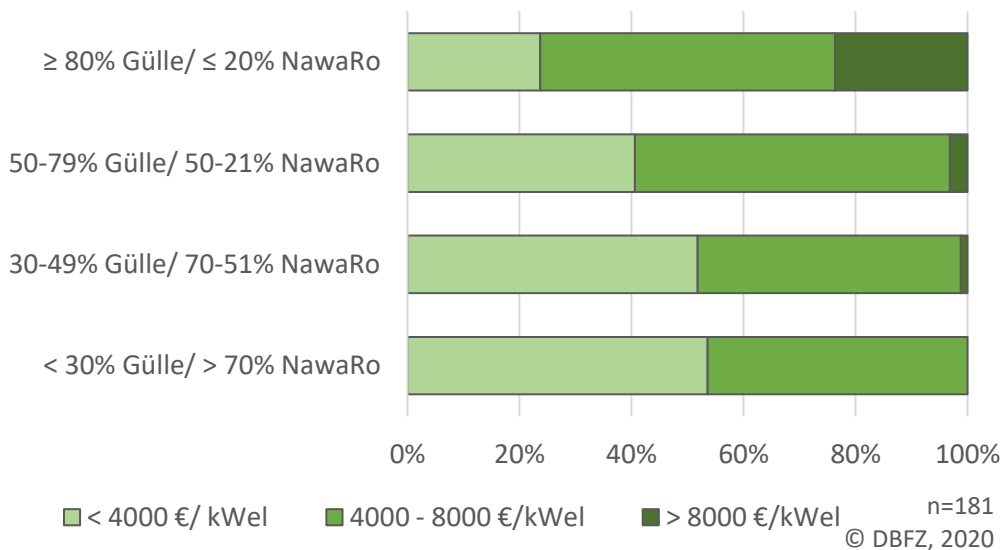


Abbildung 10: Baukosten der Biogasanlage (Mehrkosten der BGA) differenziert nach Substratinput; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

**Baukosten ohne Bezugsgröße.** Vorliegende Ergebnisse ohne Bezugsgröße der angegebenen Baukosten zeigen eine sehr ähnliche Verteilung wie die oben dargestellten Mehrkosten der Biogasanlage. Insgesamt

## 2 Ergebnisse

dominieren dabei Biogasanlagen mit Kosten unter 4.000 €/kW<sub>el</sub> (rund 59 % der Befragten). Baukosten, die 8.000 €/kW<sub>el</sub> überschreiten, werden nur in wenigen Fällen erreicht. Im Ergebnis der Befragung gaben rund 4 % der Betreiber an, dass ihre Biogasanlage derartige Baukosten erzielte. Es ist jedoch unklar, ob es sich hierbei um Mehrkosten der Biogasanlage oder um gemeinsame Kosten für die Errichtung von Stall und Biogasanlage handelt.

Für die Auswertung von Gesamtkosten für Stall und Biogasanlage liegen lediglich 25 Rückmeldungen vor. Dies ermöglicht keine differenzierte Analyse der Ergebnisse. Es lässt sich lediglich festhalten, dass die Baukosten deutlich höher liegen als in den vorab dargestellten Ergebnissen.

In Hinblick auf die Baukosten der Biogasanlagen zeigt sich, dass die Vergärung energiearmer Gülle in Kombination mit energiereicheren landwirtschaftlichen Reststoffen erfolgen sollte, sofern dies in Verbindung mit Einbring-, Rührtechnik und notwendigen Verweilzeiten etc. umzusetzen ist. Auf diese Weise kann eine Senkung der spezifischen Baukosten je kW<sub>el</sub> und eine verbesserte Nutzung verfügbarer Fermentervolumina durch Substratmischungen mit höheren Energiedichten sowie außerdem eher die Möglichkeit eines Wärmeverkaufes erreicht werden. Zu beachten ist, dass zahlreiche Anlagenbetreiber in den vergangenen Befragungen angaben, aufgrund der im EEG festgelegten 75 kW- Grenze zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme keine zusätzlichen Substrate zur Vergärung einsetzen zu können. Mit dem EEG 2021 werden zukünftig in dem Bereich der Güllevergärung auch Anlagen mit einer installierten Leistung bis 150 kW<sub>el</sub>, unter Berücksichtigung der ab 100 kW installierter Leistung geltenden Überbauungsanforderungen also bis zu einer installierten und nutzbaren Leistung von 99 kW gefördert. Die Kombination der Regelungen bzgl. installierter Leistung und Überbauungsverpflichtung erscheint an dieser Stelle unausgegoren.

### 2.1.1.3 Entwicklung einer Emissionsmessmethodik und Praxistest (Güllelagerung)

Die Güllelagerversuche dienen dazu, den Einfluss unterschiedlicher Lagerdauer der Gülle im Stall entsprechend der unterschiedlichen Entmistungsverfahren, zu quantifizieren. Die Quantifizierung bezieht sich erstens auf die Abhängigkeit des Biogaspotentials vom Entmistungsverfahren, zweitens auf die mögliche Emissionsvermeidung durch die Biogastechnologie. Unterschiedliche Entmistungsverfahren bedeuten unterschiedliche Lagerdauer der Gülle im Stall, bevor diese in eine Biogasanlage überführt werden kann. Konkret wird bei Schieberentmistung die Gülle mehrmals täglich in einen Abwurfschacht befördert. Von dort kann sie frisch in die Biogasanlage eingebracht werden. Bei Treibmistanlagen fällt die Gülle durch Spaltenböden in den darunterliegenden Kanal und fließt langsam zum Entnahmepunkt. Die Aufstauhöhe muss ausreichend sein, damit die Gülle fließt, üblicherweise >50 cm. Das bedeutet eine notwendige Zwischenlagerung von üblicherweise mehreren Wochen. Bei Ställen mit Güllekeller findet die komplette Lagerung der Gülle in Güllekanälen unter dem Stall statt, ggf. bestehen zusätzlich Lagerbehälter, in die Gülle gepumpt werden kann, wenn die Lagerkapazität unter dem Stall erschöpft ist. Zur Nutzung der Gülle in einer Biogasanlage muss die Stauhöhe üblicherweise deutlich über 50 cm liegen und die Gülle muss vor jedem Abpumpen frisch aufgerührt werden, damit sich keine Mistbänke bilden können. Die notwendige Stauhöhe bedeutet eine längere Lagerung der Gülle vor einer möglichen Einbringung in die Biogasanlage, das Aufrühren führt zu Emissionen indirekt klimawirksamen Ammoniaks, außerdem zu weiteren Schadgasemissionen in den Stall.

Im Rahmen des ChinaRes-Projekts erfolgte die Methodenentwicklung und der Test eines Versuchsaufbaus im halbtechnischen Maßstab zur Erfassung von Emissionen am Beispiel von

## 2 Ergebnisse



Rindergülle über Lagerdauern von mehreren Monaten. Im Folgenden wird zuerst die Methodik erläutert und danach die Ergebnisse der Tests des Versuchsstands vorgestellt.

### 2.1.1.3.1 Entwicklung einer Emissionsmessmethode für Güllelagerung

Während der Lagerung von Gülle in Ställen, offenen Lagern oder Lagunen wird Biogas, inklusive Methan, freigesetzt. Es ist davon auszugehen, dass die Höhe des Emissionspotenzials und die des Biochemische Methanpotenzial von der Zusammensetzung der Gülle (z. B. Futterresteanteil) abhängig sind. Abhängig vom Temperaturprofil während der Güllelagerung und der Lagerdauer läuft ein Abbauprozess der zu Emissionen führt, die das energetische Potenzial der Gülle reduzieren. Aufgrund der unterschiedlichen Lagerbedingungen an verschiedenen Standorten und über das Jahr kann bisher keine Korrelation zwischen den Emissionen und dem Methanpotenzial von Gülle festgestellt werden.


Deshalb wurde ein Versuchsstand gemeinsam von DBFZ und ATB entwickelt bei dem im halbertechnischen Maßstab (Fässer) Gülle bei Umgebungstemperatur gelagert und regelmäßig beprobt wurde. Die Methodik der Emissionsmessungen und ausgewählte Ergebnisse wurden bereits in englischer Sprache veröffentlicht<sup>9</sup>. Ziel des Güllelagerungstests in Fässern bei Umgebungstemperatur ist es einen möglichst realistischen Einblick in das Emissionsgeschehen im Jahresverlauf zu erhalten. Des Weiteren erfolgten flankierende Messungen des Biochemischen Methanpotenzials bei 39 °C sowie des Emissionspotenzials bei 20 °C, also bei definierten Temperaturen, um eine Vergleichbarkeit verschiedener Proben derselben Gülle und mit anderen Güllen zu ermöglichen. Einen Überblick zu den Tests gibt Tabelle 3.

Tabelle 3: Versuchsstände und Bedingungen der drei im Versuch durchgeführten Tests zur Bestimmung der Methanemission bzw. des -potentials (Schumacher & Schröter, DBFZ)

Test	Versuchsstand	Temperatur/ Inokulum	Dauer
Prüfung der Methanemissionen in Fässern (Fassversuch)		Umgebungstemperatur, ohne Inokulum	40 Wochen
Prüfung des Methanemissionspotentials (MEP) in Eudiometern		20 °C, ohne Inokulum	60 Tage

<sup>9</sup> Schumacher, B.; Stinner, W.; Strach, K.; Amon, T.: Determination of methane emission potential of liquid manure during storage at ambient temperature. In: J. Liebetrau, D. Pfeiffer (Eds.), Collections of Methods for Biogas – Methods to determine parameters for analysis purposes and parameters that describe processes in the biogas sector. Series „Biomass energy use“ Vol. 07, 2. ed., 2020, 130-138, DBFZ, Leipzig, Germany [https://www.energetische-biomassennutzung.de/fileadmin/media/6\\_Publikationen/MMC\\_Biogas-2020.pdf](https://www.energetische-biomassennutzung.de/fileadmin/media/6_Publikationen/MMC_Biogas-2020.pdf) (Stand: 06.10.2021)

## 2 Ergebnisse

Biomethan-potential-Test (BMP) mittels AMPTS		39 °C, mit Inokulum	Test-Abschluss-kriterium: < 0,5 % Gas-neubildung/ 3 d, hier nach ca. 38 d
--	---	---------------------	--

Die folgenden Geräte wurden genutzt:

- 8 x 120 L gasdichte Fässer (50 % mit Gülle gefüllt, um Schaum in den Gasschläuchen zu vermeiden)
- Dämmmaterial
- 5 Temperatursensoren (PT 100 Almemo) inklusive Datenlogger Almemo 2590-9 V5 (Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH, Holzkirchen, Germany)
- 4 Trommelgaszähler TG05/ Model Nr. 5 (Dr.-Ing. RITTER Apparatebau GmbH & Co. KG, Bochum, Germany)
- Biogas-Analysator (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S; Biogas-Analysator BM2000, Ansyco GmbH, Karlsruhe, Germany)
- Lagerraum mit Umgebungstemperatur (Garage)
- Waage bis 150 kg
- Eudiometer für die Methanemissionspotentialtests (MEP) bei 20 °C
- AMPTS®-Gerät (Bioprocesscontrol, Lund, Schweden) für die Biochemischen Methanpotentialtests (BMP) bei 39 °C
- Tiefkühler (-20 °C) zur Lagerung der Gülleproben bis zum gemeinsamen BMP-Test
- Weiteres Gerät zur Bestimmung wie Trockensubstanzgehalt, organischem Trockensubstanzgehalt, Ammoniumstickstoff, flüchtige organische Bestandteile, Puffervermögen, pH

### 2.1.1.3.1.1 Probennahme Rindergülle

Die Rindergülle wurde durch einen Mitarbeiter des ATB aus der Güllesammelgrube des neuen Rinderstalls der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierzucht und Tierhaltung e.V. in Groß Kreuz entnommen. Es handelte sich um Milchrindergülle, die in der Sammelgrube nicht der Witterung ausgesetzt ist sowie 3 Mal am Tag durchmischt und einmal am Tag abgepumpt wird. Die Entnahme erfolgte mit einer 5 -L-Schöpfkelle und der Transport in geschlossenen 60-L-Plastikfässern (keine Kühlung, keine Konservierung) zum DBFZ. Die Transportfässer verfügten über Gasauslässe in den Deckeln, um Überdrücke durch eventuell auftretende Gasbildung zu vermeiden. Am selben Tag wurde die Gülle von den Transportfässern in die Lagerfässer am DBFZ überführt und die Lagerversuche begonnen. Es erfolgte eine Probenahme von frischer Gülle in Groß Kreuz am 15.05.2018 (Sommergülle) und eine am 2.10.2018 (Wintergülle). Beide Proben wurden am DBFZ Lagerversuchen unterzogen, die am 19.02.2019 endeten. Die zwei Probenahmezeitpunkte in Groß Kreuz wurden gewählt, um die Effekte

## 2 Ergebnisse

unterschiedlicher Umgebungstemperaturen auf frische und gelagerte Gülle während der Sommer- und Wintersaison abzubilden.

### 2.1.1.3.1.2 Durchführung des Lagertests

Unter Berücksichtigung von Saisonalität und Repräsentativität erfolgte die Probennahme im Mai und Oktober sowie der Probentransport wie oben beschrieben. Die Gülleproben wurden keiner weiteren Behandlung unterzogen, um möglichst praxisnahe Bedingungen zu erhalten. Es erfolgten Analysen der frischen Proben auf den Trockensubstanzgehalt, organischem Trockensubstanzgehalt, Ammoniumstickstoff, flüchtige organische Bestandteile, Puffervermögen und pH-Wert. Des Weiteren erfolgte die Gewichtsbestimmung der leeren und vollen Fässer am Versuchsbeginn und -ende sowie die Messung des Emissionspotenzials bei 20 °C und des Biochemischen Methanpotenzials bei 39 °C.

Im Folgenden werden die Details zu den 3 verschiedenen Tests zum (a) Emissionspotenzial bei Umgebungstemperatur, (b) Emissionspotenzial bei 20 °C und (c) Biochemischen Methanpotenzial bei 39 °C Schritt für Schritt erläutert.

### 2.1.1.3.1.3 Test der Methanemissionen bei Umgebungstemperatur (Fassversuch)

**Sicherheitshinweis:** Die im Versuchsstand gebildeten Gase sollten aus dem Raum abgeführt werden, da aufgrund der großen Gülle- bzw. Gasmengen Gefahr z. B. von Vergiftung (H<sub>2</sub>S), Erstickung (Verdrängung von Luftsauerstoff) bzw. Explosion (H<sub>2</sub>) bestehen könnte.

Für die Lagerung bei Umgebungstemperatur wurden 8 Fässer á 120 L genutzt und in vier Zweierpaaren zusammengefasst, s. a. Tabelle 3. Vier der 8 Fässer verfügten über drei Stutzen im Deckel (zwei davon für die Bestimmung der Gasmengen und -qualität, einer in der Mitte für den Temperatursensor). Die anderen 4 Fässer hatten nur einen Gasauslass, der mit dem Partnerfass verbunden war. Mit einem weiteren Temperatursensor erfolgte die Temperaturerfassung im nicht klimatisierten Lagerraum (Garage). Abbildung 11 zeigt das Rohrleitungs- und Instrumentierungsschema des Versuchsstands für den Versuch, der im Mai 2018 begann. Der Aufbau des Güllelagerversuchs, der im Oktober 2018 begann, war entsprechend, nur dass hier aufgrund der kürzeren Versuchsdauer nur zwei Fasspaare aufgebaut wurden.

Alle Temperatursensoren waren mit Datenloggern verbunden. Die Temperaturerfassung erfolgte stündlich automatisch. Die Gasqualität und -quantität wurde in der ersten Woche täglich und dann wöchentlich händisch erfasst.



## 2 Ergebnisse

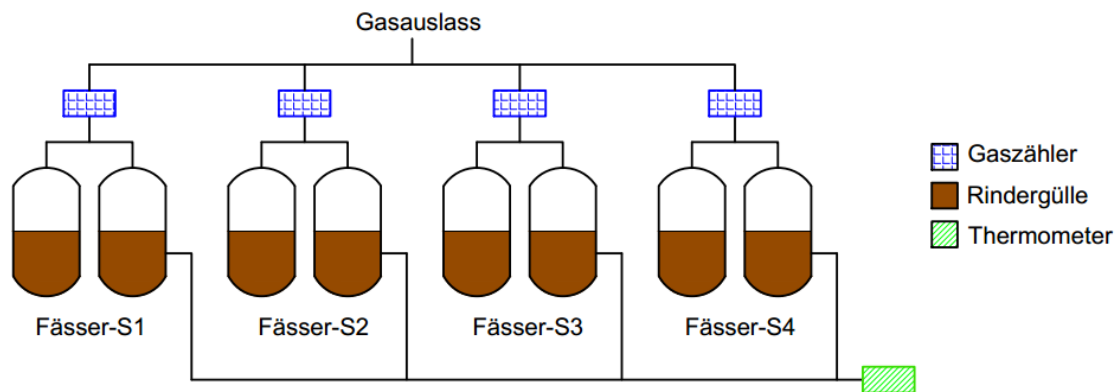


Abbildung 11: Rohrleitungs- und Instrumentierungsschema des Güllelagerversuchsstands (Schumacher & Schröter, DBFZ)

Die Fässer wurden mit frischer Gülle im Mai 2018 (Sommergülle) befüllt und die Gewichte der Fässer aufgenommen. In 10-Wochen-Intervallen erfolgte die Beendigung der Lagerversuche beginnend mit Faßpaar S1 und die gleichen Analysen der gelagerten Gülleproben wie für die frische Gülle. Der Probenintervall wurde gewählt, um eine möglichst gleichmäßige Beprobung über den gesamten Versuchszeitraum zu sichern, während die Anzahl der Proben und die Gesamtmenge von bis zu 500 Liter Gülle noch handhabbar sind. Die Lagerung erfolgte 40 Wochen, da in Deutschland im Frühling die Güllelagerungsphase endet und die Ausbringung der Gülle auf landwirtschaftlichen Flächen praktiziert wird.

Im Oktober wurde eine weitere Probe (Wintergülle) in Groß Kreuz genommen, um eventuelle Unterschiede in der Zusammensetzung der Gülle bzw. im Emissionsverhalten aufgrund der niedrigeren Lagertemperaturen zu erfassen. Hier erfolgte die Lagerung in zwei Fasspaaren. Beide Lagerversuche wurden im Februar 2019 beendet.

Es ist in gemäßigten Breiten davon auszugehen, dass die täglichen und wöchentlichen Temperaturschwankungen bei größeren Güllemengen reduziert ist. Aus diesem Grund erfolgte die Wärmeisolierung der Fässer. Je nach Standort werden in der Praxis unterschiedliche Tages- und Jahrestemperaturprofile auftreten, die sich auf das Emissionsverhalten der Güllen auswirken können.

### 2.1.1.3.1.4 Test zum Methanemissionspotenzial bei 20 °C (Eudiometerversuch)

Der Test zum Methanemissionspotenzial bei 20 °C ermöglicht sowohl den Vergleich von Gülleproben des gleichen Ursprungs mit verschiedener Lagerdauer als auch den Vergleich von Güllen verschiedener Herkünfte. Der Versuchsaufbau war vergleichbar mit den Restgastests nach VDI 4630 (2016)<sup>10</sup> mit üblichen Batch-Test in Eudiometern (400 ml Nettovolumen) ohne Inokulum, bei 20 ±2 °C über 60 Tage in Dreifachbestimmung. Bei der Versuchsauswertung wurde festgestellt, dass je nach Zusammensetzung und Abbaugrad der Gülle 60 Tage nicht immer ausreichen, um das volle Emissionspotenzial zu ermitteln.

<sup>10</sup> VDI GUIDELINE 4630 (2016). Fermentation of organic materials – characterisation of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests. November 2016, Beuth Verlag GmbH

## 2 Ergebnisse

Die Eudiometertests erfolgten mit der frischen Gülle und den Proben, die alle 10 Wochen aus den Fassversuchen gewonnen wurden. Der Versuchsplan für die Methanemissionstests bei Umgebungstemperatur für die Sommergülle über 40 Wochen sowie die Wintergülle über 20 Wochen in Fässern und die anschließenden Tests der Methanemissionspotenziale bei 20 °C in Eudiometern ist Abbildung 12 zu entnehmen. Gleichzeitig mit den Proben für die Methanemissionspotenziale erfolgte die Probennahme für das biochemische Methanpotenzial, wobei diese Proben eingefroren wurden, um sie am Ende der Lagerversuche gemeinsam und mit dem gleichen Inokulum untersuchen zu können, s. a. Abbildung 13.

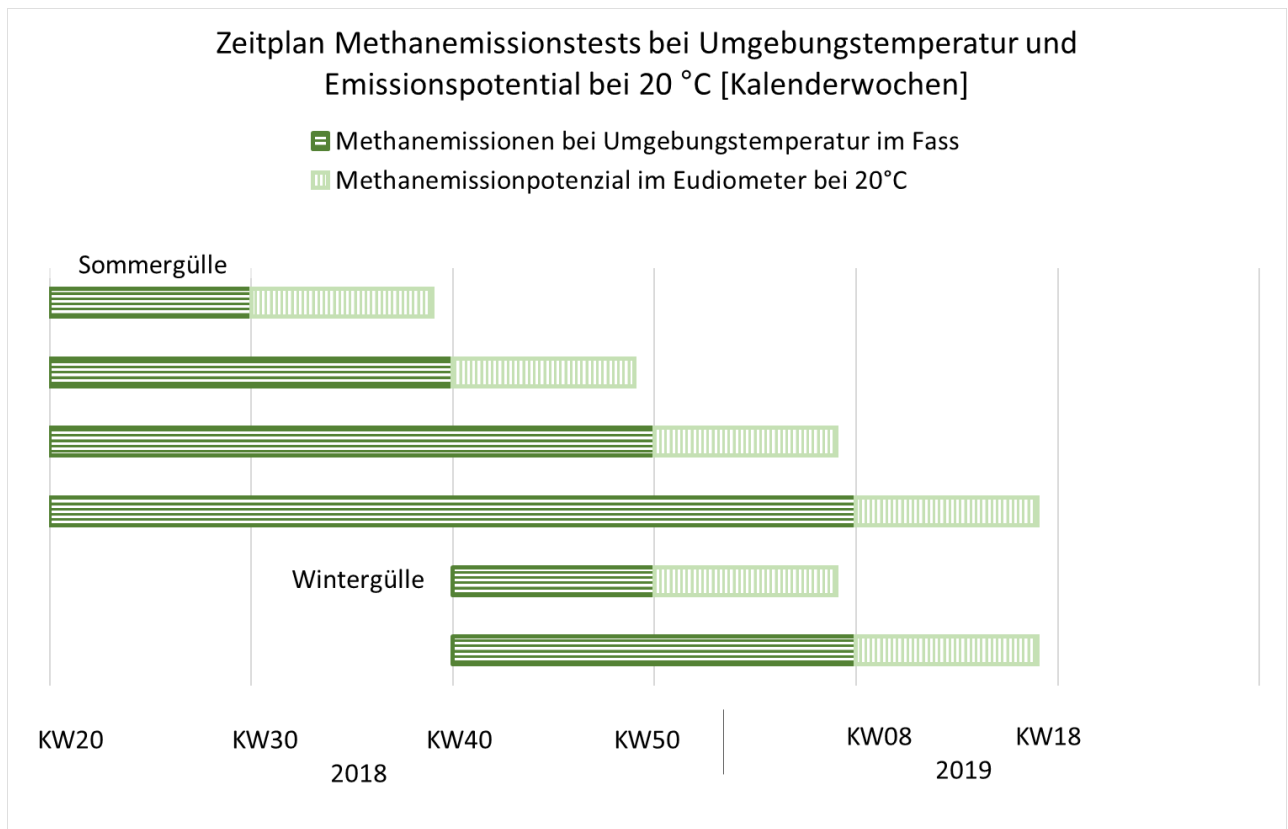


Abbildung 12: Zeitplan Methanemissionstests bei Umgebungstemperatur und Emissionspotential bei 20 °C [Kalenderwochen] (DBFZ)

### 2.1.1.3.1.5 Test zum Biochemischen Methanpotenzial bei 39 °C (AMPTS-Versuch, BMP)

Im Gegensatz zum Emissionstest bei Umgebungstemperatur und beim Emissionspotentialtest bei 20 °C zeigt der biochemische Methanpotenzialtest bei 39 °C das energetische Potenzial unter optimalen Bedingungen hinsichtlich des mikrobiologischen Konsortiums aus dem Inokulum, der Nährstoffversorgung (inklusive Spurenelemente) und konstant mesophiler Temperatur. Die definierten Bedingungen (Temperatur, Inokulum) lassen einen Vergleich zwischen den verschiedenen lang bei Umgebungstemperatur gelagerten Proben einer Gülle sowie bis zu einem gewissen Grad auch mit anderen Güllen zu. Im Fokus der BMP-Untersuchungen stand mögliche Veränderungen des Energiegehalts der Gülle über die Lagerdauer von bis zu 40 Wochen zu bestimmen.

## 2 Ergebnisse

Die BMP-Tests im Automatic Methane Potential Test (AMPTS® II) starteten am Versuchsende der Emissionstests bei Umgebungstemperatur im Februar 2019, siehe Abbildung 13. Die Untersuchung der Proben, die im Verlauf der bis zu 40 Wochen Lagerdauer bei Umgebungstemperatur genommen und bis zur Verwendung im BMP tiefgefroren wurden, erfolgte für alle Proben zeitgleich in Dreifachbestimmung bei einer Temperatur von  $39\pm 1$  °C mit gleichem Inokulum. Die BMP-Tests wurden in Übereinstimmung mit der VDI-Richtlinie 4630 (2016) (Abbruchkriterium für Test: < 0,5 % Neugasbildung/3 d) durchgeführt.

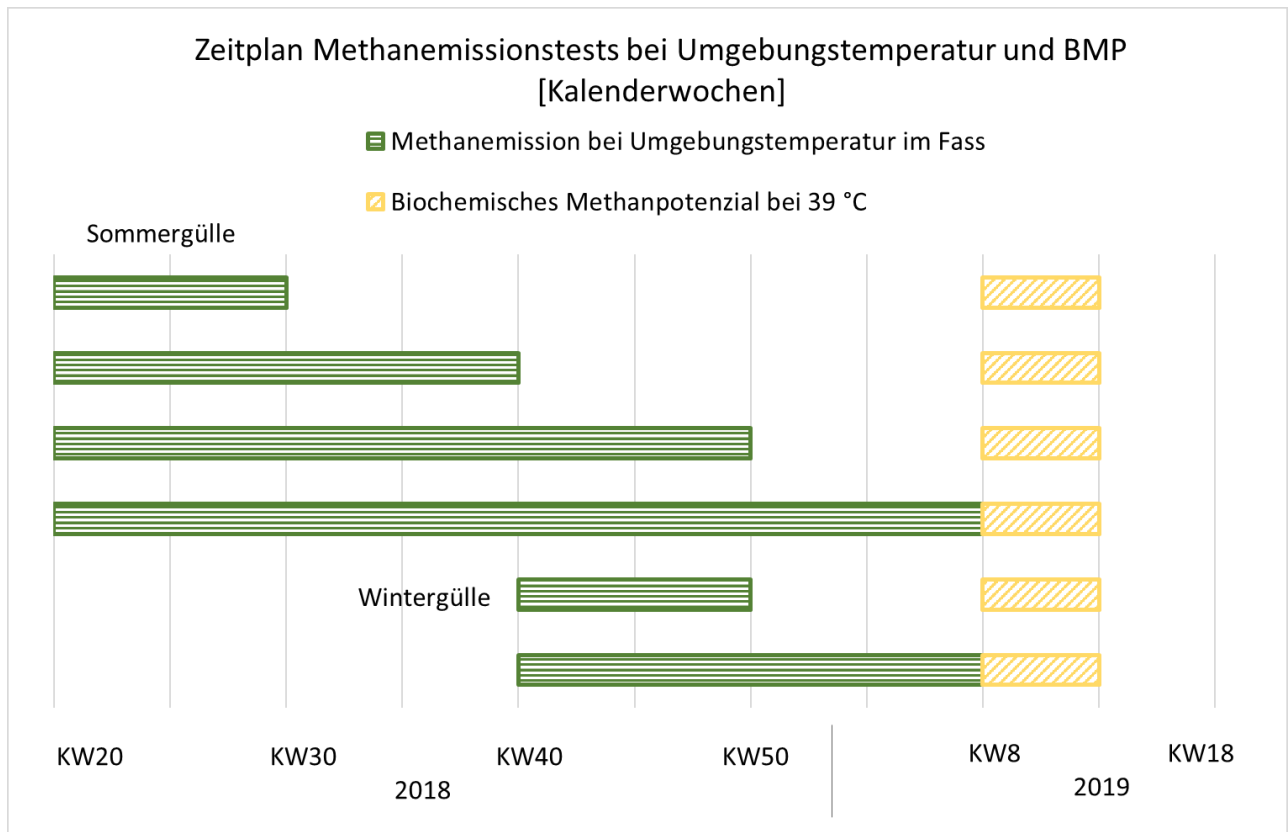


Abbildung 13: Zeitplan Methanemissionstests bei Umgebungstemperatur und BMP [Kalenderwochen] (DBFZ)

### 2.1.1.3.2 Ergebnisse des Praxistests - Emissionsmessversuch mit Rindergülle

Die Rindergüllelagerversuche wurden von 05/2018 bis 02/2019 bzw. von 10/2018 bis 02/2019 am DBFZ durchgeführt. Die detaillierte Methodik ist dem vorausgegangenen Kapitel zu entnehmen. Ausgewählte Messergebnisse wurden vom ATB bereits in englischer Sprache veröffentlicht<sup>11</sup>. Im Folgenden wird zuerst auf die Untersuchungsergebnisse des Lagerversuchs von 05/2018 bis 02/2019 (Sommergülle) eingegangen und dann auf die des Versuchs von 10/2018 bis 02/2019 (Wintergülle).

Den Verlauf der Gülle- und Lufttemperatur über 280 Tage (Sommergülle) zeigt Abbildung 14. Sowohl Abbildung 14 als auch Abbildung 15 verdeutlichen, dass die angestrebte Entkoppelung von Luft- und Gülletemperatur erreicht wurde. Es bleibt zu klären, wieweit diese Entkopplung in verschiedenen

<sup>11</sup> Cárdenas, A.; Ammon, C.; Schumacher, B.; Stinner, W.; Herrmann, C.; Schneider, M.; Weinrich, S.; Fischer, P.; Amon, T.; Amon, B.: Methane emissions from the storage of liquid dairy manure: Influences of season, temperature and storage duration. Waste Management, Vol. 121, 15 February 2021, p 393-402. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.12.026> (Stand: 06.10.2021)

## 2 Ergebnisse

Praxislagern reicht. Aufgrund des Ausfalls des Datenloggers der Fässer vom 10.7. bis 29.07.2018, wurden die Daten der Lufttemperatur für diesen Zeitraum in den Boxplots auch nicht berücksichtigt.

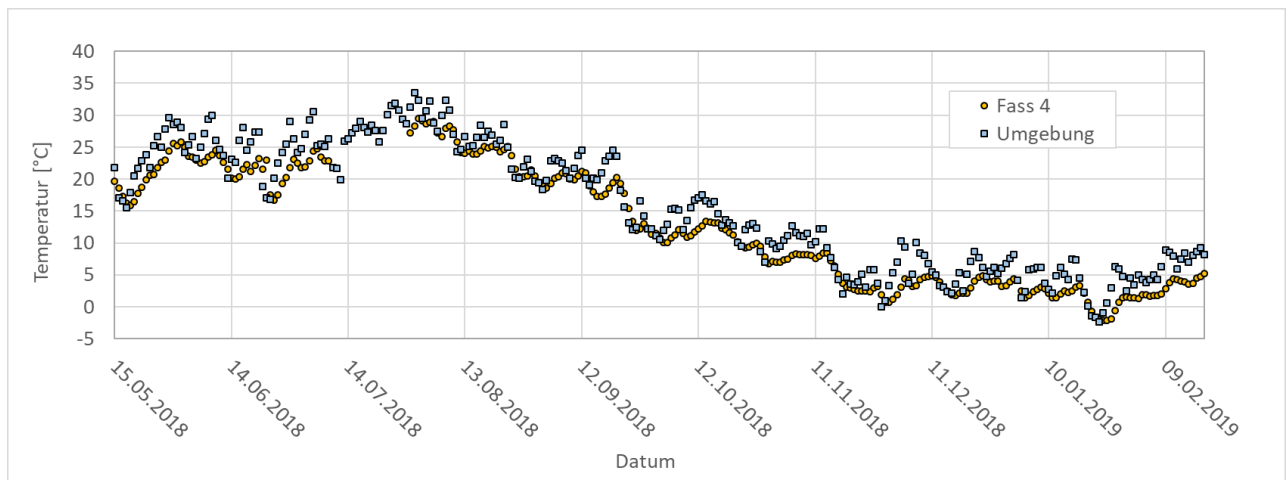


Abbildung 14: Verlauf in der Gülle- und Lufttemperatur über 280 Tage (Sommergülle) (DBFZ)

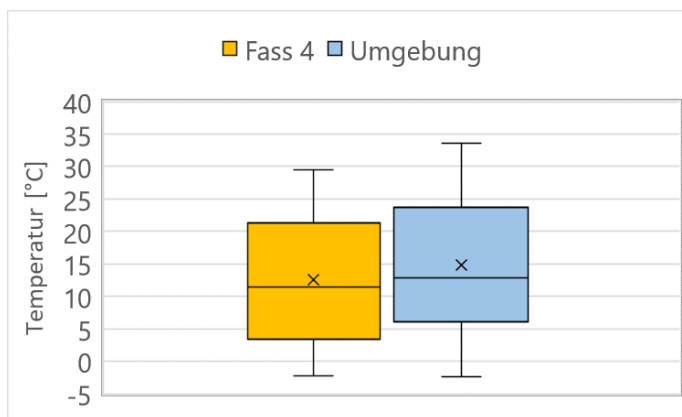


Abbildung 15: Box-Plot der Gülle- und Lufttemperatur ohne Tag 56-75 (Sommergülle) (DBFZ)

### 2.1.1.3.2.1 Sommergülle (Versuchsdauer 05/2018 bis 02/2019)

Einen optischen Eindruck der Rindergülle zum Versuchsstart am 15.05.2018 (Sommergülle) vermittelt Abbildung 16.



Abbildung 16: Rindergülle zum Versuchsstart am 15.05.2018 (Sommergülle) (DBFZ)

## 2 Ergebnisse

Im Verlauf des Lagerversuchs (Sommergülle) bei Umgebungstemperatur nahm das Frischmassegewicht (FM), der TS- und der oTS-Gehalt der Gülle erwartungsgemäß ab (zumindest bis zum Tag 140), siehe Tabelle 4. Die Ergebnisse (Tabelle 4) zwischen dem 140. und 280. Tag könnten auf Schwankungsbreiten bei der Gülleeinlagerung in die Fässer bzw. der Probennahme aus den Fässern sowie auf Schwankungsbreiten der Bestimmung der TS und oTS oder auf unterschiedlichen Abbau der Organik während der Lagerung in verschiedenen Fässern zurückzuführen sein. Tabelle 4 zeigt unter Berücksichtigung der FM- und oTS-Verluste die verbliebenen Anteile der Rest-FM und Rest-oTS bezogen auf den Startwert der Sommergülle über die Zeit des Lagerversuch bei Umgebungstemperatur. Dazu erfolgte beim Rest-FM die Verhältnisbildung der Frischmassengewichte am Anfang und nach jeweils 70 Tagen, wobei der Startwert mit 100 % angesetzt wurde. Für die Berechnung des Rest-oTS wurden die FM-Gewichte am Anfang und nach jeweils 70 Tagen jeweils mit den TS- und oTS-Gehalten multipliziert und miteinander ins Verhältnis gesetzt.

Tabelle 4: TS und oTS sowie Rest-FM und Rest-oTS bezogen auf den Startwert der Sommergülle über die Zeit des Lagerversuch bei Umgebungstemperatur

Bezeichnung	Zeit [d]	Datum	TS <sub>Probe</sub> [%]	oTS <sub>Probe</sub> [%TS]	Rest-FM %	Rest-oTS % <sup>1)</sup>
Sommer Start	0	15.05.2018	9,5	75,6		
Sommer 1	70	25.07.2018	7,8	72,1	98,1	76,9
Sommer 2	140	01.10.2018	6,4	73,5	96,5	62,8
Sommer 3	210	11.12.2018	6,9	71,7	96,3	66,0
Sommer 4	280	19.02.2019	6,3	72,2	96,6	61,4
<sup>1)</sup> Anteil der ursprünglich vorhandenen oTS-Menge						

Die frische Gülle enthielt wasserdampf-flüchtige Säuren (FOS), die über die Lagerdauer abgebaut wurden, so dass der pH-Wert stieg (Tabelle 5). Damit einhergehend sank auch das Verhältnis aus Säuren zur Pufferkapazität (FOS/TAC). Die Ergebnisse der Ammoniumstickstoff-Bestimmung zeigten keinen klaren Trend (Tabelle 5), wobei hier in der Praxis bei offenen Güllelagern ggf. andere Effekte zu beobachten wären.

## 2 Ergebnisse

Tabelle 5: pH-Wert, FOS, FOS/TAC, NH<sub>4</sub>-N der Sommergülle über die Zeit des Lagerversuch bei Umgebungstemperatur

Bezeichnung	Zeit [d]	Datum	pH-Wert [-]	FOS (nach Kapp) [g/l]	FOS/TAC [gFOS/gCaCO <sub>3</sub> ]	NH <sub>4</sub> -N [g/l]
Sommer Start	0	15.05.2018	6,5	7,2	1,6	0,9
Sommer 1	70	25.07.2018	7,1	5,9	0,8	1,3
Sommer 2	140	01.10.2018	8,0	1,2	0,2	1,3
Sommer 3	210	11.12.2018	7,4	1,2	0,2	1,2
Sommer 4	280	19.02.2019	7,4	1,1	0,2	0,9

Die Summenkurve der Methanemissionen bei Umgebungstemperatur (Fassversuch, exemplarisch Fass 4) und die Umgebungstemperatur als Wochenmittelwerte 2018/2019 am Versuchsstand in Leipzig sind in Abbildung 17 dargestellt.

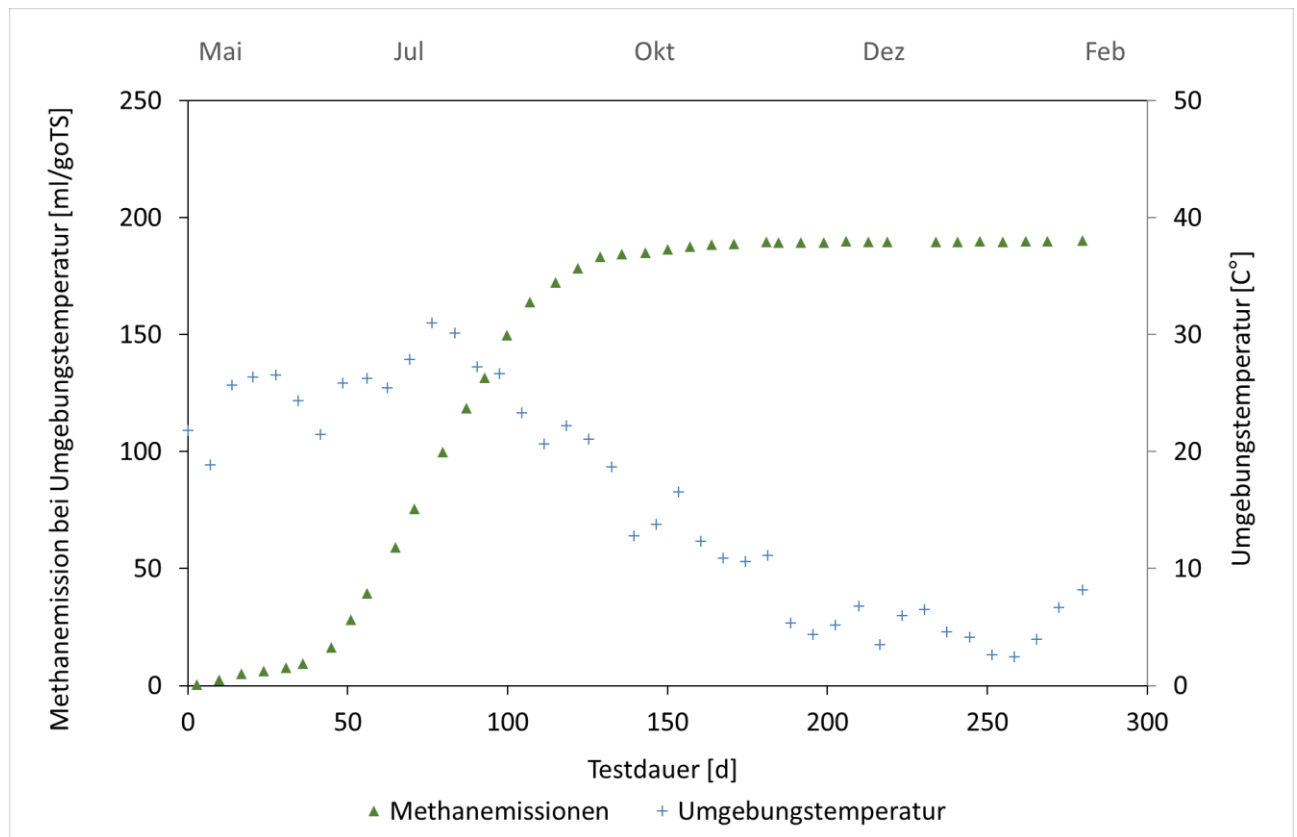


Abbildung 17: Methanemissionen bei Umgebungstemperatur im Fassversuch – Sommergülle

Die Endwerte der Methanemissionen bei Umgebungstemperatur in den Fassversuchen (Sommergülle) der 4 Proben nach jeweils 70 Tagen zeigt Tabelle 6. Bis zum 140. Tag (Mai bis Oktober) war ein starker Anstieg in den Methanemissionen zu verzeichnen, während dann bis zum Tag 210 kaum Emissionen entstanden und danach zwischen Dezember und Februar keine weiteren gemessen werden konnten.

## 2 Ergebnisse

Tabelle 6: Endwerte der Methanemissionen bei Umgebungstemperatur in den Fassversuchen - Sommergülle

Bezeichnung	Zeit [d]	Datum	Methanemissionen [Umwelt °C] Fass [ml/goTS]
Sommer Start	0	15.05.2018	
Sommer 1	70	25.07.2018	76
Sommer 2	140	01.10.2018	185
Sommer 3	210	11.12.2018	190
Sommer 4	280	19.02.2019	190

Zwischen dem 7. und 80. Tag wurden in den Fassversuchen (Sommergülle) gesundheitsbedenkliche Schwefelwasserstoffkonzentrationen im Gas von über 1000 ppm und teilweise über 5000 ppm gemessen. Danach waren bis zum 130. Tag Schwefelwasserstoffkonzentrationen von über 200 ppm feststellbar.

Die Summenkurven der Methanemissionen bei 20 °C in Eudiometerversuchen über 60 Tage (Sommergülle) der aus den Fassversuchen alle 70 Tage entnommenen Proben bezogen auf den oTS zum jeweiligen Eudiometerstart sind in Abbildung 18 dargestellt. Festzustellen war, dass 60 Tage (wie sie für Restgaspotenzialbestimmungen nach VDI 4630 empfohlen sind) bei frischer Gülle nicht ausreichen, um einen realitätsnahen Wert für längere Lagerdauern bei 20 °C praktisch zu ermitteln, da der Gasbildungsverlauf bis zu diesem Zeitpunkt noch annähernd linear war.

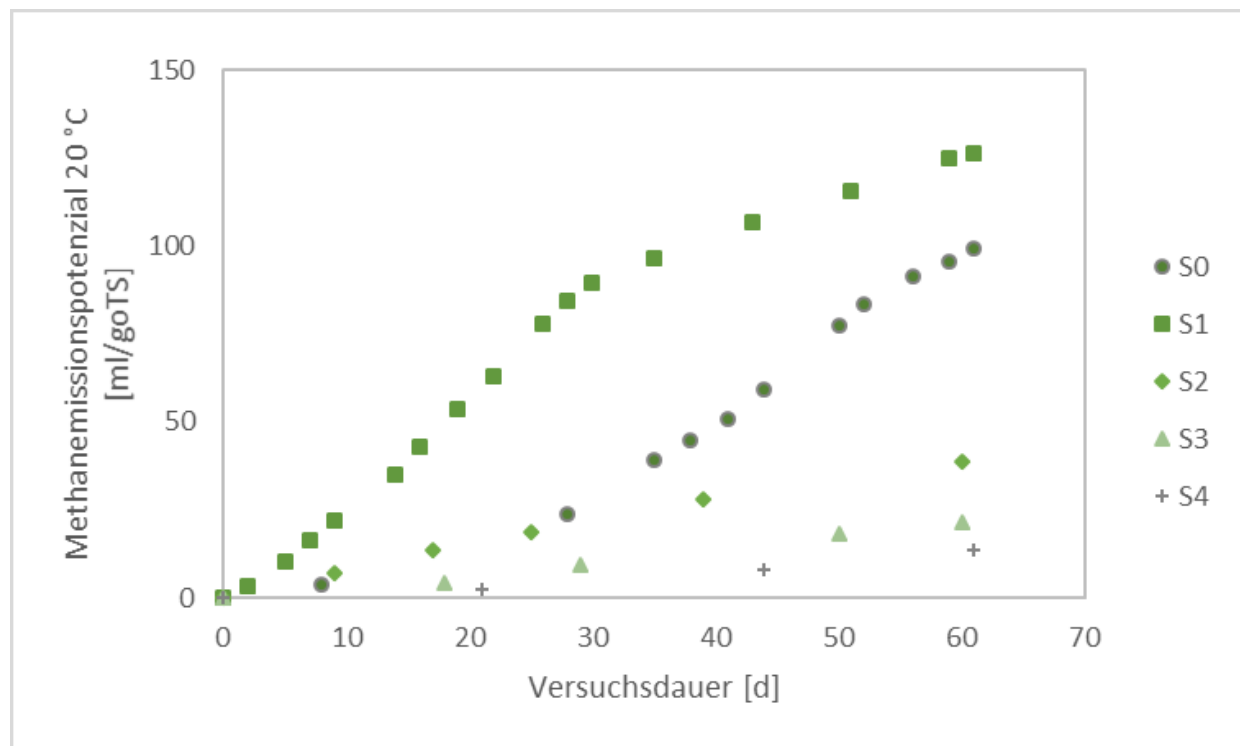


Abbildung 18: Methanemissionen bei 20 °C im Eudiometerversuch - Sommergülle

## 2 Ergebnisse

Die Summenkurven der Methanpotenziale bei 39 °C in AMPTS-Versuchen über 38 Tage (Sommergülle) der aus den Fassversuchen alle 70 Tage entnommenen Proben bezogen auf den oTS der jeweiligen Proben sind in Abbildung 19 dargestellt. Um die Proben gleichzeitig mit demselben Inokulum untersuchen zu können mussten sie bis zum AMPTS-Start tiefgefroren werden. Erwartungsgemäß nahm das Methanpotenzial der drei bis zum 140. Tag genommenen Proben ab (S0, S1, S2; Mai bis Oktober). Danach stieg das Methanpotenzial für die im Dezember und Februar genommenen Proben wieder an. Ursache dieses Effekts könnte eine Änderung in der Verfügbarkeit der oTS während der Lagerung bei niedrigen Temperaturen sein. Weitere Ursachen für die Ergebnisse zwischen dem 140. und 280. Tag könnten in Schwankungsbreiten bei der Gülleeinlagerung in die Fässer bzw. der Probennahme aus den Fässern sowie in Schwankungsbreiten der Bestimmung der TS und oTS oder im unterschiedlichen Abbau der Organik während der Lagerung in verschiedenen Fässern liegen.

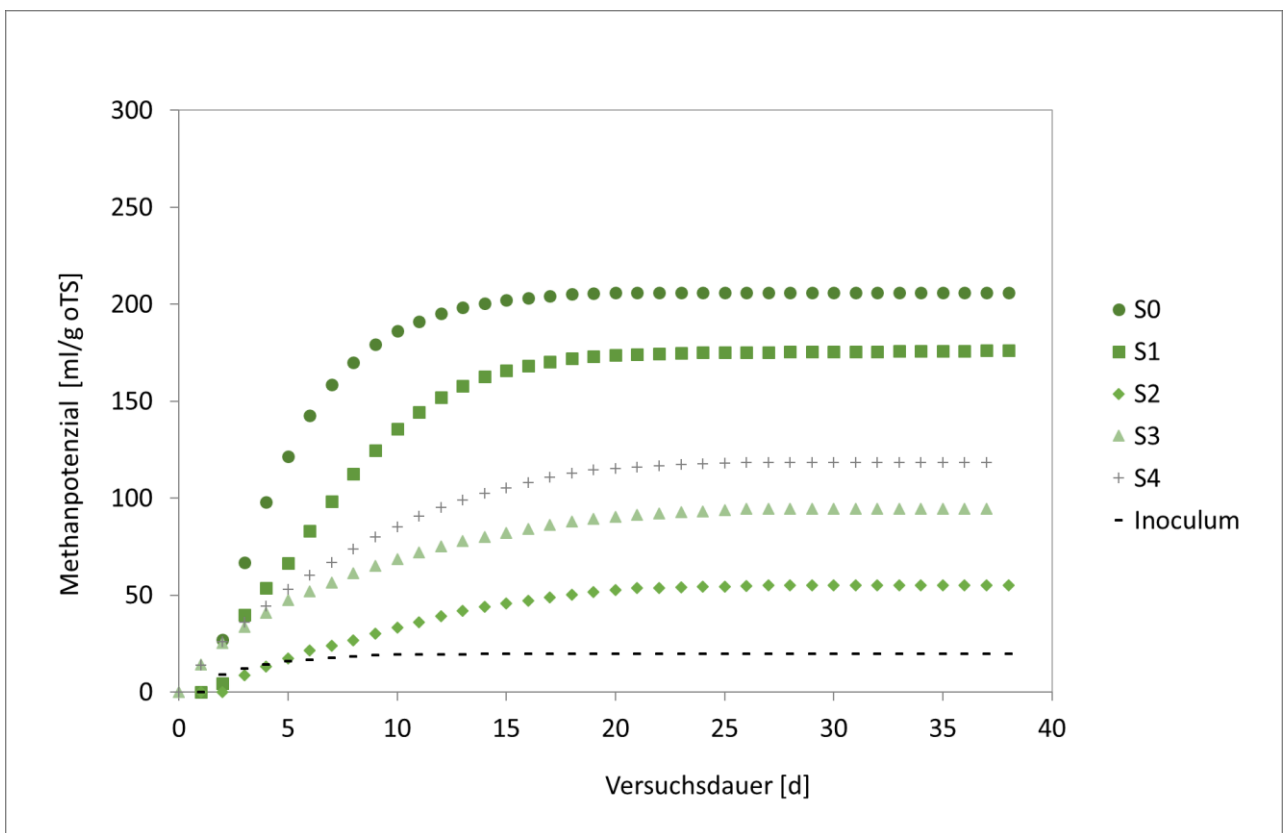


Abbildung 19: Methanpotenzial bei 39 °C im AMPTS-Versuch - Sommergülle



## 2 Ergebnisse

Die Endwerte der Biogas-/Methanemissionen bei 20 °C und des Methanpotenzials bei 39 °C (Sommergülle) bezogen auf den aktuellen oTS zum Zeitpunkt der jeweiligen Probenahme sind in Tabelle 7 zusammengefasst. In warmen Sommern<sup>12</sup> können somit die kumulierten Methanemissionen bei der Lagerung von Rindergülle (186 m<sup>3</sup>/t oTS nach 150 Tagen) nah an das Methanbildungspotenzial der Gülle von 206 m<sup>3</sup>/t oTS heranreichen, d. h. ca. 90 % des Methanbildungspotenzials wurden in 150 Tagen in Methanemissionen umgesetzt. In der Literatur werden vergleichbare Methanbildungspotenziale von 210 m<sup>3</sup>/t oTS<sup>13</sup> angegeben.

Tabelle 7: Endwerte der Biogas-/Methanemissionen bei 20 °C und des Methanpotenzials bei 39 °C - Sommergülle

Bezeichnung	Zeitraum [d]	Biogasemissionen [20 °C] Eudio 60 d [ml/g <sub>oTS</sub> ]			Methanemissionen [20 °C] Eudio 60 d [ml/goTS]	Methanpotenzial [39 °C] AMPTS 38 d [ml/goTS]		
			±				±	
Sommer Start	0-69	177	±	3	99	206	±	5
Sommer 1	70-139	210	±	22	126	175	±	10
Sommer 2	140-209	72	±	5	39	55	±	4
Sommer 3	210-279	47	±	1	22	94	±	7
Sommer 4	280	33	±	3	13	118	±	11

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den verschiedenen Tests zu erhöhen, wurden anders als in Tabelle 7 die Methanemissionen bei Umgebungstemperatur vom Fass 4 (Mai 2018 bis Februar 2019) in die 70tägigen Abschnitte zerlegt und die Ergebnisse der Eudiometer- und AMPTS-Versuche auf den Start-oTS vom 15.05.2018 umgerechnet, siehe Abbildung 20.

<sup>12</sup> durchschnittliche Tagesmittelwerte 25,1 °C 21.06.-23.09.2018 bzw. 28,8 °C 15.07.-15.08.2018 am Versuchsstand am DBFZ in Leipzig

<sup>13</sup> [https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Leitfaden\\_Biogas\\_web\\_V01.pdf](https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Leitfaden_Biogas_web_V01.pdf), 7. Auflage, 2016

## 2 Ergebnisse

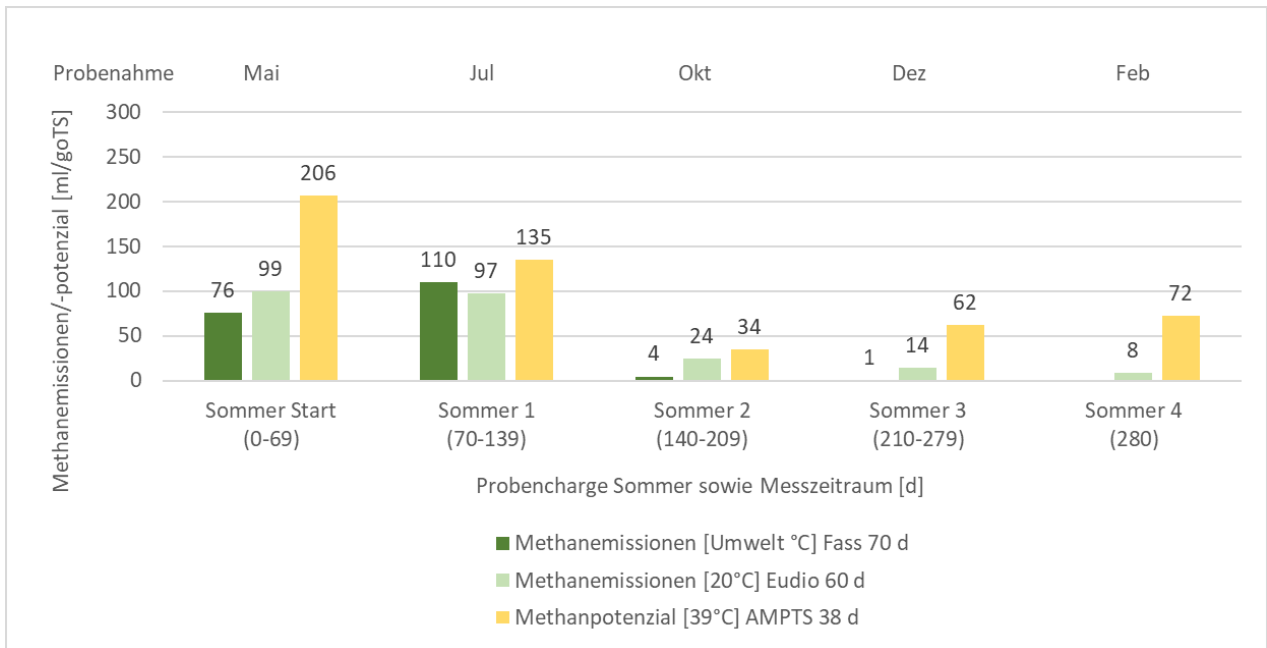


Abbildung 20: Methanemissionen/-potenzial Fass-, Eudiometer-, AMPTS-Versuche – Sommergülle, alle bezogen auf Start-oTS 15.05.2018

Berücksichtigt man außerdem noch die unterschiedlichen langen Laufzeiten der verschiedenen Tests ergeben sich je Tag die Ergebnisse in Abbildung 21.

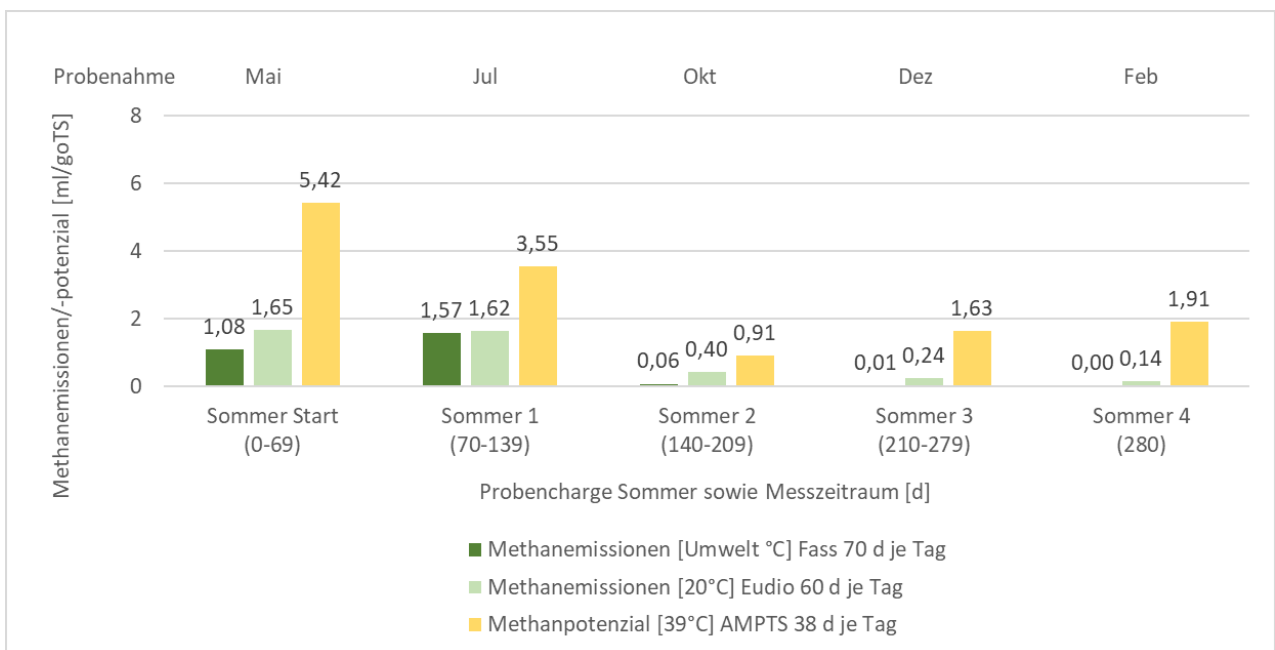


Abbildung 21: Methanemissionen/-potenzial Fass-, Eudiometer-, AMPTS-Versuche – Sommergülle, alle bezogen auf Start-oTS 15.05.2018 und Tag

## 2 Ergebnisse

### 2.1.1.3.2.2 Wintergülle (Versuchsdauer 10/2018 bis 02/2019)

Am 02.10.2018 startete ein 2. Lagerungsversuch (Wintergülle) in Fässern am DBFZ mit Rindergülle aus Groß Kreuzt, Abbildung 22. Schon optischen unterschied sich diese Rindergülle zu Versuchsbeginn von der im Mai 2018 genommenen.



Abbildung 22: Rindergülle zum 2. Versuchsstart am 02.10.2018 (Wintergülle) (DBFZ)

Im Verlauf des Lagerversuchs (Wintergülle) nahm das Frischmassegewicht (FM) der Gülle erwartungsgemäß ab, siehe Tabelle 8. Tabelle 8 zeigt unter Berücksichtigung der FM- und oTS-Verluste auch die verbliebenen Anteile der Rest-FM und Rest-oTS bezogen auf den Startwert der Sommergülle über die Zeit des Lagerversuch bei Umgebungstemperatur. Weitere Erläuterungen siehe im Kapitel zur Sommergülle. Der scheinbar steigende Anteil an in der Gülle verbliebenen Rest-oTS nach 140 Tagen könnte auf Schwankungsbreiten bei der Gülleeinlagerung in die Fässer bzw. der Probennahme aus den Fässern sowie auf Schwankungsbreiten der Bestimmung der TS und oTS oder auf unterschiedlichen Abbau der Organik während der Lagerung in verschiedenen Fässern zurückzuführen sein. In jedem Fall wäre es sinnvoll in Zukunft weitere Lagerversuch über das ganze Jahr durchzuführen, um eine breite belastbare Datengrundlage zu schaffen.

Tabelle 8: TS und oTS sowie Rest-FM und Rest-oTS bezogen auf den Startwert der Wintergülle über die Zeit des Lagerversuch bei Umgebungstemperatur

Bezeichnung	Zeit [d]	Datum	TS <sub>Probe</sub> [%]	oTS <sub>Probe</sub> [%TS]	Rest-FM %	Rest-oTS %
Winter Start	0	02.10.2018	12,9	77,5		
Winter 1	70	11.12.2018	10,2	77,1	98,8	77,6
Winter 2	140	19.02.2019	11,6	75,9	98,3	86,4

FOS und FOS/TAC stiegen über die Lagerdauer bei Umgebungstemperatur leicht an, während pH-Wert und NH<sub>4</sub>-N der Wintergülle nahezu konstant blieben, s. Tabelle 9.

Tabelle 9: pH-Wert, FOS, FOS/TAC, NH<sub>4</sub>-N der Wintergülle über die Zeit des Lagerversuch bei Umgebungstemperatur

Bezeichnung	Zeit [d]	Datum	pH-Wert [-]	FOS (nach Kapp) [g/l]	FOS/TAC [gFOS/gCaCO <sub>3</sub> ]	NH <sub>4</sub> -N [g/l]
Winter Start	0	02.10.2018	6,5	9,6	1,6	1,4
Winter 1	70	11.12.2018	6,4	14,2	2,2	1,6
Winter 2	140	19.02.2019	6,4	13,9	2,3	1,4

## 2 Ergebnisse

Die bei niedrigen Umgebungstemperatur zwischen Oktober 2018 und Februar 2019 gemessenen Emissionen waren geringer (Abbildung 23; Tabelle 10), als man es aufgrund des Frischmasseverlust in den Fässern (Tabelle 8) erwarten würde. Ursachen hierfür könnten im Versuchsaufbau liegen. Evtl. sind die genutzten Trommelgaszähler für Messungen von geringen Mengen bei niedrigeren Temperaturen nicht geeignet, obwohl sie durch eine Heizmatte gegen Einfrieren geschützt waren. Es müsste also ein anderer Versuchsaufbau entwickelt werden. Auch sollte der Kopfraum so klein wie möglich gewählt werden, ohne aber eine Verstopfung der Gasschläuche zu riskieren sowie weitere Tests mit Messgeräten zur Gasmengenerfassung bei niedrigen Temperaturen erfolgen.

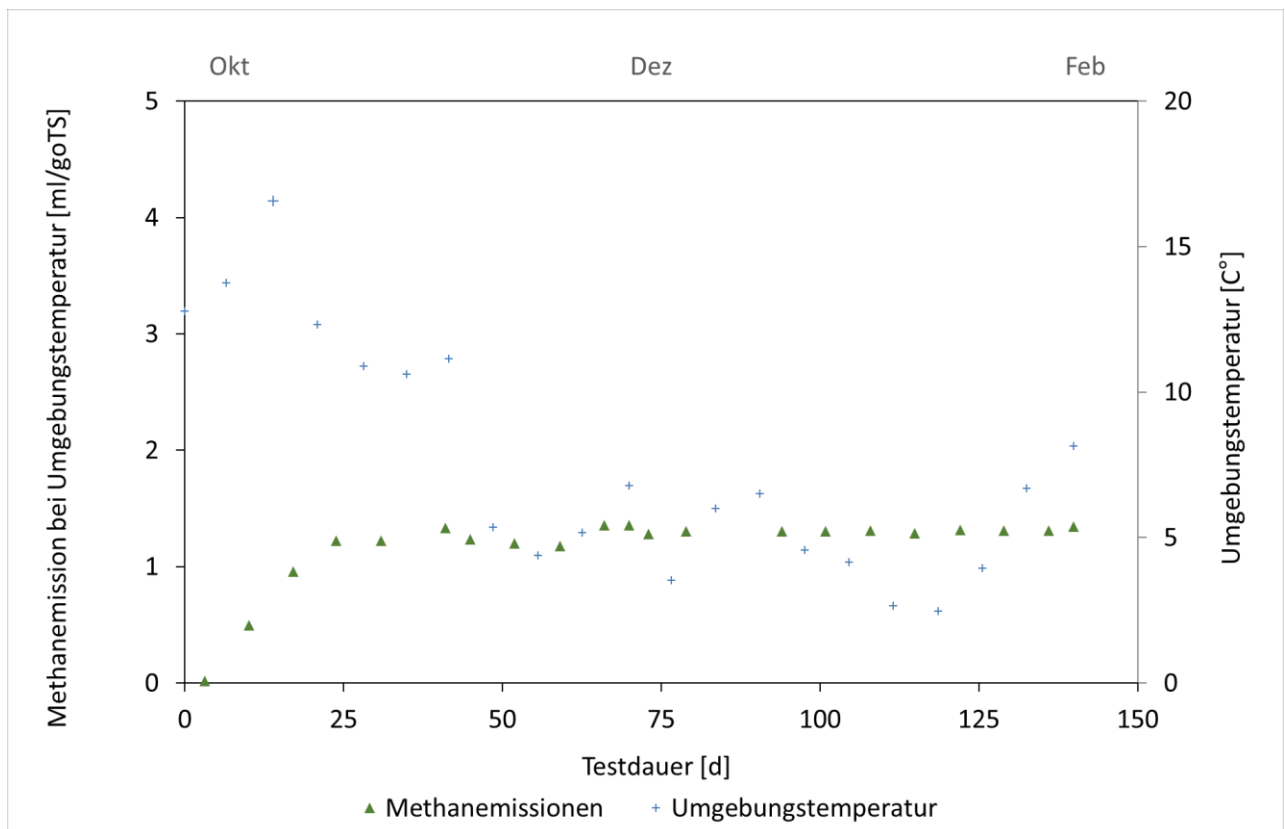


Abbildung 23: Methanemissionen bei Umgebungstemperatur im Fassversuch - Wintergülle

Tabelle 10: Endwerte der Methanemissionen bei Umgebungstemperatur in den Fassversuchen - Wintergülle

Bezeichnung	Zeit [d]	Datum	Methanemissionen [Umwelt °C] Fass [ml/goTS]
Winter Start	0	02.10.2018	
Winter 1	70	11.12.2018	1
Winter 2	140	19.02.2019	1

In den ersten 30 Tagen traten gesundheitsbedenkliche Schwefelwasserstoffkonzentrationen über 5000 ppm (Ansyco GA 2000 Messbereich nur bis 5000 ppm) auf und überschritten damit den

## 2 Ergebnisse

Messbereich des gewählten Messgeräts. Eine Messung von Wasserstoff war mit diesem Gerät nicht möglich, sollte aber bei zukünftigen Versuchen mit eingeplant werden.

Die Endwerte der Biogas-/Methanemissionen bei 20 °C und des Methanpotenzials bei 39 °C (Wintergülle) bezogen auf den aktuellen oTS zum Zeitpunkt der jeweiligen Probenahme sind in Tabelle 11 dargestellt. Die in der Literatur angegebenen Methanbildungspotenziale von 210 m<sup>3</sup>/t oTS<sup>14</sup> wurden deutlich überschritten. Die Methanemissionen der Wintergülle bei 20 C lagen im Untersuchungszeitraum wiederum deutlich unter denen der Sommergülle (Tabelle 11, Abbildung 24). Auffällig und die Unterschiede erklärend ist dabei v. a. die gut 20 Tage währende Lagphase bei den Winterversuchen, während bei den Sommerversuchen keine Lagphase sichtbar war (vgl. Abb. 24 und Abb. 18).

Tabelle 11: Endwerte der Biogas-/Methanemissionen bei 20 °C und des Methanpotenzials bei 39 °C - Wintergülle

Bezeichnung	Zeitraum [d]	Biogasemissionen [20 °C] Eudio 60 d [ml/g <sub>oTS</sub> ]			Methanemissionen [20 °C] Eudio 60 d [ml/goTS]	Methanpotenzial [39 °C] AMPTS [ml/goTS]		
			±				±	
Winter Start	0-69	99	±	1	47	265	±	22
Winter 1	70-139	18	±	0	2	271	±	11
Winter 2	140	14	±	0	2	289	±	20

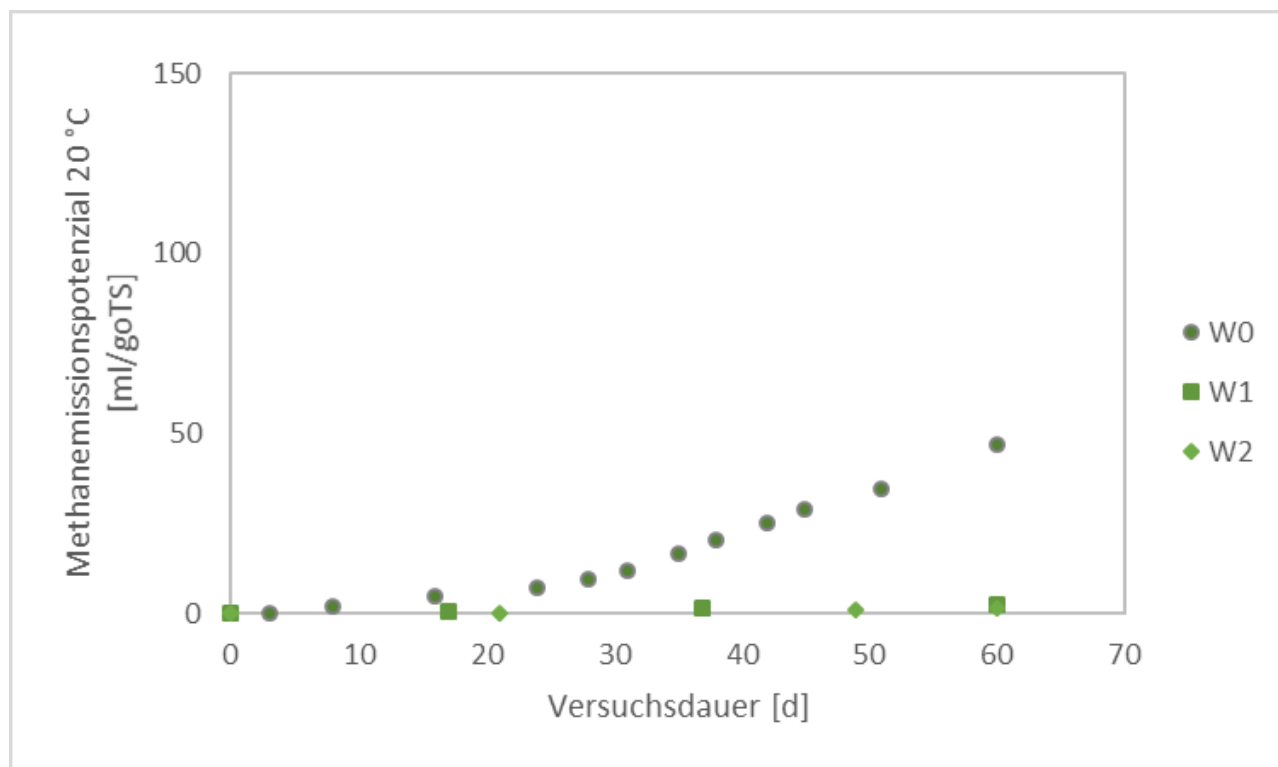


Abbildung 24: Methanemissionen bei 20 °C im Eudiometerversuch - Wintergülle

<sup>14</sup> [https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Leitfaden\\_Biogas\\_web\\_V01.pdf](https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Leitfaden_Biogas_web_V01.pdf), 7. Auflage, 2016

## 2 Ergebnisse

Die Summenkurven der Methanpotenziale bei 39 °C in AMPTS-Versuchen über 38 Tage (Wintergülle) der aus den Fassversuchen alle 70 Tage entnommenen Proben bezogen auf den oTS der jeweiligen Proben sind in Abbildung 25 ersichtlich. Um die Proben gleichzeitig mit demselben Ansatz und Inokulum untersuchen zu können, mussten sie bis zum AMPTS-Start tiefgefroren werden. War bei der Sommergülle bis 140 Tage Lagerdauer erwartungsgemäß eine Reduzierung des Methanertragspotentials mit zunehmender Lagerdauer zu verzeichnen (Abb. 19), stieg dieses bei den 210 bzw. 280 Tagen gelagerten Proben wieder an. Mit maximal 100 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t oTS lag das Methanertragspotential bei einer Lagerungsdauer von über 140 Tagen in einem nur schwer wirtschaftlich nutzbaren Bereich. Sehr schwach ausgeprägt, zeigte die Wintergülle bei den Lagervarianten, d.h. für die im Dezember und Februar genommenen Proben ebenfalls das Phänomen höherer Methanertragspotentiale (trotz des zuvor dargestellten oTS-Verlustes). Ursache dieses Effekts könnte eine Änderung in der Verfügbarkeit der oTS während der Lagerung sein. Weitere Ursachen für die Ergebnisse zwischen dem 140. und 280. Tag könnten in Schwankungsbreiten bei der Gülleeinlagerung in die Fässer bzw. der Probennahme aus den Fässern sowie in Schwankungsbreiten der Bestimmung der TS und oTS oder im unterschiedlichen Abbau der Organik während der Lagerung in verschiedenen Fässern liegen. Dies kann auf Basis der Ergebnisse nicht abschließend bewertet werden und erfordert aus wissenschaftlicher Sicht tiefergehende Untersuchungen. Für die praktische Bewertung von Stallverfahren ist dies jedoch irrelevant, weil der Effekt im Winter nur gering war und im Sommer die Lagerung bereits nach moderaten 70 Tagen zu einer so erheblichen Minderung der Methanertragspotentiale führte, dass die klare Empfehlung ausgesprochen werden kann, eine Zwischenlagerung zu vermeiden oder zu minimieren.

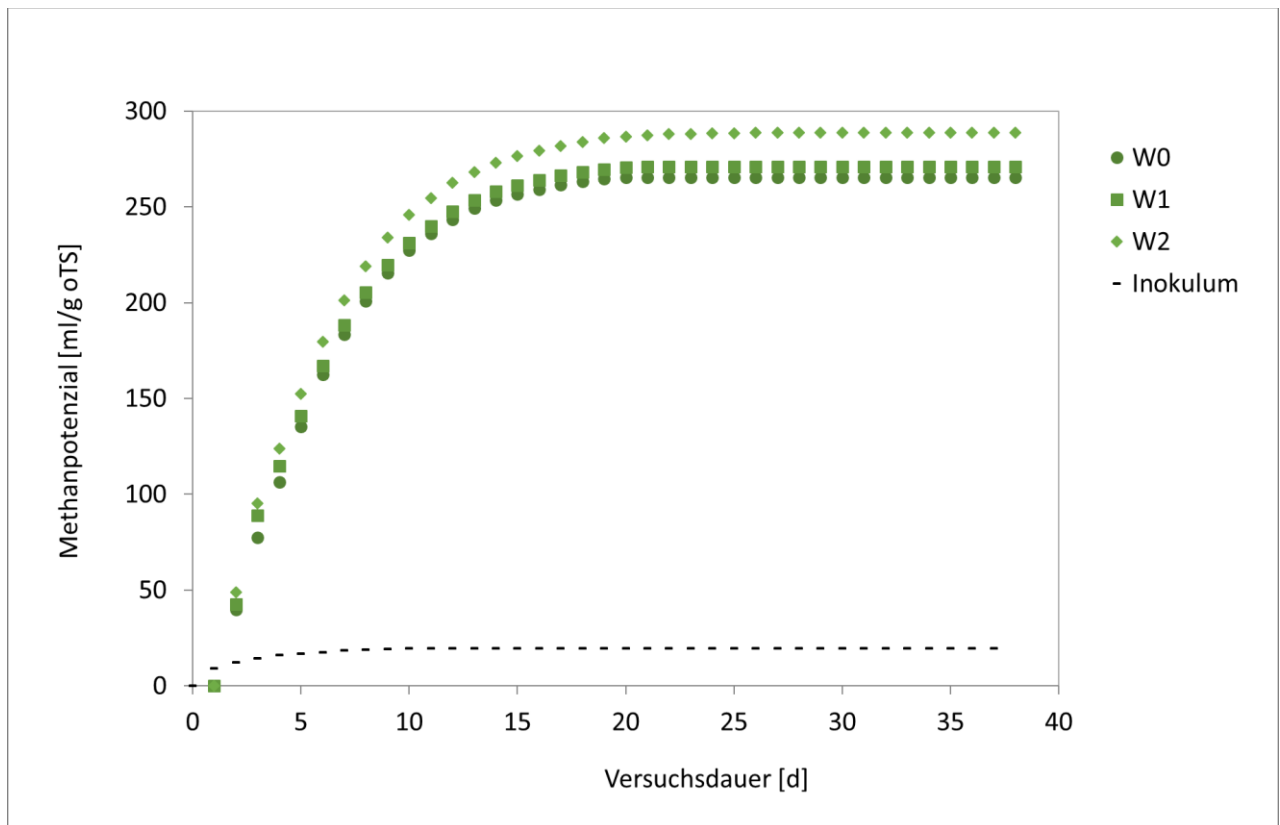


Abbildung 25: Methanpotenzial im AMPTS-Versuch - Wintergülle

## 2 Ergebnisse

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den verschiedenen Tests zu erhöhen, wurden anders als in Tabelle 11 die Methanemissionen bei Umgebungstemperatur vom Fass 2 (Oktober 2018 bis Februar 2019) in die 70tägigen Abschnitte zerlegt und die Ergebnisse der Eudiometer- und AMPTS-Versuche auf den Start-oTS vom 02.10.2018 umgerechnet, siehe Abbildung 20.

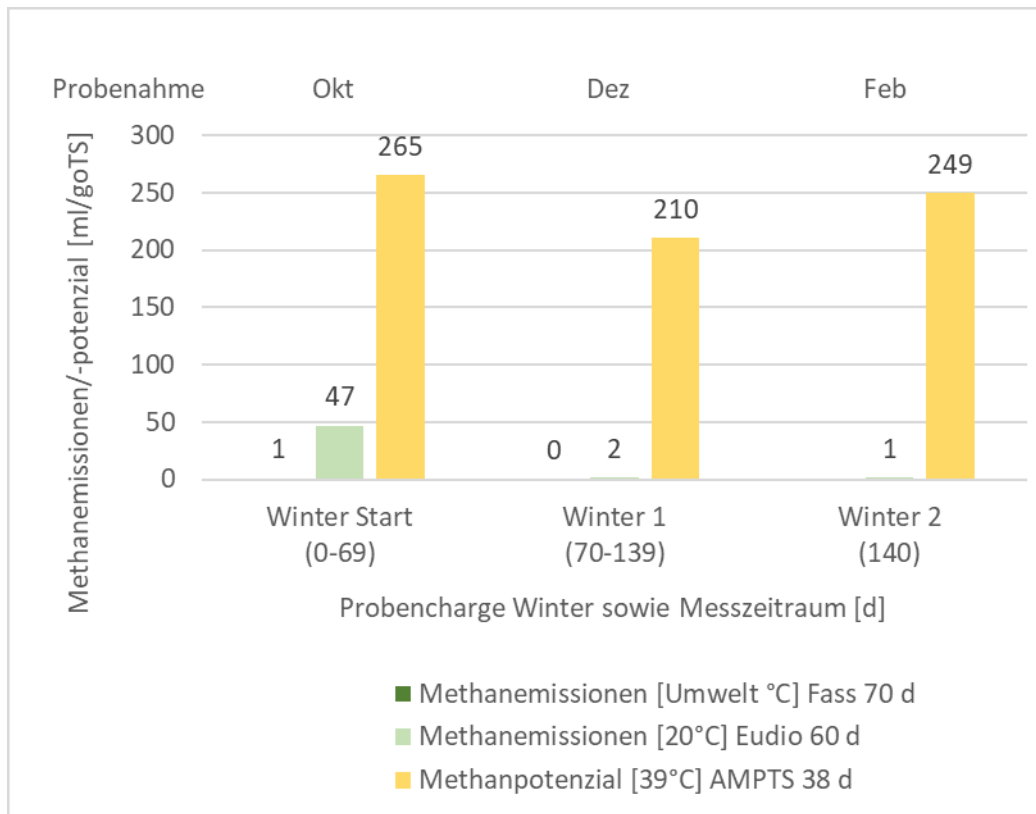


Abbildung 26: Methanemissionen/-potenzial Fass-, Eudiometer-, AMPTS-Versuche – Wintergülle, alle bezogen auf Start-oTS 02.10.2018

### 2.1.1.3.3 Fazit zu den Emissionsmessversuchen im Projekt und Ausblick

#### 2.1.1.3.3.1 Fazit - Probenahme und Saisonalität

Bei der Probenahme für Untersuchungen der Effekte der Lagerung von Rindergülle auf die Emissionen sowie die Verringerung des Energiegehalts sollten folgende Prinzipien beachtet werden (weitere Details siehe <sup>15</sup>): Die Versuchsergebnisse sind stark davon abhängig, dass repräsentative Proben der Exkrememente (Fäkalien, Urine, Mist) entnommen werden. Am ehesten geht das mit frischer Gülle, d.h. vor Schwimmdeckenbildung etc. Bei Milchkuhhaltung sind Schieberentmistungssysteme am besten geeignet, frische Proben zu generieren. Frische und repräsentative Proben können nach einer Durchmischung direkt aus dem Abwurfschacht oder an dessen Ablass entnommen werden. Dazu muss

<sup>15</sup> Stinner, W.; Denysenko, V.: Sampling of manure (Suitability for biogas production). In: J. Liebetrau, D. Pfeiffer (Eds.), Collections of Methods for Biogas – Methods to determine parameters for analysis purposes and parameters that describe processes in the biogas sector. Series „Biomass energy use“ Vol. 07, 2. ed., 2020, 38 - 49, DBFZ, Leipzig, Germany <https://www.energetische-biomassennutzung.de/en/working-groups-methods/method-collection-biogas>

## 2 Ergebnisse

die Grube vorher möglichst vollständig von alten Gülleresten befreit werden und nur frische Gülle enthalten. Bei Güllekellern ist es grundsätzlich nicht möglich, frische Proben zu entnehmen. Die entnehmbare Probe wird immer ein Gemisch aus frischer und mehr oder weniger alter Gülle sein, wobei das Alter der Mischung vom Zeitpunkt und den vorhergehenden Ausbringungsbedingungen abhängig sind und außerdem die Lagerbedingungen je nach vorhergehendem Wettereinfluss, Lufteintrag etc. variieren. Außerdem bildet die Gülle bei der Lagerung Schwimmdecken aus, ein Aufrühren zum Zwecke einer Probennahme bedeutet einen hohen Aufwand und beeinflusst gegenüber dem Probennahmezeitpunkt die Gülle durch erhöhten Lufteintrag und Ausgasung von NH<sub>3</sub>, Biogas etc. In jedem Fall sind bei einer Probennahme Arbeitsschutzmaßnahmen (u. a. Explosions-, Vergiftungs- und Erstickungsgefahr) sorgfältig einzuhalten, s. a. <sup>15</sup>. Bei der Planung der Probenahme sind die regionalen Rahmenbedingungen wie der Lagerfüllstand im Jahresverlauf in Abhängigkeit von der Gülleausbringung u. ä. zu berücksichtigen. In Deutschland erfolgt die Leerung der Güllelager typischerweise im Frühjahr, je nach Anbaukulturen und zugehörigen Ausbringungszeitpunkten schwerpunktmäßig zwischen Februar und Mai und muss den Bedürfnissen des Pflanzenbaus und des Grundwasserschutzes gerecht werden.

### 2.1.1.3.3.2 Fazit - Test der Methanemissionen bei Umgebungstemperatur (Fassversuch)

Der Versuchsaufbau mit Fässern war von Mai bis Oktober uneingeschränkt geeignet, die Alterung von Gülle zu simulieren und die Messung der Methanemissionen bei Umgebungstemperatur zu ermöglichen. Für den Betrieb im Winter sind weitere Anpassungen der Gasqualitäts- und -quantitätserfassung, z.B. hinsichtlich zusätzlicher Wasserstoffeffassung, geringer Volumenströme und ggf. der Temperaturempfindlichkeit der Messtechnik erforderlich. Bei abweichenden Rahmenbedingungen können weitere Adaptionen des Versuchskonzepts bezüglich der Güllelagerzeiten und Massenströme, der Wärmedämmung des Fassversuchsstands, der Temperaturen der nachfolgenden Batch-Tests, auf die Art der Exkremate sowie entsprechend der klimatischen Bedingungen vorgenommen werden. So wäre es beispielsweise denkbar, bei starken Temperaturschwankungen zwischen verschiedenen Jahren an bestimmten Standorten mittels Klimakammer einen durchschnittlichen Jahres- und ggf. Tagestemperaturschwankungen zu simulieren<sup>16</sup>.

### 2.1.1.3.3.3 Fazit - Test zum Methanemissionspotenzial bei 20 °C und Test zum Methanertragspotenzial bei 39 °C

Am Markt sind verschiedenste Geräte für Batch-Tests verfügbar, die über unterschiedliche Möglichkeiten zu Messung von Methan oder Biogas verfügen. Die Nutzung von Eudiometern oder AMPTS-Geräten ist nicht zwingend notwendig, sondern auch andere Batch-Systeme können gewählt werden. Bei frischer Gülle sollte die Testdauer auf mindestens 100 Tage oder bis zu 150 Tagen verlängert werden, da die hier gewählten 60 Tage nur einen Teil des Emissionspotenzials bei 20 °C erfassten. Alternativ könnte für das Emissionspotenzial bei 20 °C das Abbruchkriterium von < 0,5 % Gasneubildung über 3 Tage, wie beim Methanertragspotenzial bei 39 °C, eingeführt werden, damit die Tests mit bereits gelagerter Gülle kürzer als die mit frischer ausfallen könnten (s. a. <sup>16</sup>).

---

<sup>16</sup> Schumacher, B.; Stinner, W.; Strach, K.; Amon, T.: Determination of methane emission potential of liquid manure during storage at ambient temperature. In: J. Liebetrau, D. Pfeiffer (Eds.), Collections of Methods for Biogas – Methods to determine parameters for analysis purposes and parameters that describe processes in the biogas sector. Series „Biomass energy use“ Vol. 07, 2. ed., 2020, 130-138, DBFZ, Leipzig, Germany  
<https://www.energetische-biomassennutzung.de/en/working-groups-methods/method-collection-biogas>



## 2 Ergebnisse

### 2.1.1.3.3.4 Ausblick Emissionsmessungen

Bei der Vorstellung der Ergebnisse auf Fachtagungen wurden die gemessenen Temperaturen der Gülle als Einflussfaktor diskutiert. Da, vor allem im Zeichen der globalen Erwärmung, keine aktuellen Praxismessungen von Gülletemperaturen während der Lagerung, vorliegen, wurde das Folgeprojekt „Methanemissionsmodell für offene Gärprodukt-/Güllelager (MEMO)“ (FKZ: 2220WD003X) für Praxismessungen von Emissionen aus sowie Füllständen und Temperaturen in Gärrestlagern entwickelt und bei der FNR eingereicht, dass auch auf Güllelager adaptiert werden soll. Für das MEMO-Projekt ist die Laufzeit von 11/2021 bis 10/2024 geplant.

Es sind weitere Untersuchungen erforderlich, um die Korrelationen zwischen der Gülletemperatur und den entsprechenden Emissionen zu bestimmen sowie die Effekte der Tages- und Jahrestemperaturschwankungen zu erfassen. Diese sind von den klimatischen Bedingungen am jeweiligen Standort, dem Güllemanagement, den Abmessungen und Füllgrad der Güllelager abhängig. Weitere Messungen in der Praxis und im Labor sowie Modellierungen der Daten werden zu einem tieferen Verständnis der Bildung von Emissionen führen und die Ableitung von Minderungsstrategien erleichtern (s. a. <sup>16</sup>).

Die Abweichungen der Ergebnisse der verschiedenen Messmethoden (Massenverlust, Gasbildung bei Lagerung, Gasbildung bei Inkubation der vorher gelagerten Proben und Methanerzeugungspotential) weisen zum Einen auf die Interaktion verschiedener Faktoren hin und zeigen zum Anderen mögliche methodische Schwierigkeiten einzelner Messmethoden (insb. Winterversuch). Auch, wenn die Interpretation dadurch herausfordernder ist, sollte der gewählte Ansatz, die verschiedenen Methoden parallel zu nutzen, auch zukünftig gewählt werden. Dabei sollte jedoch eine Erweiterung stattfinden, so dass jeder der Ansätze auch statistisch absicherbar untersucht werden könnte. Dies bedeutet natürlich einen Mehraufwand an Personal und Material, der auch finanziert werden müsste. Konkret sollten z. B. die Massenverluste mit ausreichend zeitaufgelösten Messpunkten erfasst werden. Neben permanent installierten Wiegeeinrichtungen, die die Wägung ohne einen Transport der Fässer zur Waage (Gefahr von gasseitigen Undichtigkeiten), müsste dazu ein ohne Gasverluste abkuppelbares und einfach gasdicht wieder zu verbindendes Gasleitungssystem installiert werden, weil die Wägung durch die Verbindung mit den fest installierten Schläuchen und Messgeräten beeinflusst würde.

### 2.1.1.4 Fazit - AP Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren im Milchviehbereich

Die Ergebnisse lassen einen differenzierten Blick nötig werden. Die experimentellen Ergebnisse der Lagerversuche im Winter waren widersprüchlich hinsichtlich Güllemengenverlusten bei gleichzeitig wenig Emissionen, während im Sommerhalbjahr sehr klar die zunehmenden Methanemissionen sowie die Verringerung des Methanertragungspotentials mit zunehmender Lagerung zutage traten. Dabei ist klar, dass das System Spaltenboden und Güllekeller je nach Ausgestaltung eine mehr oder weniger lange Lagerung der Gülle vor Einbringung in die Biogasanlage bedeutet. Entmistungssysteme, bei denen die Gülle erst nach Zwischenlagerung in die Biogasanlage eingebracht werden kann, v.a. also solche mit Spaltenboden, führen also zu geringeren Gaserträgen, damit zu höheren spezifischen Kosten, die durch die schlechteren economies of scale (oder höheren Transportbedarf bei Hinzunahme der Gülle von weiter entfernten Betrieben) noch verschärft werden. Außerdem führen solche Systeme zu geringeren Emissionseinsparungen. Konkret lassen sich die Effekte auf Basis der experimentellen Untersuchungen im Sommerhalbjahr bei 70tägiger Lagerdauer auf Methanertragungspotentialverluste von 15 % sowie auf eine Reduzierung des Emissionsminderungseffektes (ohne Berücksichtigung von NH<sub>3</sub> und N<sub>2</sub>O!) um 40 %

## 2 Ergebnisse

beziern. Da Güllekeller in den kühlen Erdboden eingebunden sind, ist klar, dass ein gewisser Kühleffekt auf die Gülle eintritt. Dieser dürfte einen geringeren Abbau und geringere Methanemissionen, v.a. bei unbeheizten Rinderställen, bewirken. Die experimentell erarbeiteten Ergebnisse in Bezug auf  $\text{CH}_4$  - Emissionen und Verringerung des Methanertragspotentials lassen sich also auf die Güllelagerung unter Spaltenböden weniger gut übertragen als auf die Lagerung in Außenbehältern. Leider gibt es nur wenige, mehrere Jahrzehnte alte Erhebungen zur Lagertemperatur in Güllekellern, die nur sehr begrenzt auf die heutigen, deutlich stärker durchlüfteten Stallhaltungssysteme übertragbar sein dürften. Für die Emissionen spielen bei der atmosphärisch offenen Lagerung unter den Spalten neben der Methanentstehung auch die Ammoniakfreisetzung und die schwimmdeckenassoziierte Lachgasbildung eine Rolle. Die Verbreitung von Spaltenböden ist also auf jeden Fall als Hemmnis für die von der Bundesregierung beabsichtigte Emissionsminderung anzusehen, auch wenn dieses aktuell nicht quantitativ bewertet werden kann.

Dass 72 % der befragten Tierhalter mit Biogasanlage Gülle aus Ställen mit Spaltenböden einsetzen, kann unterschiedliche Gründe haben. Aus technologischen Gründen ist klar, dass die Gülle unter Spaltenböden nur mit hohem technischem Aufwand ohne vorherigen Aufstau, d. h. Zwischenlagerung genutzt werden kann. Auch kann das mit Investitionen verbundene Lagervolumen unter den Spalten nur vor Einbringung in die Anlage genutzt werden. Bei den derzeit genutzten Güllemengen scheint jedoch auch im Falle von Spaltenböden die Lagerdauer vor Einbringung in die Anlage häufig eher kurz zu sein. Dies deutet auf die in größeren Betrieben häufigeren Treibmistsysteme statt Güllekeller zur Lagerung hin (vgl. Bericht ATB). Bei der Mehrheit der EEG-Anlagen mit Güllevergärung wird der Güllebonus nach EEG-2009 in Anspruch genommen. Dieser Bonus wird für die gesamte Stromerzeugung gezahlt, wenn die Mindestmenge von über 30 % der entsprechenden Wirtschaftsdünger massenbasiert eingesetzt wird. Frischmassebezogen liefert der wichtigste Wirtschaftsdünger, Rindergülle gut  $13 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t FM}$ , der wichtigste NawaRo, Maissilage  $99 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{t FM}$ . Daraus resultiert der Aspekt, dass in der Kombination 30 % Gülle, 70 % NawaRo bei solchen Anlagen ca. 81 % der Energiebereitstellung aus Biogas auf den Einsatz nachwachsender Rohstoffe zurückzuführen ist. Es wird deutlich, dass für die Geschäftsmodelle dieser Anlagen ökonomisch also die Wirkung des Güllebonus auf die Vergütung der Energieerzeugung aus NawaRo entscheidend ist, nicht die aus der Gülle realisierte Gasausbeute (und entsprechende Emissionsminderung). Für die zur Erschließung zusätzlicher Güllemengen nötigen Konzepte sind jedoch die Emissionsminderung durch Güllevergärung sowie die realisierten Gasausbeuten entscheidend. Zur Nutzbarkeit der Gülle der 74 % der Tierhalter ohne Biogasanlage (s.u.) lassen sich zunächst unter konservativer Herangehensweise nur die geringeren Gasausbeuten gelagerter Gülle ansetzen.

Vor dem Hintergrund der Ziele der Bundesregierung, die Emissionen aus Wirtschaftsdüngerlagerung um 70 % zu reduzieren, muss also die gesamte Kette inklusive der Stall- und Entmistungstechnik betrachtet werden. Wenn im Zuge der Tierwohlinitiative in den nächsten Jahren erhebliche Umbauanstrengungen im Bereich der Tierhaltung realisiert werden, müssen die Ziele der Emissionsminderung der direkten und indirekten Klimagase ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) also stets mitberücksichtigt werden. Notwendige Mitberücksichtigung dieser Anforderungen ist auch im Interesse einer höheren Investitionssicherheit der LW Betriebe. Die weite Spreizung der Baukosten in jeder Anlagengröße lässt eine tiefergehende Analyse angeraten erscheinen, um Gründe für höhere oder niedrigere spezifische Baukosten herauszuarbeiten. Für die Erschließung von Gülle ist dies von hoher Bedeutung, weil gerade bei Güllevergärungsanlagen im kleineren Leistungsbereich (also ohne wesentliche Transportkosten für die Gülle) die Baukosten für den weit überwiegenden Teil der Gesamtkosten verantwortlich sind. Bei steigendem Zinsniveau wird sich

## 2 Ergebnisse

dieser Effekt noch verschärfen. Es ist dabei auch zu berücksichtigen, inwiefern geschickte Kombinationen von Stall und Biogastechnik zur Realisierung von Kosteneinsparungen genutzt werden.

### 2.1.2 Best-Case-Anlagenkonzepte

Bei einer Kombination einer Milchvieh-Stallanlage und einer nachgeschalteten Biogasanlage zur Konversion von Gülle zu Biogas können durch die geschickte Nutzung von vorhandener Stallanlagentechnik (bei Schieberentmistung Abwurfschacht, Rohrperipherie, Güllelager und Pumpentechnik) für verschiedene Anwendungen mit gleicher Anforderung, Synergien und Einsparungen bei der Anlagentechnik der BGA erzielt werden. Konkret ist dabei die Förderung von Gülle mit geringem Feststoffanteil zum einen sowie zum anderen von vergärbaren Abwässern aus dem Stall, dem Melkstand oder der Melkanlage zur Einspeisung als Substrat in die BGA zu verstehen. Außerdem kann mit Hilfe betrieblicher bzw. organisatorischer Maßnahmen resp. angepasster Arbeitsabläufe eine Verwertung von vergärbaren Abwasserfraktionen erzielt werden. Damit kann einerseits der Entsorgungsaufwand der Abwässer reduziert und andererseits die Methanbildung durch die zusätzliche organische Fraktion gesteigert werden. Nicht zuletzt kann, wie im Kapitel „Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren im Milchviehbereich und Emissionen der Güllelagerung“ dargestellt, der Ertrag im Sinne der spezifischen Gasausbeute und damit gleichzeitig die economies of scale durch geschickte Kombination von Stalltechnik mit Biogaserzeugung optimiert werden.

Bei der Gülletechnik mit Spaltenboden kommen diese Synergieeffekte kaum zum Tragen, da aufgrund der erforderlichen baulichen und anlagentechnischen Ausführung eine doppelte Nutzung nicht möglich und der Neubau von Gärrestlager, Pumpenschacht mit Pumpe und Rohrleitungen nötig ist. Gleichzeitig sind die Methan- (und Ammoniak- sowie Lachgas-) Emissionen durch die Güllelagerung vor Einbringung in die Anlage erhöht. Im Vergleich dazu bietet die Schieberentmistung mit direktem Abpumpen der Gülle aus dem Abwurfschacht (also quasi ohne Zwischenlagerung) ein hohes Maß an Potenzial zur Verringerung der THG-Emissionen sowie der energetischen Verluste des Substrates. Unter Berücksichtigung dieser Punkte erfolgte die Zusammenstellung von Kriterien zur Auswahl der Best-Case-Anlagen, die ein optimiertes Konzept beim Betrieb von Stall- und Biogasanlage hinsichtlich der Emissionsminderung verfolgen.

Im Folgenden sind beispielhaft Kriterien dargestellt.

- Stallbetrieb/Entmistungsverfahren: Schnelle Übergabe des Wirtschaftsdüngers in die BGA, kurze Verweilzeiten im Stall; Planbefestigte Böden mit (mehrmals) täglichem Abschieben; Spaltenbodenverfahren mit längerer Zwischenverweilzeit in den Güllekanälen sind suboptimal; Wegen des Temperatureinflusses auf die Klimagasemissionen aus Wirtschaftsdünger, insbesondere auf die Methanentstehung, kann der Effekt nicht endgültig quantifiziert werden; Dazu sind zusätzlich groß angelegte Untersuchungen zum realen Temperaturverlauf und Füllständen verschiedener Praxis-Güllelagerungen über mehrere Jahre notwendig.
- Biogas-Anlagentechnik: Güllebetonte Biogasanlagen auf Tierhaltungsbetrieben müssen kostengünstig, robust und mit wenig Aufwand zu bedienen sein; Kostengünstig bedeutet u. a. niedrige spezifische Investitionen auch bei niedrigen Bemessungsleistungen, da die kapitalbezogenen Kosten bei der Wirtschaftsdüngervergärung den Großteil der Gesamtkosten verursachen. Eine Anlage zur Vergärung von Wirtschaftsdünger muss auf einem Milchviehbetrieb mit typischerweise hoher Arbeitsauslastung einfach mit wenig Arbeitsaufwand zu betreiben sein;

## 2 Ergebnisse

- Nutzung von Synergieeffekten, wirtschaftliche Optimierung: Die Nutzung von Wirtschaftsdünger zur Biogaserzeugung ist in Verbindung mit den üblichen Tierhaltungsgrößen in Deutschland eine wirtschaftliche Herausforderung. Eine Betriebsorganisation ist anzustreben, die in Verbindung mit der eingesetzten Technik möglichst viele Synergieeffekte nutzt, um (i) Investitionen im Rahmen zu halten, ohne den technischen Standard zu senken (ii) den Betriebsaufwand gering zu halten, ohne die Anlagenzuverlässigkeit zu schmälern und (iii) die „economies of scale“ zu erhöhen, ohne durch Energiepflanzeneinsatz eine Konkurrenz zur Tierhaltung zu entwickeln bzw. zusätzliche Substratkosten zu verursachen. Das kann z. B. bedeuten,
  - dass (i) bestimmte Bauteile doppelt genutzt (z. B. Gülleabwurfschacht des Stalles = Vorgrube, ausreichend dimensioniertes gasdichtes Gärrestlager als Güllelager, Einsparungen durch geschickte Leitungsführung, gemeinsame Trafonutzung auch zur Stromversorgung des großen Betriebes, ggf., um zusätzliche PV Anlagen auf Betriebsgebäuden zu integrieren, Brechung der Bedarfsspitzen (Melken) durch passende BHKW-Laufzeiten;
  - Geringer Betriebsaufwand (ii) kann ermöglicht werden durch gute und v. a. kompakte Anordnung der zu bedienenden und zu kontrollierenden Anlagenteile an den Arbeitswegen, die auch im Rahmen der Stallarbeiten mindestens zweimal täglich anfallen. Soll Fremdgülle mitverarbeitet werden, sind die damit verbundenen seuchenhygienischen Aspekte zu berücksichtigen;
  - Synergieeffekte (iii), die sich auf die economies of scale und gleichzeitig positiv auf Leistung, Gesundheit der Herde und Tierwohlaspekte auswirken können, sind großzügige Einstreu, möglichst mit gehäckseltem Stroh, Strohpellets oder vergleichbaren, vergärbaren Einstreumaterialien, großzügiges Abräumen von Futterresten sowie von Rand- und Deckschichten der Silage und Nachnutzung in der BGA ebenso wie die Verwertung nasser Herbstgrassilagen in der BGA anstelle der Verfütterung solcher Substrate. Es ist zu vermuten, dass dadurch die Grundfutteraufnahme positiv beeinflusst wird, was wiederum einer wiederkäuergerechten Ernährung und der Herdengesundheit zu Gute kommt. Dies dürfte auch für die Jungviehaufzucht gelten. Biogasseitig können durch diese Stoffströme die möglichen Anlagengrößen erhöht und dadurch die spezifischen Kosten gesenkt werden. Auch die Nutzungsmöglichkeit des betriebseigenen Festmistes aus Abkalbeboxen und Kälberaufzucht verbessert die Skaleneffekte.
  - Konzepte, die die Mitvergärung des Wirtschaftsdüngers von Nachbarbetrieben auf einfache und kostengünstige Art ermöglichen, ohne dass z. B. fremde Fahrzeuge und Personen aus anderen Tierhaltungen den Bereich der betrieblichen Tierhaltung befahren oder betreten, sollen besonders berücksichtigt werden.

Ein gutes Tierwohlniveau der Best-Case-Standorte sollte ebenfalls beachtet werden. Neben den o. g. Aspekten können die Remontierungs- und die Verlustrate diesbezüglich Hinweise geben.

## 2 Ergebnisse

Im Rahmen der jährlichen DBFZ Betreiberbefragung (Biogasanlagen VOV) (vgl. Anhang A 1) wurden projektspezifische Fragestellungen aufgenommen. Die Befragung erfolgt jährlich als schriftliche Befragung mittels teilstandardisiertem Fragebogen (vgl. Abbildung 47, Abbildung 49). Für die Auswertung werden dabei die Betreiberbefragungen 2019 und 2020 (Bezugsjahre 2018 und 2019) berücksichtigt. Hierbei liegen für das Bezugsjahr 2018 insgesamt 483 Rückmeldungen vor, für das Jahr 2019 sind es 630 Rückmeldungen (vgl. Tabelle 12, ergänzend Anhang A 1 Abbildung 46, Tabelle 18, Tabelle 19, Tabelle 20)).

Tabelle 12: Versand und Rücklauf DBFZ Betreiberbefragung 2019 und 2020

	Versand Fragebögen [Anzahl]	Rücklauf [Anzahl]
Befragung 2019 (Bezugsjahr 2018)	6.883	483
Befragung 2020 (Bezugsjahr 2019)	6.369	630

In Hinblick auf die Darstellung von Best-Case-Anlagen wurden die Anlagenbetreiber gebeten, ihre Biogasanlage hinsichtlich Gülle-Management und Abläufen zur Emissionsreduktion zu bewerten. Im Ergebnis der Befragung schätzen die Betreiber den eigenen Anlagenbetrieb bezüglich Gülle-Management und Emissionsreduktion mehrheitlich als vorbildlich ein (vgl. Abbildung 27). Rund 4 – 6 % der Betreiber geben an, dass die Anlage als nicht vorbildlich zu bewerten ist.

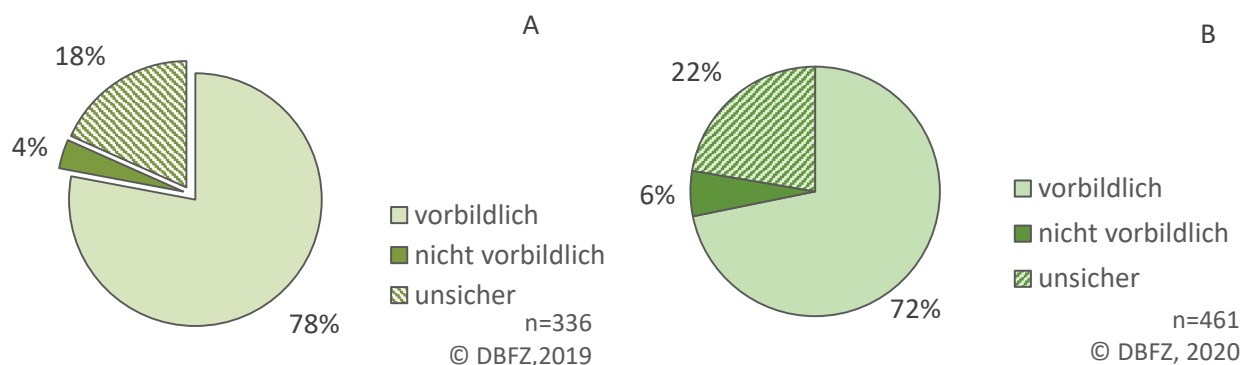


Abbildung 27: Bewertung der Biogasanlagen hinsichtlich Gülle-Management und Abläufen zur Emissionsminderung; Datenbasis: A: DBFZ Betreiberbefragung 2019, Bezugsjahr 2018, B: DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

Eine Aufschlüsselung der Einschätzung zur Vorbildlichkeit der Anlagen in Abhängigkeit von der Gärrestlagerabdeckung am Anlagenstandort zeigt, dass sowohl Anlagen mit gasdicht abgedeckten Gärrestlagern als auch Anlagen mit offenen Gärrestlagern das Gülle-Management und die Abläufe zur Emissionsminderung als vorbildlich bewerten (vgl. Abbildung 28). Die meisten Anlagenbetreiber mit geschlossenen (nicht gasdichten) Gärrestlagern nennen ihr Gülle-Management vorbildlich, aber deutlich mehr als in anderen Gruppen sind sie auch unsicher es zu bewerten.

## 2 Ergebnisse

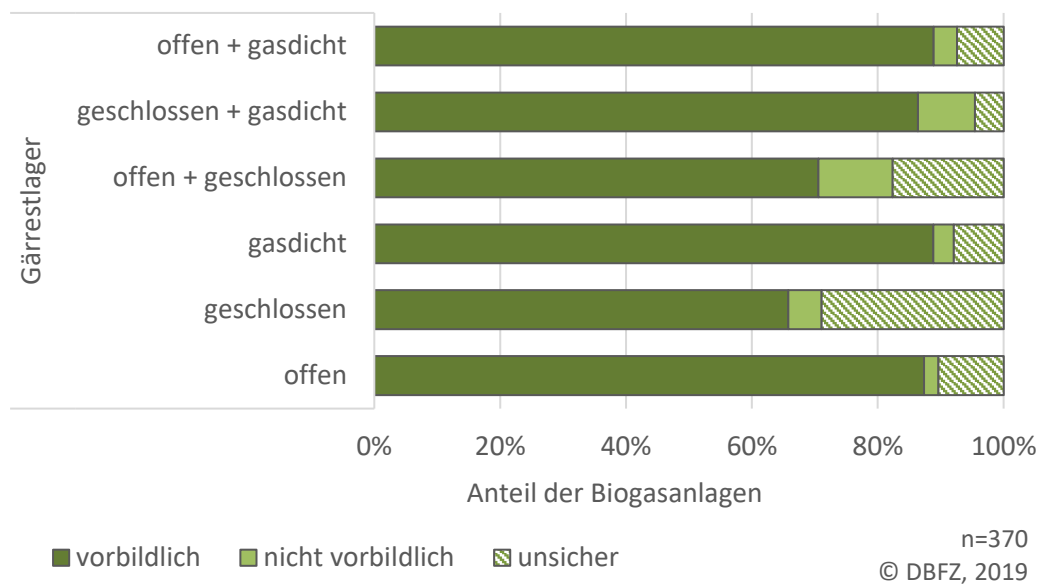


Abbildung 28: Bewertung der Biogasanlagen hinsichtlich Gülle- und Emissionsmanagement in Abhängigkeit von der Gärrestlagerabdeckung; Datenbasis: DBFZ Betreiberbefragung 2019, Bezugsjahr 2018

In der Praxis realisierte Best-Case Konzepte als sinnvolles Zusammenspiel von Stallhaltungs- bzw. Entmistungsverfahren und Biogastechnologie wurden recherchiert.

Auf Basis des erstellten Kriterienkataloges fand eine engere Auswahl der Best-Case-Anlagen im 3. und 4. Quartal 2020 verstärkt in Mitteldeutschland statt, um entsprechende Daten mit Fokus auf Stallbetrieb, Entmistungsverfahren, Tierwohlaspekte sowie angekoppelte Biogasanlagentechnik zu eruiieren. Dafür wurden Telefoninterviews und Vorortbesichtigungen der Stallanlagen und Biogasanlagen (BGA) mit den Landwirtschaftsbetrieben und Betreibern durchgeführt.

Als bisherige Best-Case-Anlagen sind Stallkonzepte in Verbindung mit Biogasanlagen von Landwirtschaftsbetrieben in den Bundesländern Sachsen und Thüringen ausgewählt worden. Die ausgewählten Anlagen sind güllebetonte Biogasanlagen mit einem Wirtschaftsdüngereinsatz von über 70 Masse-%. Insbesondere wurde der Frage nachgegangen, in wie weit die Verknüpfung von Tierhaltung und Biogasverwertung der Wirtschaftsdünger im Laufe des Anlagenbetriebes durch den Betreiber angepasst und optimiert wurde. Z. B. in Bezug auf schnellere Übergabe des Wirtschaftsdüngers in die BGA, kurze Verweilzeiten im Stall; Planbefestigte Böden mit – wenn möglich – mehrmals täglichem Abschieben. Weiterhin sind Aspekte des Arbeitsaufwandes und der kostengünstigen Betriebsorganisation in Betracht gezogen worden. Eine Zusammenfassung besichtigter Best-Case-Anlagen ist im Anhang A 3 aufgeführt.

## 2 Ergebnisse

Im Bereich der Vergärungstechnik bietet ein erstmalig in Hamminkeln als Gemeinschaftsanlage zweier Milchviehbetriebe realisiertes Konzept gute Aussichten auf weitere Kostensenkungen. In Kooperation des münsterländischen Entwicklers Wilhelm Gantefort mit dem niederländischen Unternehmen Wopereis wurde eine Anlage auf reiner Güllebasis mit 99 kW installierter Leistung realisiert, bei der folgende Innovationen besonders aussichtsreich sind:

- Ein Hochlastfermenter ist verfahrenstechnisch einfach in ein groß dimensioniertes Gärgüllelager integriert, der Gesamtbehälter gasdicht abgedeckt, der Hochlastfermenter übernimmt dabei die Funktion der Mittelstütze; Diese Innovation dürfte in Verbindung mit weiteren Lerneffekten gewisse Kostensenkungen auch für kleinere Gülleanlagen ermöglichen
- Noch wichtiger ist die zweite Innovation: Es wurde in den Behälter innenliegend quasi ein Behälter/Sack auf Geomembranbasis eingehängt, ein eingeschlaufener Edelstahlring unten dient der Formhaltung. Auf diese Weise entsteht quasi ein Behälter im Behälter, so dass die Leckerkennungsdrainage zwischen Betonbodenplatte und Geomembran realisiert und behördlicherseits anerkannt wurde. Dies eröffnet die Möglichkeit zur Umrüstung von Bestandsbehältern auf die heutigen Genehmigungsstandards. Soweit keine statischen Gründe dagegensprechen, wird damit auch die gasdichte Umrüstung von Bestandsbehältern möglich. Die Kosten der Anlage entsprechen einer üblichen Güllevergärungsanlage in dieser Größenordnung. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der technologische Ansatz in Verbindung mit Lerneffekten (z. B. werkseitige Vorkonfektionierung der Geomembranen an Stelle des Schweißens und der Sicherheitsprüfung vor Ort) dringend notwendige Kostensenkungspotentiale erschließt.



### 2.1.3 Hemmnisse und Optimierungspotenziale

In Deutschland bleiben weiterhin erhebliche Potenziale an landwirtschaftlichen Nebenprodukten ungenutzt. Dabei sind vor allem große Mengen an Gülle und Festmist, die zur Energiegewinnung in Biogasanlagen eingesetzt werden könnten, weiterhin verfügbar, siehe Abbildung 29.

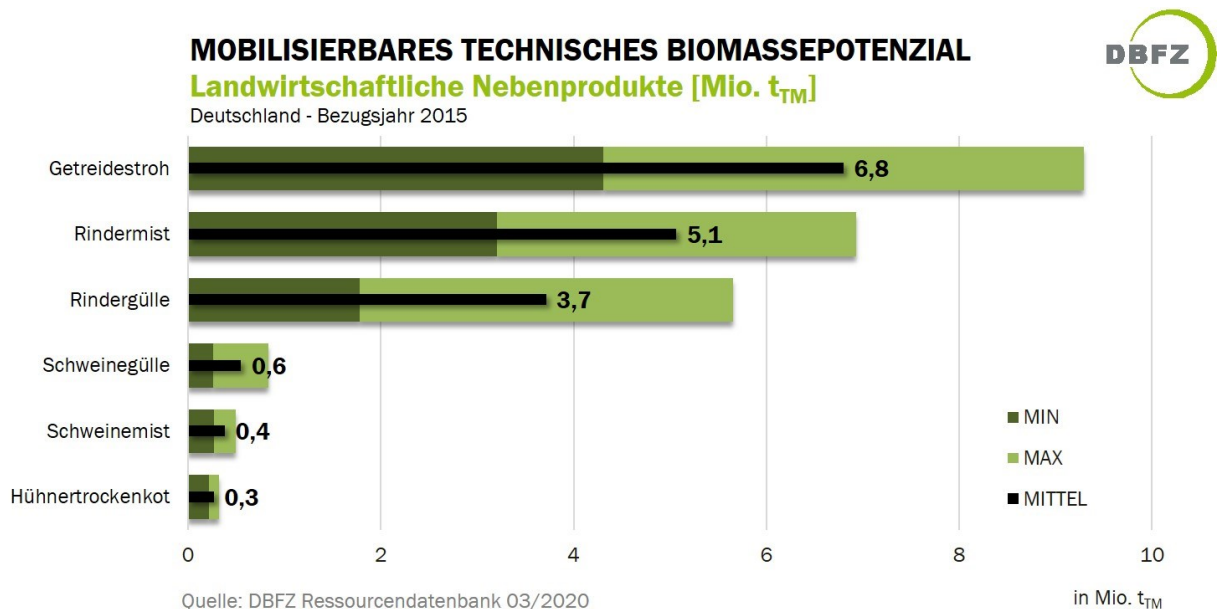


Abbildung 29: Mobilisierbares technisches Biomassepotenzial (Brosowski & Krause, DBFZ)

Hinsichtlich der Ermittlung und Analyse von Hemmnissen für die energetische Nutzung von Gülle- und Reststoffmengen erfolgten Befragungen unterschiedlicher Akteure:

- Befragung von Biogasanlagenbetreibern zu ungenutzten Substraten und Hemmnissen bei der Verwertung für die Biogaserzeugung → integriert in die jährliche DBFZ Betreiberbefragung (Anhang 0, A 1.1 in 2019 (Bezugsjahr 2018), A 1.2 in 2020 (Bezugsjahr 2019))
- Befragung von Tierhaltern ohne Biogasanlage zu Betriebskenngrößen, Hemmnissen für eine Verwertung von Gülle und Mist in Biogasanlagen und möglichen Optimierungsansätzen für eine zukünftige Verwertung in Biogasanlagen → Tierhalterbefragung (Anhang A 2, in 2019)
- Befragung von Behörden zu Stallsystemen, genutzten Güllemengen und Einschätzungen zu Hemmnissen für eine Verwertung in Biogasanlagen → Behördenbefragung (Anhang A 4, in 2021)

Im Rahmen der jährlichen DBFZ-Betreiberbefragung sind sowohl Fragen zu Best-Case-Anlagenkonzepten (vgl. Kapitel 2.1.2) als auch Fragen zu Hemmnissen und ungenutzten Gülle- und Reststoffmengen (auch im Umkreis der Biogasanlage) auf dem Fragebogen integriert worden. Hierbei wurden die Verfügbarkeit weiterer, für die Biogaserzeugung bisher ungenutzter Substrate sowie Gründe, eigene oder im Umkreis verfügbare Substrate nicht für Biogas zu nutzen, erhoben.

Weiterhin wurden über eine gesonderte Befragung von Tierhaltern ohne Biogasanlage umfänglich die Fragestellungen zu ungenutzten Potenzialen, Hemmnissen und Optimierungsmöglichkeiten erfasst.

## 2 Ergebnisse

### 2.1.3.1 Durchführung Befragungen

Die **Biogasanlagen-Betreiberbefragung** DBFZ erfolgt jährlich als schriftliche Befragung mittels teilstandardisiertem Fragebogen (Anhang A 1, Abbildung 47, Abbildung 49). Insgesamt stehen für die Auswertung 483 (Bezugsjahr 2019) bzw. 630 (Bezugsjahr 2020) Rückmeldungen der Anlagenbetreiber zur Verfügung (vgl. Tabelle 18 und Tabelle 19). Ergebnisse dieser Befragungen werden nachfolgend mit „Betreiberbefragung“ gekennzeichnet.

Die **Befragung der Tierhalter** (ohne eigene Biogasanlage) erfolgte im Sommer 2019 als Onlinebefragung mittels teilstandardisiertem Fragebogen (vgl. Anhang A 2, Abbildung 51). Die Befragung wurde über Onlineausgaben diverser Agrarfachmagazine (Elite, TopAgrar, BauernZeitung) und Newsletter des DBFZ bei Landwirten beworben und diese zur Teilnahme aufgefordert. Die Teilnahme an der Befragung erfolgte über einen Onlinefragebogen. Für die Auswertung stehen insgesamt 147 Rückmeldungen von Tierhaltern zur Verfügung (vgl. Anhang A 2, Tabelle 21).

### 2.1.3.2 Status Quo – Biogasnutzung in Deutschland

Die überwiegende Mehrheit der Biogasanlagen in Deutschland wird auf Basis tierischer Exkreme wie Gülle und Festmist sowie nachwachsender Rohstoffe betrieben. Derartige landwirtschaftliche Biogasanlagen machen rund 96 % des Anlagenbestandes – bezogen auf die Anlagen mit Vor-Ort-Verstromung – aus. Insgesamt sind Ende 2019 rund 8.480 landwirtschaftliche Biogasanlagen in Betrieb (Ende 2020 rund 8.540 Biogasanlagen). Im Jahr 2019 nahmen tierische Exkreme (Gülle, Festmist) und nachwachsende Rohstoffe etwa 96 % der Substratinputströme in deutschen Biogasanlagen ein (.

Abbildung 30 zeigt die Verteilung der eingesetzten Substratmengen in den landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Bezogen auf die eingesetzten Substratmengen liegt der Anteil tierischer Exkreme wie Gülle und Festmist bei rund 51 %. Nachwachsende Rohstoffe machen rund 49 % der Einsatzmengen zur Biogasproduktion in landwirtschaftlichen Biogasanlagen aus. Daneben werden in geringen Anteilen organische Reststoffe zur Biogasproduktion eingesetzt. Hinsichtlich der bereitgestellten Energiemengen verschiebt sich die Verteilung des Gesamtsubstrateinsatzes aufgrund höherer Gasausbeuten deutlich hin zu nachwachsenden Rohstoffen (Abbildung 30). Etwa 81 % der Energiebereitstellung aus Biogas ist dabei auf den Einsatz nachwachsender Rohstoffe zurückzuführen.

## 2 Ergebnisse

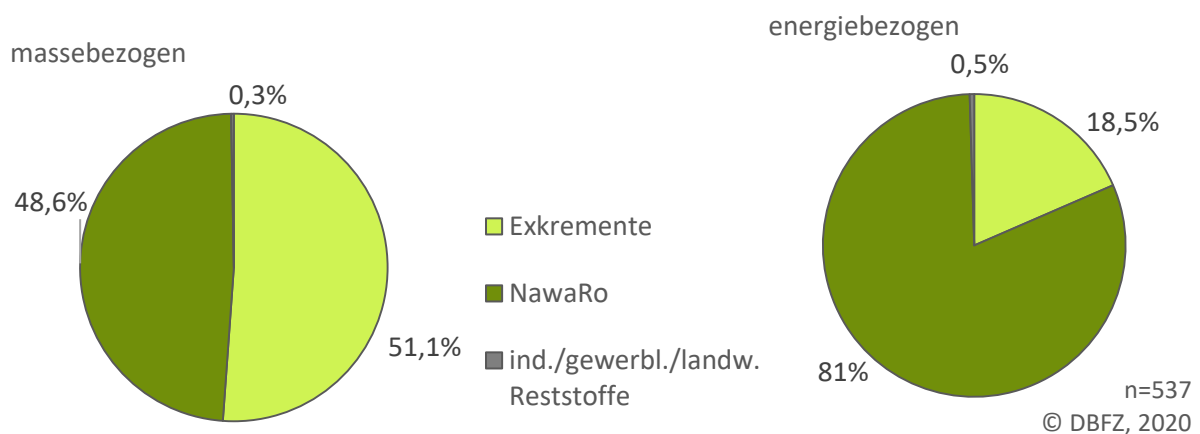


Abbildung 30: Verteilung Substrateinsatz in landwirtschaftlichen Biogasanlagen 2019, masse- und energiebezogen; DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

Eine Differenzierung der zur Biogasproduktion eingesetzten tierischen Exkrememente zeigt, dass Rindergülle die dominierende Inputgröße darstellt. Rund 66 % der eingesetzten Mengen tierischer Exkrememente sind Rindergülle. Daneben finden vor allem Schweinegülle und Rinderfestmist Eingang in die Biogasproduktion. Demgegenüber zeigt die Verteilung der Inputstoffe hinsichtlich ihrer erzeugten Energiemenge eine deutlich größere Bedeutung von Rinderfestmist, Geflügelmist und Hühnertrockenkot (HTK) als für die massebezogene Verteilung (vgl. Abbildung 31).

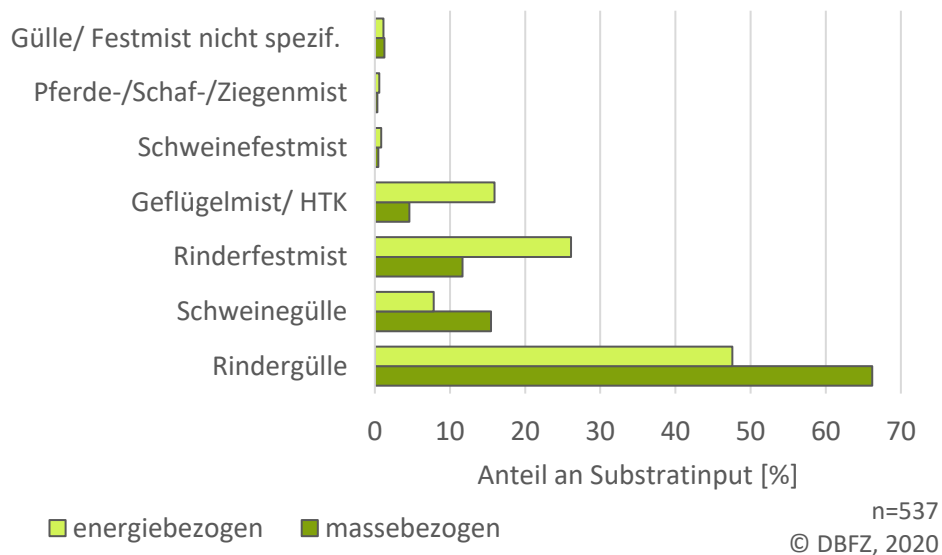


Abbildung 31: Verteilung des Substratinputs tierischer Exkrememente zur Biogaserzeugung, masse- und energiebezogen, DBFZ Betreiberbefragung 2020, Bezugsjahr 2019

## 2 Ergebnisse

### 2.1.3.3 Hemmnisse und Optimierungspotenziale aus Sicht von Tierhaltern (ohne Biogasanlage)

Nachfolgend werden die Ergebnisse der DBFZ Tierhalterbefragung 2019 hinsichtlich bestehender Hemmnisse und notwendiger Anpassungen zur Steigerung der energetischen Nutzung von Gülle und Mist dargestellt.

#### Hemmnisse für eine energetische Nutzung von Gülle und Mist

Die Teilnehmer der Befragung geben mehrheitlich an, dass sie den viehhaltenden Betrieb im Vollerwerb betreiben. Rund 11 % der teilnehmenden Tierhalter gibt an, dass die Tierhaltung im Nebenerwerb betrieben wird. In Hinblick auf die Art des landwirtschaftlichen Betriebes liegen vor allem Rückmeldung von konventionellen Landwirtschaftsbetrieben vor (etwa 95 %). Hinsichtlich der Betriebsausrichtung der Befragungsteilnehmer dominieren Betriebe mit Rinderhaltung (ausschließlich oder zusätzlich zu anderer Viehhaltung), da sie aufgrund des Fokus‘ des Projekts über die entsprechenden Online-Journals angesprochen wurden. 71 % der Teilnehmer geben an, dass sie Rinder halten (vgl. Abbildung 32). 56 % der Viehhalter der Befragung haben dabei ausschließlich Rinder im Viehbestand (n=81). Daneben geben rund 31 % der Betriebe an, dass sie Schweine halten, 12 davon ausschließlich. Betriebe mit Geflügel, Pferden, Schafen oder Ziegen im Viehbestand machen nur einen geringen Teil der Rückläufe aus.

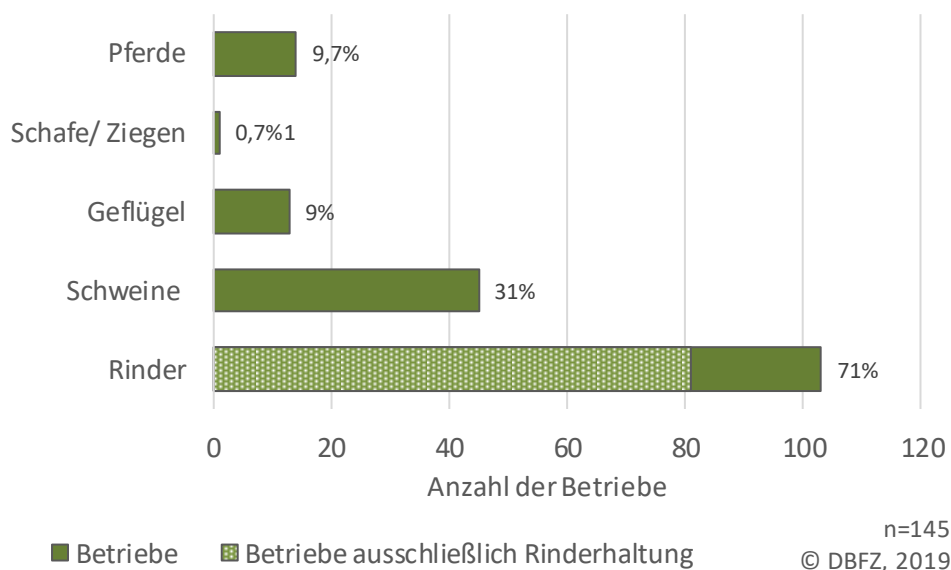


Abbildung 32: Rücklauf Tierhalterbefragung differenziert nach Viehbestand; Mehrfachnennung möglich; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019

Im Rahmen der Tierhalterbefragung gaben rund 21 % der Tierhalter ohne eigene Biogasanlage an, dass die verfügbaren Mengen an Gülle und Mist gegenwärtig bereits anteilig oder vollständig an eine externe Biogasanlage abgegeben werden. Mehrheitlich gaben die Befragten jedoch an, Gülle und Mist aktuell nicht für die Biogaserzeugung einzusetzen bzw. abzugeben (vgl. Abbildung 33). Im Mittel werden rund 50 % der Gesamtmengen am Standort an externe Biogasanlagen weitergegeben. Die Hälfte der Befragten gibt dabei an, dass mehr als 35 % der Gesamtmenge an Gülle/ Mist an eine externe BGA abgegeben wird.

## 2 Ergebnisse

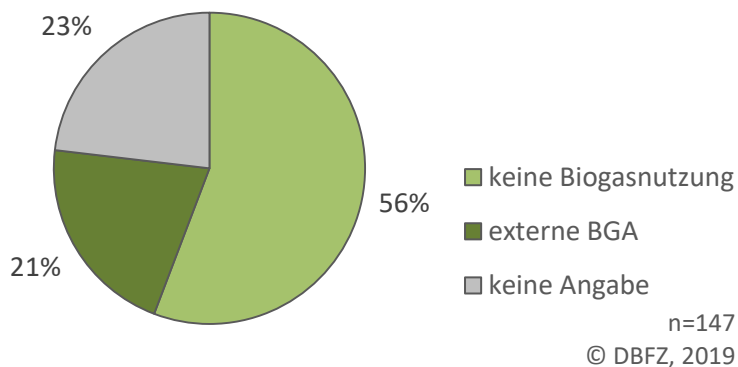


Abbildung 33: Gegenwärtige Nutzung von Gülle und Mist in externen Biogasanlagen; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019

In Hinblick auf die energetische Verwertung der verfügbaren Mengen an Gülle und Mist in Biogasanlagen wurden die Tierhalter befragt, ob der Bau einer Biogasanlage bislang schon einmal in Betracht gezogen wurde. Rund 73 % der Befragten gaben dabei an, dass sie dies bereits in Betracht gezogen hätten. Hierbei haben sich die Tierhalter jedoch mehrheitlich gegen den Bau einer eigenen Biogasanlage entschieden. Etwa 22 % der Befragten gaben an, dass sie bislang nicht über den Bau einer eigenen Biogasanlage nachgedacht haben.

Die Tierhalter haben vordergründig wirtschaftliche und rechtliche Aspekte als wesentliche Hemmnisse für eine Biogasnutzung benannt. Rund 96 % der Befragten gaben wirtschaftliche Gründe gegen eine Nutzung von Gülle und Mist in einer Biogasanlage an. Rechtliche Aspekte wurden daneben von ebenso rund 94 % der Tierhalter als Hemmnis für eine energetische Nutzung angegeben. Eine differenzierte Darstellung der Gründe gegen eine (vollständige) Nutzung von Gülle/ Mist in einer Biogasanlage ist in Abbildung 34 zu finden.

## 2 Ergebnisse

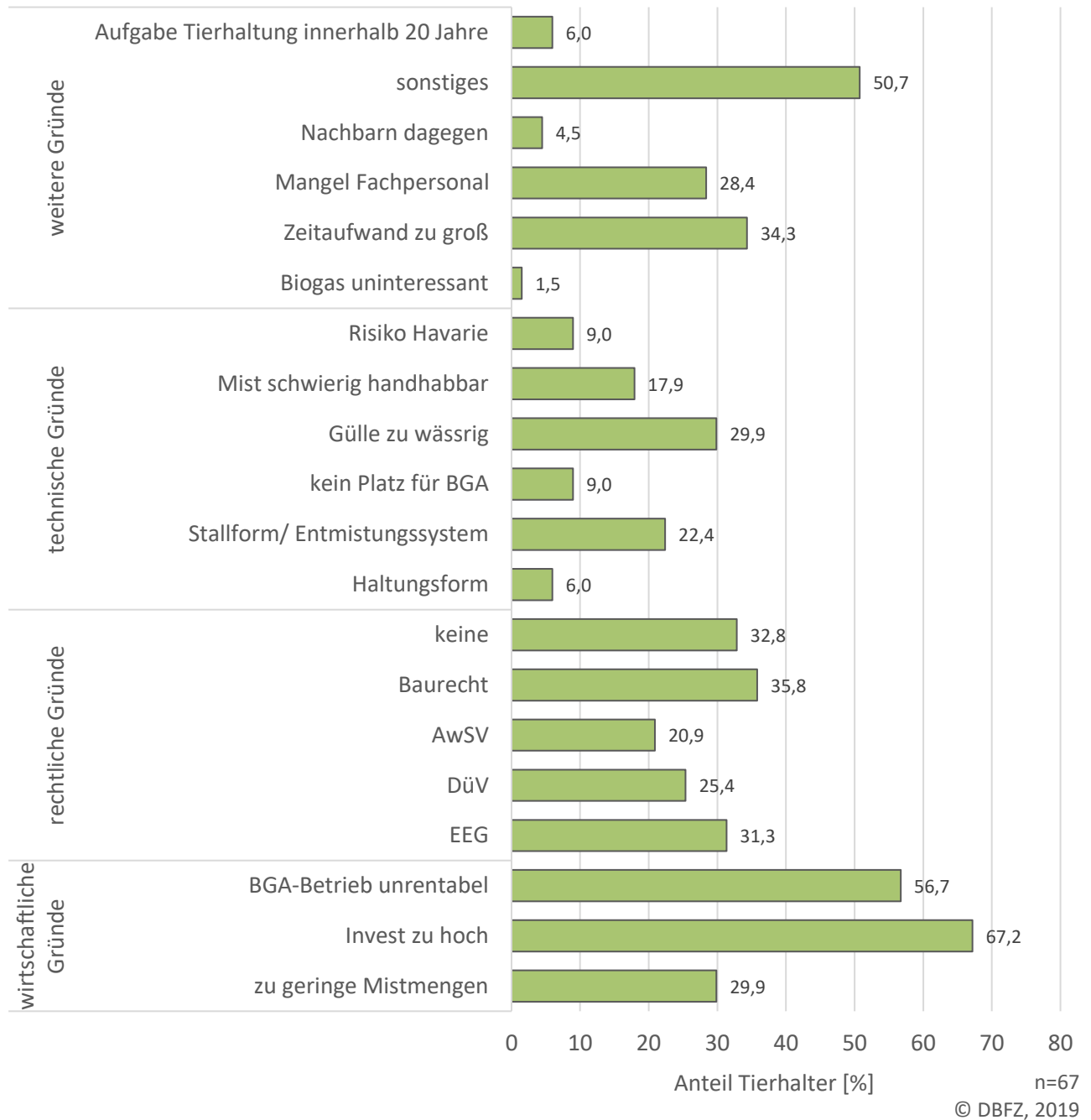


Abbildung 34: Hemmnisse Gülle und Mist in Biogasanlagen einzusetzen aus Sicht viehhaltender Betriebe ohne Biogasanlagen; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019

Deutlich wird, dass mehrheitlich wirtschaftliche Gründe benannt werden. Wesentliches Hemmnis für eine Biogasnutzung stellen dabei die hohen Investitionskosten für eine Biogasanlage dar. Rund 74 % der Befragten gaben dies als Hemmnis für eine Biogasnutzung an. Daneben werden vor allem ein unrentabler Anlagenbetrieb, baurechtliche Vorgaben, hoher Zeitaufwand und sonstige Gründe benannt. Technische Aspekte stellen deutlich weniger Hemmnisse für eine Biogasnutzung dar.

## 2 Ergebnisse

### Notwendige Anpassungen zur Steigerung der energetischen Nutzung von Gülle und Mist

Etwa 1/3 der befragten Tierhalter gab an, dass keine Änderungen der Rahmenbedingungen notwendig seien, da kein Interesse an Biogas besteht bzw. eine sinnvolle Nutzung von Gülle und Mist nicht möglich ist (vgl. Abbildung 35). Nahezu die Hälfte der Befragungsteilnehmer gibt an, dass eine Nutzung der verfügbaren Substrate in einer externen Biogasanlage über eine Kooperation denkbar ist. Ebenso käme für rund 1/3 der Tierhalter eine Gemeinschafts-Biogasanlage in Frage.

Gründe, warum eine sinnvolle Nutzung der Substrate unmöglich ist, sind unterschiedlich. Mehrheitlich werden hierbei zwei Gründe benannt. Zum einen ist vielfach eine wirtschaftliche Nutzung der verfügbaren Güllemengen (inkl. Mist) nicht möglich, zum anderen ist der Energiegehalt der verfügbaren Substrate zu gering bzw. die verfügbaren Substratmengen sind für eine rentable Nutzung nicht ausreichend. Daneben wird angegeben, dass keine sinnvolle Güllenutzung für Biogas erfolgen kann, weil die Transporte zu aufwendig sind, keine Finanzierungsmöglichkeiten bestehen, der Standort ungeeignet ist bzw. die verfügbaren Substrate nicht an eine externe Biogasanlage abgegeben werden können.

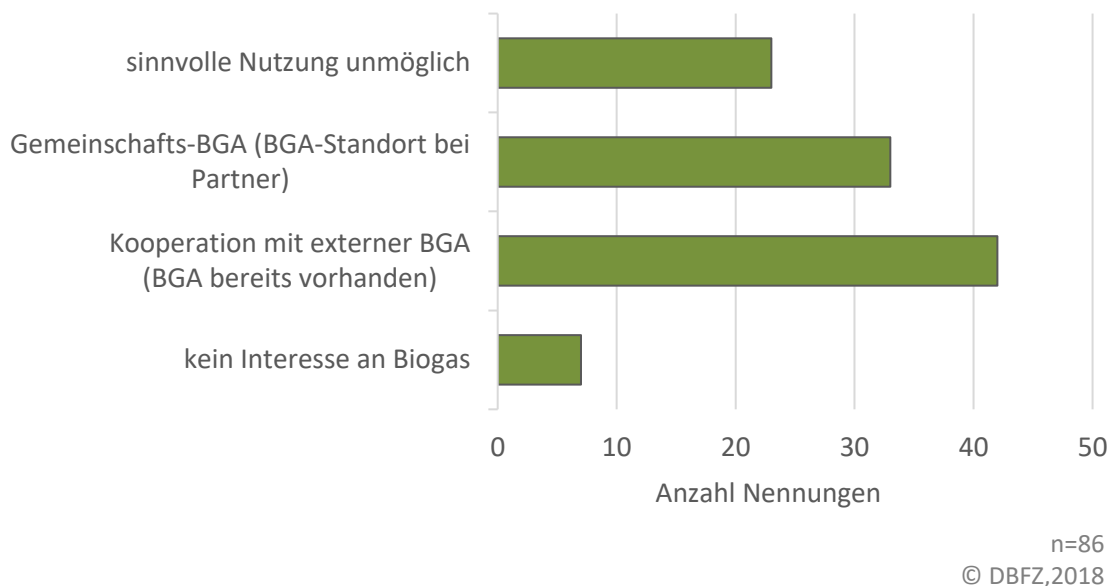


Abbildung 35: Möglichkeiten verfügbare Substrate für die Biogaserzeugung zu nutzen; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019

Der Bau und Betrieb einer eigenen Biogasanlage (Neubau) kommt nach Angaben der Befragten nur bei Änderung unterschiedlicher wirtschaftlicher Aspekte in Frage, wenn:

- Investitionskosten für Biogasanlagen sinken
- eine rentable Stromverwertung möglich ist
- Anpassungen des EEG vorgenommen werden und
- ein geringeres finanzielles Risiko bei Bau und Betrieb der Biogasanlage besteht.

## 2 Ergebnisse

In Abbildung 36 sind notwendige Maßnahmen bzw. Verbesserungen um eine stärkere/vollständige energetische Nutzung von Gülle und Mist zu erreichen, dargestellt. Neben wirtschaftlichen Aspekten sind vor allem Anpassungen des EEG, welches in den vergangenen Jahren vorrangig den Bau und Betrieb von Biogasanlagen gefördert hat, benannt.

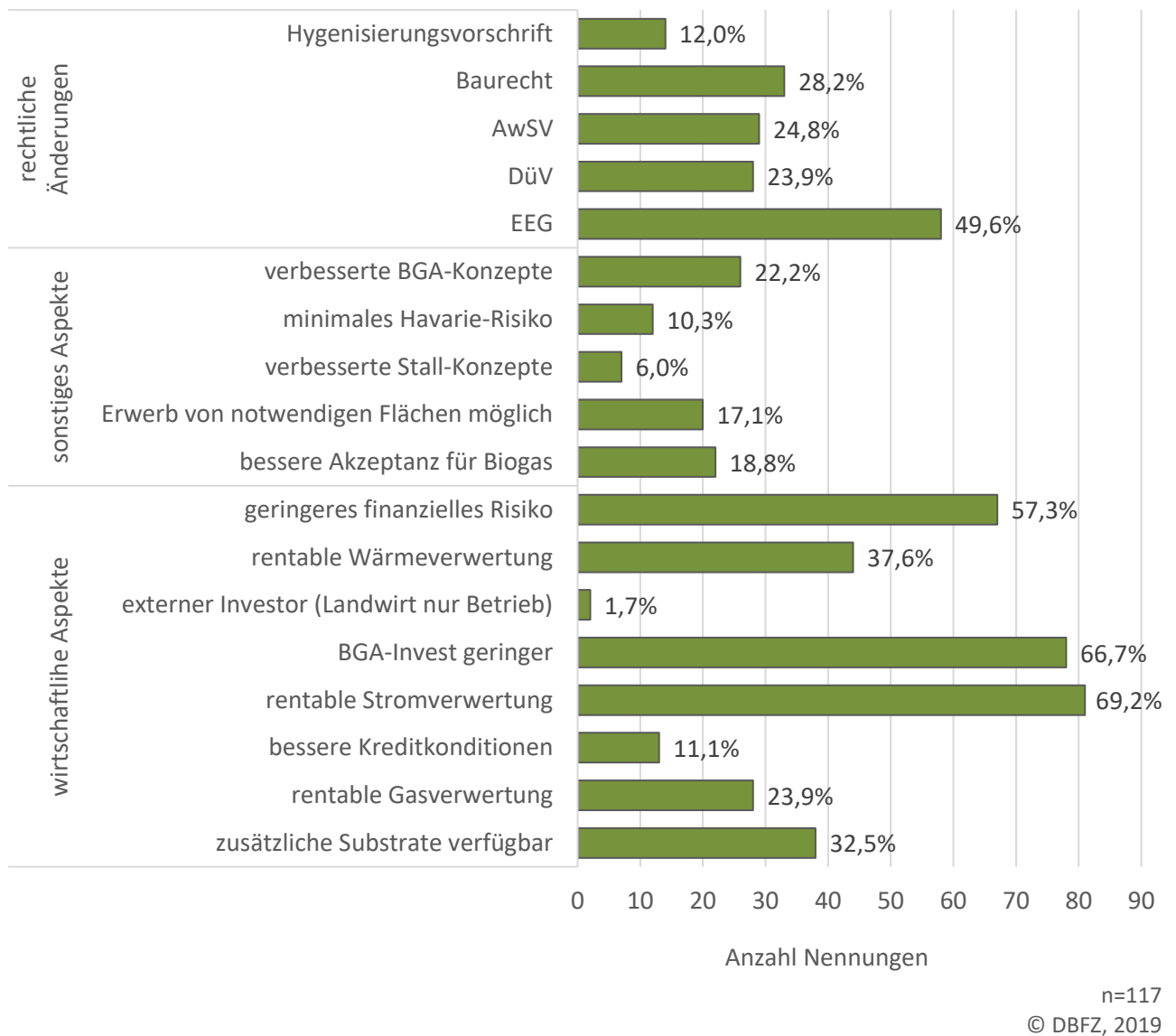


Abbildung 36: Bedeutung von Maßnahmen und Anpassungen zur Verbesserung der energetischen Nutzung von Gülle und Mist in einer Biogasanlagen; Datenbasis: Tierhalterbefragung DBFZ 2019



## 2 Ergebnisse

### 2.1.3.4 Hemmnisse und Optimierungspotenziale aus Sicht von Biogasanlagenbetreibern

Nachfolgend werden die Ergebnisse der DBFZ Betreiberbefragungen 2019 und 2020 dargestellt.

#### Ungenutzte Potenziale

In Deutschland bleiben weiterhin große verfügbare Potenziale an Gülle/Mist sogar in der Nähe von bestehenden Biogasanlagen energetisch ungenutzt. Dies betrifft insbesondere Rindergülle und -festmist. Abbildung 37 zeigt die im Rahmen der Betreiberbefragung aufgeführten verfügbaren Substrate. Rund 61 % der Betreiber gaben an, dass Rindergülle am Standort (inkl. Umkreis 5 km) zusätzlich für die Biogaserzeugung verfügbar ist. Daneben wurden vor allem Rinderfestmist und Mais als verfügbare Substrate benannt.

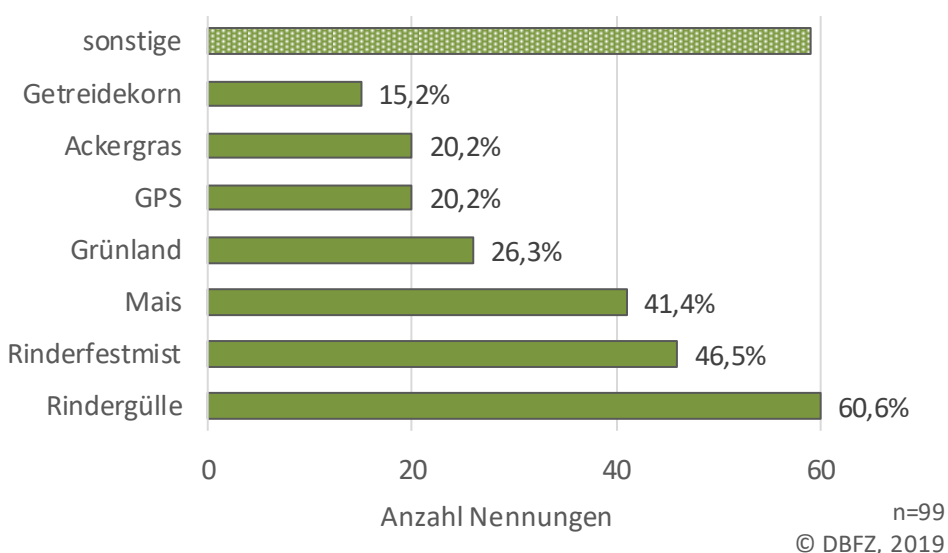


Abbildung 37: Anzahl und Anteil der Rückmeldungen hinsichtlich verfügbarer, aktuell ungenutzter Substrate, Mehrfachnennung möglich; Datenbasis DBFZ Betreiberbefragung 2019

In Hinblick auf die verfügbaren Mengen, die für die Biogasproduktion bislang ungenutzt bleiben – sofern dies von den Betreibern angegeben wurde – sind Unterschiede zwischen den einzelnen Substraten zu verzeichnen. Für Rinder- und Schweinegülle werden vergleichsweise hohe Potenziale an den Einzelstandorten benannt. Nach Angaben der Betreiber liegen die jeweils verfügbaren Mengen an Rindergülle im Mittel bei rund 5.600 t pro Jahr und Standort mit bislang ungenutzten Güllemengen. Das entspricht etwa 40 kW äquiv.el., die im Mittel an bestehenden Anlagenstandorten zusätzlich erzeugt werden könnten. Die durchschnittliche installierte Leistung der Biogasanlagen in Deutschland liegt bei rund 650 kW<sub>el</sub> (inkl. Leistung für Flexibilisierung). Sofern die Substrate verfügbar sind, liegen die für Schweinegülle verfügbaren Mengen mit rund 8.650 t pro Jahr und Standort noch deutlich höher. Insgesamt werden für tierische Exkrememente (Gülle/ Mist) größere verfügbare Mengen angegeben als für nachwachsende Rohstoffe.

### Hemmnisse und notwendige Anpassungen

Mehrheitlich benennen die Biogasanlagenbetreiber rechtliche und/oder ökonomische Gründe als Hemmnisse weitere verfügbare Substrate zur Biogasproduktion einzusetzen. Etwa 46 % der Betreiber gaben an, dass rechtliche Regelungen bzw. Vorgaben den Einsatz eigener oder im Umkreis verfügbarer Substrate zur Biogaserzeugung erschweren bzw. nicht möglich machen. Zudem gaben rund 42 % der Betreiber an, aus ökonomischen Gründen verfügbare Substrate nicht zur Biogaserzeugung zu nutzen. Abbildung 38 zeigt die Rückmeldungen der Befragung. Unter „sonstige“ wird mehrheitlich angegeben, dass die Eigenproduktion für den Betrieb der Biogasanlagen ausreicht und kein Bedarf besteht, zusätzliche Substrate in der Anlage zu vergären. Weiterhin werden die nach EEG festgeschriebene Höchstbemessungsleistung, weiterhin fehlende Akzeptanz, Futterbedarf, begrenztes Fermentervolumen oder mangelnde Qualität der verfügbaren Substrate als sonstige Gründe genannt.

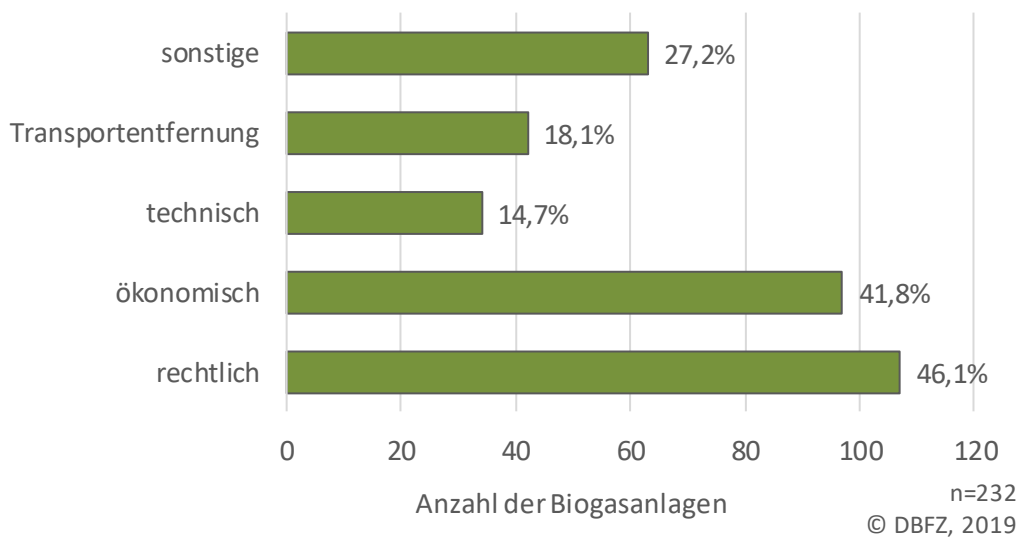


Abbildung 38: Gründe verfügbare Substrate für die Biogaserzeugung nicht zu nutzen, Anzahl der Nennungen und Anteil der Biogasanlagen; Mehrfachnennung möglich; Datenbasis: DBFZ-Betreiberbefragung 2019

In Hinblick auf die installierte Leistung der Anlagen zeigt sich, dass für Anlagen im kleinen Leistungsbereich ( $\leq 150 \text{ kW}_{el}$ ) häufig rechtliche Gründe als Ursache, dass Substrate ungenutzt bleiben, benannt werden (vgl. Abbildung 39). Im Leistungsbereich von  $151\text{-}300 \text{ kW}_{el}$  werden häufiger als in anderen Leistungsklassen ökonomische Gründe für eine unvollständige Nutzung der verfügbaren Substrate angegeben. Im mittleren bis großen Leistungsbereich ist die Verteilung der benannten Hemmnisse ähnlich.

## 2 Ergebnisse

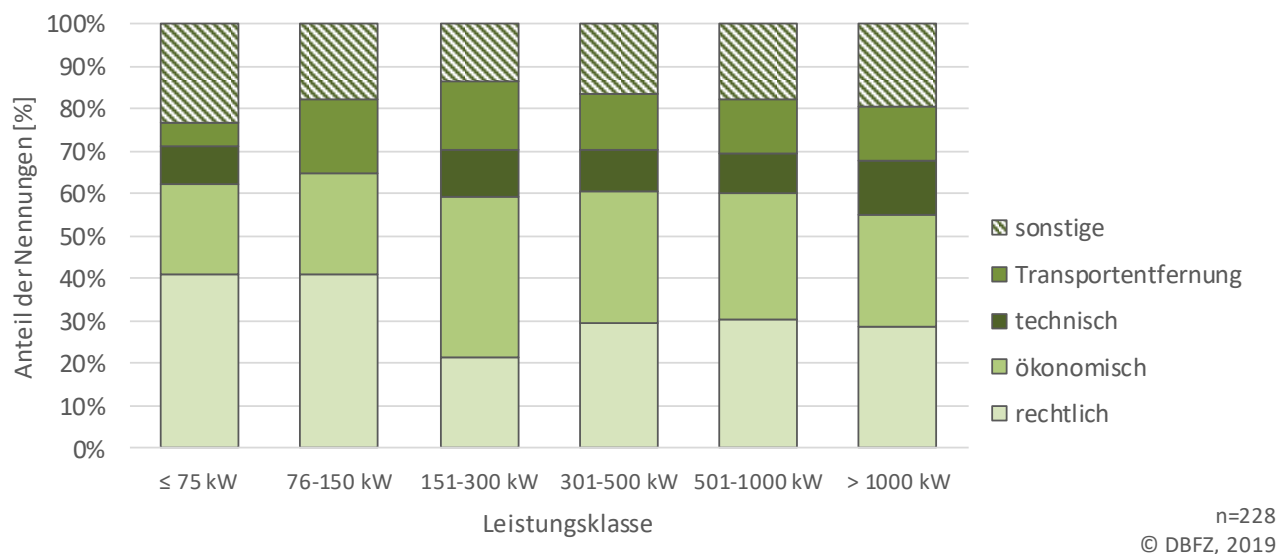


Abbildung 39: Gründe für eine unvollständige Nutzung verfügbarer Substrate zur Biogaserzeugung; Verteilung der Nennungen bezogen auf die Anlagengröße; Datenbasis DBFZ Betreiberbefragung 2019

Hinsichtlich des Substratinput wird deutlich, dass Anlagen mit  $\geq 80\%$  Gülle/Festmist am Substratinput vorrangig rechtliche Gründe als Hemmnisse für einen zusätzlichen Substratinput benennen. Da es sich bei diesen Anlagen vielfach um Güllekleinanlagen gem. EEG (§ 27b EEG 2012, § 46 EEG 2014, § 44 EEG 2017) handelt, ist für diese Anlagen die Obergrenze der installierten Leistung fest definiert. Diese liegt für Güllekleinanlagen, die bis Dezember 2018 in Betrieb gegangen sind bei  $75 \text{ kW}_{el}$  installierter Leistung. Für Güllekleinanlagen, die danach in Betrieb gingen, ist mit dem Energiesammelgesetz im Dezember 2018 die Obergrenze auf eine installierte Leistung von  $150 \text{ kW}_{el}$  (bei einer Bemessungsleistung von  $75 \text{ kW}_{el}$ ) angehoben worden. Diese Schwellenwerte stellen für zahlreiche Anlagenbetreiber eine wesentliche Hürde für den weiteren Einsatz verfügbarer Substrate, insbesondere Gülle und Festmist, dar. Ökonomische Gründe werden etwas weniger häufig von Anlagen mit 31-50 % Gülleanteil am Substratinput benannt. Die Transportentfernung stellt für Anlagen mit hohem Gülleinsatz kaum ein Hemmnis für den zusätzlichen Einsatz von Substraten dar. Dies deutet darauf hin, dass die Substrate oftmals direkt am Standort vorhanden sind und hier vor allem rechtliche Vorgaben und ökonomische Gründe die Nutzung der Potenziale behindern.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass insbesondere der Abbau rechtlicher und ökonomischer Hemmnisse notwendig ist, um die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe, insbesondere Gülle und Festmist auszubauen. Die umfasst beispielsweise:

- Verlässlichkeit der Förderinstrumente für die Planung, den Bau und Betrieb von Biogasanlagen/ Planungssicherheit
- Anhebung der im EEG festgelegten Bemessungsleistung für Güllekleinanlagen ( $75 \text{ kW}$ ) und eine spezifisch höhere Vergütung für die Vergärung landwirtschaftlicher Reststoffe
- Abbau rechtlicher Hürden zur Erweiterung der Substratinputströme für landwirtschaftliche Reststoffe in bestehenden und neuen (Gemeinschafts-) Biogasanlagen (u.a. Veterinärrecht, Baurecht)

## 2 Ergebnisse

### 2.1.3.5 Ergebnisse einer Kurzabfrage bei Länderministerien

Im Frühjahr 2021 wurde eine Kurzabfrage bei Landesbehörden und Länderministerien vorgenommen. Ziel war es, Einschätzungen zur energetischen Nutzung von Gülle/ Mist in Abhängigkeit von den Betriebsgrößen, verbreitete Entmistungstechniken sowie Hemmnisse und notwendige Maßnahmen für einen weiteren Ausbau der Biogaserzeugung basierend auf Gülle/ Mist zu erheben. Hierbei sollten übergreifende Einschätzungen aus Sicht von Behörden erfasst werden (Fragebogen vgl. Anhang A 4, Abbildung 54).

Für die Auswertung liegen lediglich 2 Rückläufe vor. Die Durchführung der Befragung und vorliegenden Rückläufe zeigen, dass vielfach kaum gemeinsame Informationen zu Stallhaltungssystemen/ Tierhaltung und Biogasnutzung vorliegen. Die Ergebnisse können daher lediglich als Hinweise interpretiert werden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die energetische Nutzung von Gülle und Mist vordergründig in sehr großen und großen Viehbetrieben erfolgt. In kleinen und mittelgroßen Betrieben (< 200 Rinder) wird die anfallende Gülle selten zur Biogasproduktion eingesetzt. Dies bestätigt bisherige Ergebnisse zur Güllenutzung für Biogas (Majer et al. 2019<sup>17</sup>). In Hinblick auf die Hemmnisse für die Nutzung von Gülle und Mist zur Biogaserzeugung werden vor allem rechtliche Hemmnisse als sehr relevant eingeschätzt. Hierbei werden EEG, AwSV sowie baurechtliche Vorgaben als besonders wesentlich eingeschätzt. Dies bestätigt die vorab dargestellten Ergebnisse aus der Tierhalterbefragung und Biogasanlagenbetreiberbefragung.

Das Nichtzustandekommen von Kooperation mit anderen Landwirten in Hinblick auf einen Gemeinschaftsbetrieb einer Biogasanlage, Anlieferung an eine bestehende Biogasanlage wird vordergründig mit dem Logistikaufwand sowie wirtschaftlichen und rechtlichen Gründen erklärt. Hierbei sind kaum Unterschiede nach Betriebsgrößen festzustellen. Die Hemmnisse werden für alle Betriebe gleichermaßen bewertet. Als Ergebnisse zu Maßnahmen, welche den Einsatz von Gülle und Mist zur Biogasproduktion steigern könnten, lassen sich Folgende zusammenfassen:

- ökonomische Anreize (geringeres finanzielles Risiko bei Bau und Betrieb der Biogasanlage),
- rechtliche Anpassungen, insbesondere des EEG (Höhe der Vergütung, Leistungsbeschränkungen),
- Planungssicherheit und
- Verbesserung der Akzeptanz von Biogas.

---

<sup>17</sup> Majer, S.; Kornatz, P.; Daniel-Gromke, J.; Rensberg, N.; Brosowski, A.; Oehmichen, K.; Liebetrau, J. (2019): Stand und Perspektiven der Biogaserzeugung aus Gülle. ISBN: 978-3-946629-48-1. Leipzig

### 2.1.4 Technische Konzepte

Das Angebot an Biogasanlagen für die Gülleverwertung zeigt eine erhebliche Breite an unterschiedlichen technischen Lösungen. Diese reichen von für den Standort maßgeschneiderten Konzepten unter weitest gehender Nutzung vorhandener Einrichtungen (z.B. Güllelager und -pumpen aus vorhandenen Tierhaltungsanlagen, Altgebäude zum Einbau von BHKW oder die Einbindung des BGA-Baus in ein Stallneubaukonzept) bis zu verschiedenen Spezialkonzepten, deren wesentliche Teile komplett im Werk vorgefertigt werden. Im Hinblick auf die Güllekleinanlagenklasse des EEG (seit EEG 2012) wurden teilweise bereits vorher vorhandene Konzepte für NawaRo-Anlagen speziell für diese Anlagenklasse optimiert und vor allem unter Kostengesichtspunkten vereinfacht. Verwiesen sei diesbezüglich unter anderem auf die Broschüre „Gülle-Kleinanlagen“ der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2015), welche sich mit Anlagen zur Biogaserzeugung mit einer maximal installierten Leistung von 75 Kilowatt befasst<sup>18</sup>. Dort sind umfangreich technische Konzepte zur Güllevergärung dargestellt.

#### 2.1.4.1 Pflichtenhefte und Entscheidungsmatrix

Hauptziel der Wirtschaftsdüngervergärung ist die notwendige Minimierung der Emissionen aus der Lagerung flüssiger und fester Wirtschaftsdünger. Um eine wirtschaftlich umsetzbare Wirtschaftsdüngervergärung zu ermöglichen, müssen technische Konzepte zur Güllevergärung eine Reihe von Anforderungen erfüllen. Dazu gehören weitgehende Emissionsminderung, hohe technische Zuverlässigkeit, Sicherheit und Robustheit bei einfachem Betrieb mit wenig Aufwand. Dabei müssen sie die Mitvergärung der anfallenden festen Wirtschaftsdünger ermöglichen. In das allgemeine Pflichtenheft gehören insbesondere

- niedrige spezifische Investitionsbedarfe und Betriebskosten auch bei relativ kleinen Anlagen; Wirtschaftsdünger sind grundsätzlich kostenfrei anfallende Substrate. Dennoch ist die Energieerzeugung auf Basis von Gülle typischerweise teurer als die Vergärung von NawaRos, bei denen Substratkosten anfallen. Grund sind der vergleichsweise dezentrale Anfall und die geringe Transportwürdigkeit in Verbindung mit den typischen Herdengrößen. Wenn man davon ausgeht, dass die überwiegende Anzahl der Milchviehbetriebe das weibliche Jungvieh weitgehend selbst aufzieht und das Erstkalbealter bei gut 2 Jahren liegt (vereinfacht kann man dann einer Milchkuh incl. des zugehörigen Jungviehs 2 GV zuordnen), stehen 16 % des Milchviehs in Bestandesgrößen unter 100 GV, jeweils gut 25 % in Bestandesgrößen von 100 - 200 GV und zwischen 200 und 400 GV, 18 % im Bereich 400 – 1000 GV und 12 % in Beständen über 1000 GV<sup>19</sup>. Setzt man eine Bemessungsleistung von 15 kW/100 GV<sup>18</sup>, bedeutet dies, dass ca. 2/3 des Milchviehs in Bestandesgrößen stehen, die auf Basis der anfallenden Gülle maximal 60 kW Bemessungsleistung ermöglichen. Bei anderen Viehhaltungen, insbesondere bei der Fleischrinderhaltung sind die einzelbetrieblichen GV-Bestände noch kleiner, die economies of scale also noch ungünstiger. Die aktuellen Rahmenbedingungen (EEG 2021) zur Güllevergärung erlauben bei den derzeitigen Kosten der Güllevergärung wegen der Deckelung nach oben und der Unwirtschaftlichkeit im unteren Bereich nur eine Wirtschaftlichkeit im Bereich von ca. 70 bis 100

<sup>18</sup> [http://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Broschuere\\_Guellekleinanlagen\\_Web.pdf](http://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Broschuere_Guellekleinanlagen_Web.pdf)

<sup>19</sup> [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410215314.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410215314.pdf?__blob=publicationFile)

## 2 Ergebnisse

kW installierter Leistung. Ohne kostenintensive und die Wirtschaftlichkeit verschlechternde Gülletransporte werden mit den aktuellen Rahmenbedingungen für neue Güllevergärungsanlagen also weniger als 18 % der in Deutschland anfallenden Gülle adressiert. Beim Gülleanfall aus anderen Bereichen, insb. Fleischrinder und Mastschweine dürften die eoc noch deutlich ungünstiger sein, im Bereich der Sauenhaltung ist ein besonders starker Rückgang der Betriebe zu erwarten<sup>20</sup>. Die Ziele des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung, nach dem 70 % der Wirtschaftsdünger vergoren werden sollen, ist damit unerreichbar, selbst, wenn es gelänge, die derzeitige Nutzung von ca. 30 % des Wirtschaftsdüngers in Bestandsanlagen zu sichern, was unter den derzeitigen Rahmenbedingungen als eher unwahrscheinlich anzusehen ist. Um die Stoffströme trotz der ungünstigen economies of scale verwerten zu können, ist neben verbesserten Rahmenbedingungen also eine Senkung der spezifische Investitionsbedarfe und Betriebskosten auch bei relativ kleinen Anlagen nötig. Der wichtigste Kostenblock bei Güllevergärungsanlagen sind investitionsassoziierte Kosten (Abschreibungen, Zinsen sowie Wartung und Reparatur, die nach üblicher Methodik (VDI 2067) prozentual in Bezug auf die Investition angesetzt werden. Weitere wesentliche Kostenblöcke sind der Eigenstrombedarf und der Personalaufwand. Wegen der geringen Transportwürdigkeit von Gülle ergeben sich die vergleichsweise kleinen Anlagengrößen aus der insbesondere in Westdeutschland und Europa typischen Tierhaltungsstruktur.

- Eine einfache Betreibbarkeit mit wenig Arbeitsaufwand ergibt sich aus der ohnehin hohen Arbeitsbelastung auf Tierhaltungsbetrieben. Hinzu kommt, dass die Wertschöpfung aus der Vergärung von Wirtschaftsdünger, die bei typischerweise kleinen Anlagengrößen entsprechend der geringen Transportwürdigkeit zwar wichtige Beiträge zur Entlohnung betrieblicher Arbeitskräfte (AK) liefert, jedoch nicht den Einsatz darauf spezialisierter AK erlaubt
- Die Möglichkeit zur Mitvergärung fester betrieblich anfallender Stoffströme. Es ist wichtig, feste Wirtschaftsdünger im möglichst weitgefassten Sinn alle betrieblich anfallenden festen Reststoffströme mitzuvergären. Das sind insb. Stallmist, Futterreste, Deck- und Randschichten der Silage sowie Futter-Fehlchargen (z.B. nasse Herbstgrassilagen oder Ausmähgut von Weiden, das v.a. bei üppigem Anfall abgeräumt werden sollte, um Lachgasemissionen, Narbenschäden sowie Parasiten- und Unkrautdruck zu vermindern). Mit der Mit-Vergärung dieser Stoffströme werden verschiedene positive Effekte erreicht. Zu nennen sind insb. die zusätzliche Emissionsminderung (CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O), zusätzliches Methanzeugungspotential, eine Erhöhung der Energiedichte im Fermenter, eine Verbesserung der Wärmebilanz der Anlage, ggf. Wärmeerlöse auch/gerade im Winterhalbjahr sowie die Erhöhung der economies of scale, die in Verbindung mit der geringen Transportwürdigkeit der Gülle ein zentrales Hemmnis der Güllevergärung darstellen. Die THG bildenden Prozesse sind bei festen Wirtschaftsdüngern etwas komplexer und im Vergleich zu Gülle kaum von der äußeren Temperatur im Zeitraum der Lagerung, dafür von weiteren Faktoren abhängig, u.a. dem C/N-Verhältnis, dem TS-Gehalt und der Art der Lagerung. Soweit das Material nicht sehr trocken ist (ab 86 % TS lagerstabil) und aufgrund eines sehr hohen Strohanteils ein sehr weites CN-Verhältnis hat, sind folgende Prozesse bei festen Wirtschaftsdüngern wesentlich. Nach dem Abladen/umlagern erfolgt eine schnelle Erwärmung durch mikrobiologische Prozesse. Dabei wird der Sauerstoff im Inneren des Haufwerks verbraucht. Aufgrund des Abbaus sackt der Haufen und verdichtet sich. Auch bei niedrigen Außentemperaturen kommt es also im Inneren des Haufwerks zu ausreichenden Temperaturen für die Methanbildung, die durch die sich einstellenden anaeroben Bedingungen

---

<sup>20</sup> <https://www.schweine.net/news/isn-umfrage-zur-zukunft-der-schweinehaltung-ueberf.html>

## 2 Ergebnisse

nach Verbrauch des Sauerstoffs und Sackens des Haufwerks gefördert wird. Im mehr oder weniger oberflächennahen Bereich kommt es bei engem bis moderatem C/N-Verhältnis zu Nitrifizierungs- und Dentrifizierungsprozessen, die mit Lachgasbildung ( $\text{N}_2\text{O}$ ) und -emissionen einhergehen. Bei engem C/N-Verhältnis wird N mineralisiert und wird dann mit dem äußeren Luftstrom und dem sich bildenden Wärmestrom des Haufwerkes emittiert.

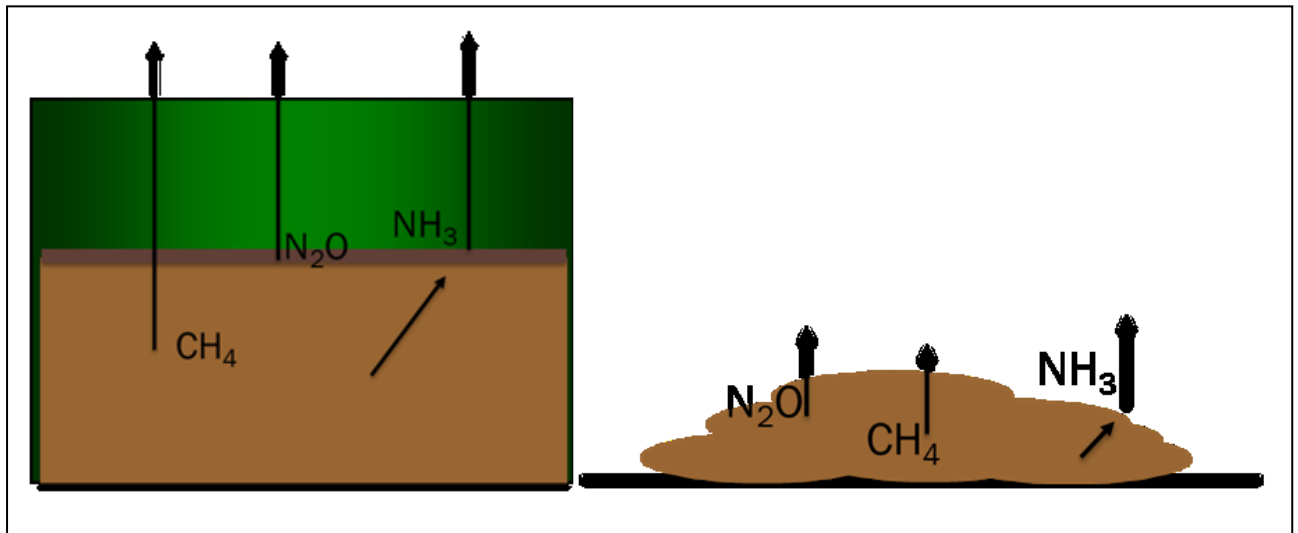


Abbildung 40: Emissionen aus flüssigen und festen Wirtschaftsdüngern

Vor dem Hintergrund des Hauptziels der Emissionsverminderung (zusätzlich Erzeugung erneuerbarer Energie, Verbesserung der Nährstoffeffizienz, Wertschöpfung für den ländlichen Raum und Wertschöpfungsdiversifizierung für die Betriebe der Lebensmittel-Urproduktion, Verbesserung der Hygieneketten etc.) müssen die Effekte entlang der gesamten Kette betrachtet werden.

### 2.1.4.2 Stallbau

Aufgrund der bereits im Kapitel „Stallhaltungs- und Entmistungsverfahren im Milchviehbereich und Emissionen der Güllelagerung“ und in „Pflichtenhefte und Entscheidungsmatrix“ dargestellten Aspekte, stellt gerade die Güllevergärung hohe Anforderungen an die Nutzung von Synergieeffekten, um tragfähige Lösungen zu ermöglichen. Diskutiert werden aktuell besonders überbetriebliche Lösungen bis hin zu zentralen Gülleraffinerien in viehdichten Regionen. Bei diesen zentralisierten Konzepten werden die Wirtschaftsdüngermengen, die die einzelbetrieblich verwertbaren Nährstoffmengen übersteigen, gegen Gebühr angenommen, vergoren und die entstehenden Gärreste zu marktfähigen Produkten (Dünger, Kultursubstrat etc.) aufbereitet oder thermisch „verwertet“. Ein zentrales Hindernis zur Erreichung der Klimaschutzziele sind die Zusatzkosten für die Tierhaltungsbetriebe für Transport und häufig Abgabegebühr der Gülle. Diese Kosten bewirken nämlich, dass nur die entsprechend der Nährstoffbilanz überschüssigen Güllemengen in den Anlagen verwertet werden, aus logistisch/organisatorischen Gründen ggf. erst nach längerer Vorlagerung. Das bedeutet, dass der überwiegende Teil der Gülle, der im Rahmen der betrieblichen Nährstoffbilanzen verwertet werden kann, unvergoren verbleibt, wobei die eoc

## 2 Ergebnisse

zur Vergärung dieser Gülle verschlechtert werden. Soweit nicht, z.B. im Rahmen von Gemeinschaftsanlage die komplette Gülle/Wirtschaftsdünger der abgebenden Betriebe verwertet wird, sind solche Anlagen unter Klimaschutzgesichtspunkten also kontraproduktiv. Unabhängig von der Bewertung solcher Konzepte sind für die logistisch ungünstig gelegenen Standorte, z.B. in Mittelgebirgsregionen, auch dezentrale technische Konzepte (Kombination Stall und Vergärung) nötig, bei denen eine tragfähige Güllevergärung als wichtige Klimaschutzmaßnahme Kernelement ist. Die zentralen Anforderungen, die sich aus dem Klimaschutzplan und der insbesondere in (West-)Deutschland und -europa typischen Tierhaltungsstruktur mit Herdengrößen im Milchviehbereich meist unter 200 Tieren im Zusammenspiel mit steigenden Tierwohlanforderungen ergeben, sind nur durch synergistische Lösungen entlang der Prozesskette voll zu erfüllen. Nur dann sind Effekte in dem Maße zu erwarten, die längerfristig tragfähige Umsetzungsmöglichkeiten erhoffen lassen. Eine Weiterentwicklung und Kombination werden empfohlen.

Um die Gülle schnell und kostengünstig in die Biogasanlage (BGA) einbringen zu können, sollte der Stall eine Schieberentmischung aufweisen. Insb. in Verbindung mit Techniken zur Kot-Harn Trennung<sup>21</sup> können dann auch N-Emissionen und Verluste im Stall minimiert werden. Der Abwurfschacht und die darin befindliche Pumpe können zur Kostensenkung gleichzeitig die Fütterung in die BGA übernehmen. Als Ansatz zur Weiterentwicklung ist die Verwertung der Futterreste in dem entwickelten Konzept mit der Nutzung der Gülle verbunden.

---

<sup>21</sup> siehe „Stallhaltungs- und Entmischungsverfahren – Einflussfaktoren im Milchviehbereich auf die Wirtschaftsdüngervergärung“ sowie <http://de.bioret-agri.com/de/delta-x-pack> ; <https://hanskamp.nl/de/cowtoilet>



### 2.1.5 Wirtschaftsdünger- und N-Problematik in China

Im Laufe der dt.- chin. Zusammenarbeit, insbesondere bei der Zusammenarbeit mit dem landwirtschaftlichen Beratungszentrum der Provinz Anhui (staatliche Einrichtung, vergleichbar mit den Landwirtschaftskammern oder Landwirtschaftsämtern in den verschiedenen deutschen Bundesländern) hat sich herausgestellt, dass in China die Nährstoffbilanzierung landwirtschaftlicher Flächen unüblich ist. Demzufolge ist der regionale Nährstoffbedarf und entsprechend die Transportentfernungen, um Gärprodukte als Dünger effizient und umweltverträglich anzuwenden, unbekannt. Daraus ergibt sich ein Hemmnis für die Anwendung der Biogastechnologie. Da der Dünger in flüssiger Form direkt nach der Vergärung zwar sehr effizient angewendet werden kann, jedoch wegen des hohen Wassergehaltes kaum transportwürdig ist, muss der Bedarf einer ggf. notwendigen Gärrestaufbereitung berücksichtigt werden.

#### **Agrarstrukturen**

Zu den wichtigsten landwirtschaftlichen Anbaugebieten in China zählen die im Nordosten gelegene Nordchinesische Ebene und die Nordostchinesische Ebene sowie die Ebene am Mittel- und Unterlauf des Jangtsekiang, wo u. a. Hauptgetreidekulturen (Reis, Weizen und Mais) erzeugt werden.

Zu den Hauptweizenanbauregionen gehört die Ebene Huang-Huai-Hai mit den Top-5-Provinzen (Henan, Shandong, Anhui, Jiangsu und Hebei), welche 72 % der nationalen Weizenproduktion abdecken (s. Abbildung 41). Die wichtigsten Reisanbaugebiete befinden sich im Nordosten und Süden des Landes und decken mit den Provinzen Hunan, Heilongjiang, Jiangxi, Anhui und Hubei rund 54 % der landesweiten Reiserzeugung ab. Mais wird hauptsächlich im Norden, Nordosten und Südwesten von China angebaut (Heilongjiang, Jilin, Shandong, Henan, Innere Mongolei). Eine zu beobachtende Ausweitung der Maisanbauflächen (25 % der gesamten landwirtschaftlichen Fläche im Jahr 2018) war in den letzten Jahren in erster Linie auf den steigenden Futterbedarf zurückzuführen.

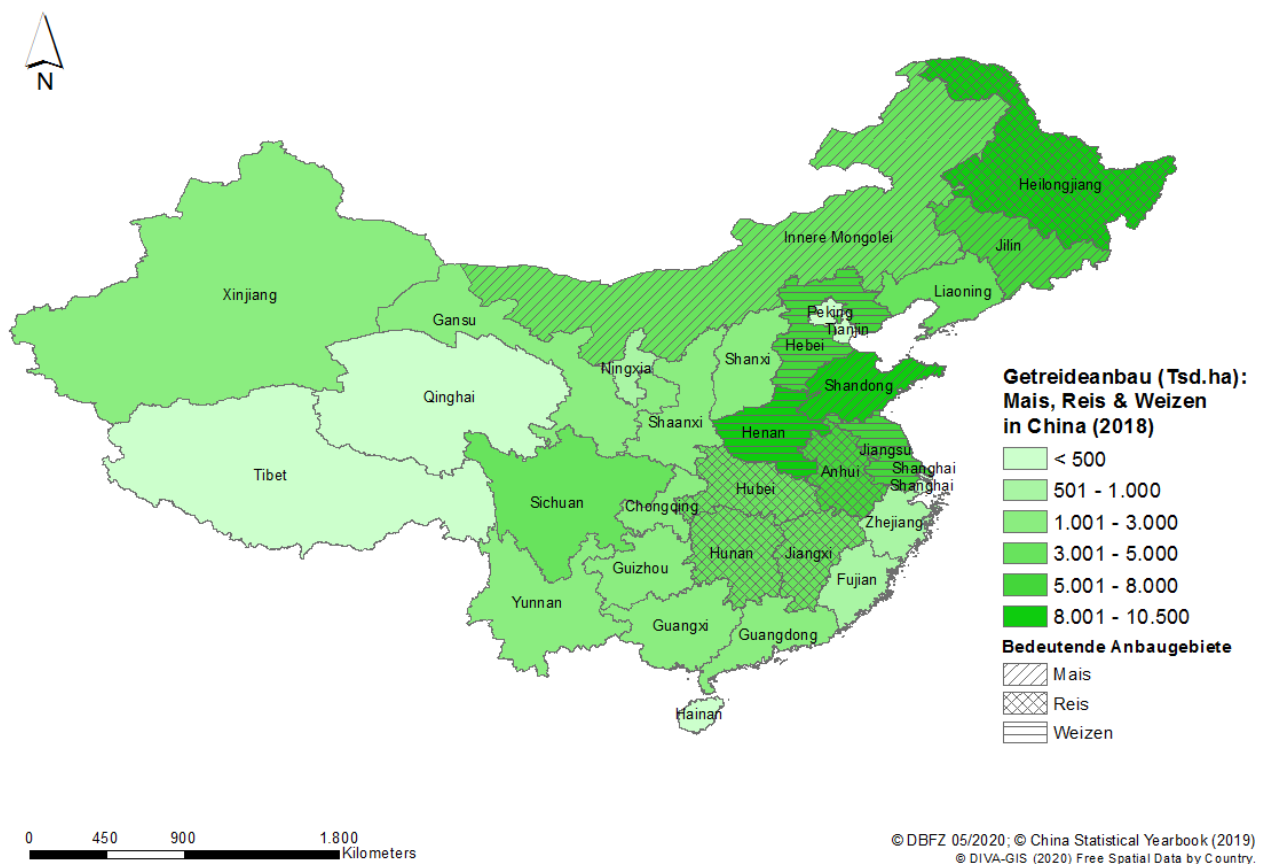


Abbildung 41: Getreideanbauflächen (Tsd. ha) in der VR China im Jahr 2018 mit Ausweisung der Hauptanbauregionen für Weizen, Reis und Mais (Datengrundlage: China Statistics Press, 2019)

Vor dem Hintergrund der COVID-19-Pandemie kündigte die chinesische Regierung eine Reduktion der Maisanbauflächen, eine Rückkehr zum Zweikulturennutzungssystem im Reisbau, eine Stabilisierung der Weizenanbauflächen sowie eine allgemeine Reduktion der Brachflächen an (USDA, 2020a).

Die Viehbestände in der VR China im Jahr 2018 sind in Abbildung 42 dargestellt. Im Zuge der zunehmenden Intensivierung der Viehzucht und Geflügelhaltung unterliegen die Tierzahlen in chinesischen Einzelprovinzen einer deutlich stärkeren Entwicklungs- und Zuwachsdynamik. In 2018 entfiel knapp 63 % der Schweineproduktion auf die Provinzen Sichuan, Henan, Hunan, Shandong, Yunnan, Hubei, Guangdong, Guangxi und Hebei im Norden, Südwesten und am Mittel- und Unterlauf des Jangtseflusses. Die wichtigsten Rinderhaltungsregionen befinden sich im Südwesten, Nordwesten und im chinesischen Norden. Auf die Provinzen Sichuan, Yunnan, Innere Mongolei, Tibet, Qinghai, Guizhou, Xinjiang, Heilongjiang und Gansu entfielen rund 52 % der nationalen Rinderproduktion in 2018, wobei die Provinzen Innere Mongolei, Xinjiang, Qinghai und Tibet die typischen Weidehaltungsgebiete darstellen, wo der Wirtschaftsdünger üblicherweise direkt auf der Weide verbleibt.

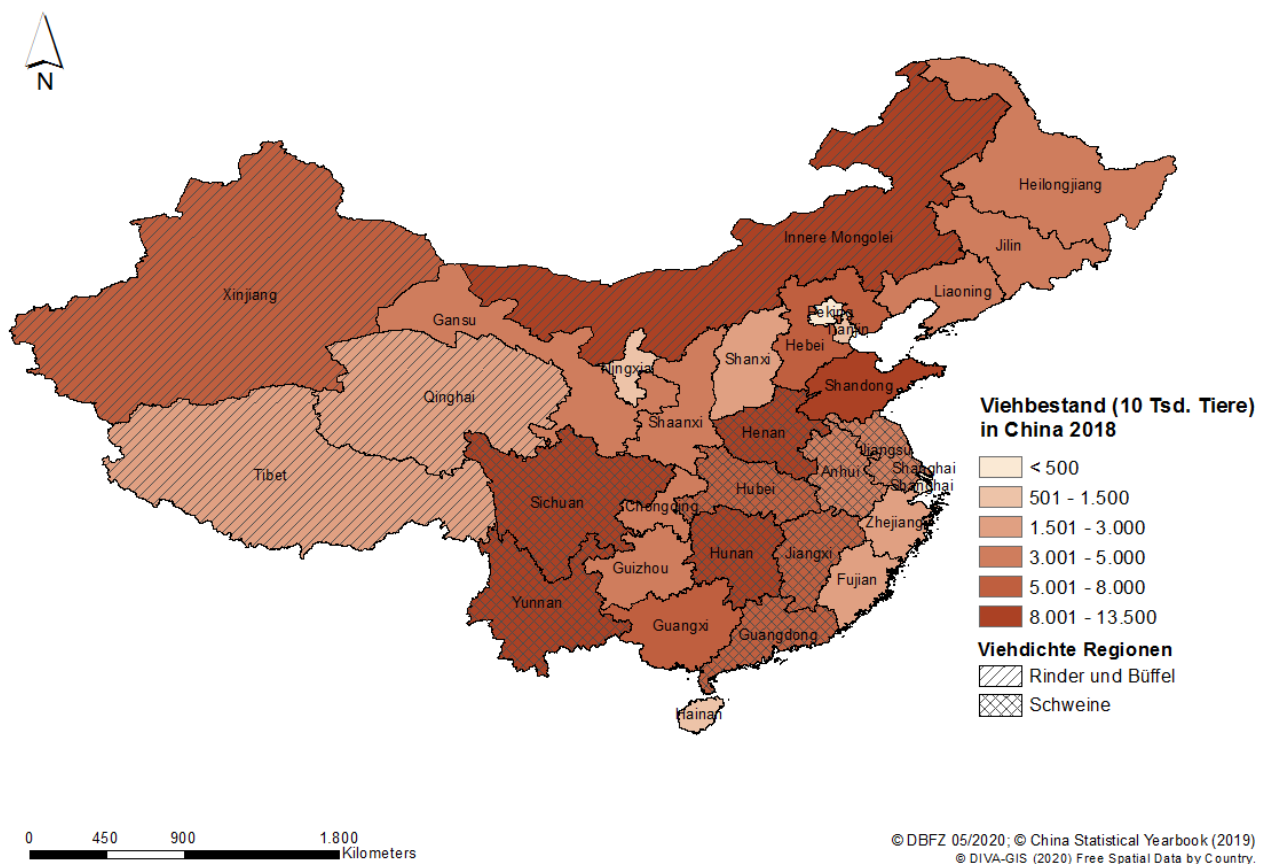


Abbildung 42: Viehbestände (10 Tsd. Tiere) in der VR China im Jahr 2018, mit Ausweisung besonders viehdichten Provinzen (Datengrundlage: China Statistics Press, 2019)

Geflügelhaltungsbetriebe sind vornehmlich im Norden sowie ebenfalls am Mittel- und Unterlauf des Jangtseflusses konzentriert – führend ist dabei die Provinz Henan mit insgesamt 714,5 Mio. Tieren (Zheng et al., 2019). Seit dem Ausbruch der afrikanischen Schweinepest im August 2018 verzeichnete die nationale Geflügelproduktion schätzungsweise einen leichten Zuwachs von 8 % (USDA, 2019a). Für das Jahr 2020 wird ein erneuter Anstieg (v. a. bei der Masthähnchenproduktion) von 14 % im Vergleich zum Vorjahr erwartet (USDA, 2019b). Durch einen längeren Lebenszyklus ist kein nennenswerter Anstieg der Tierzahlen im Bereich der Rinderhaltung in China im Jahr 2020 zu erwarten (USDA, 2020b).

Diese Entwicklungen verdeutlichen die regionalen und jährlichen Unterschiede beim Gülleanfall (sowohl mengen- als auch qualitätsbezogen) und deuten umso mehr auf die Notwendigkeit einer jährlichen Bilanzierung der mit der Gülle anfallenden Nährstoffe zur Planung einer bedarfsgerechten Düngungsstrategie hin, um v. a. N-seitige Überschüsse zu vermeiden.

### N-Überschüsse

Laut dem China Agricultural Outlook Report (2018-2027) beliefen sich die Güllemengen in 2014 auf 551 Mio. t (TS-bezogen), welche umgerechnet 25,3 Mio. t Stickstoff, 5,2 Mio. t Phosphor sowie 19,4 Mio. t Kalium enthalten. Im Jahr 2016 gehörten die Provinzen Beijing, Sichuan, Tianjin und Yunnan zu den Regionen mit größeren Viehdichten und somit gülleseitig bedingten höchsten Nährstoffüberschüssen (Zheng et al., 2019). Diesem Umstand wurde insofern Rechnung getragen, als dass im Rahmen des „National pig production development plan (2016-2020)“, welches durch das Ministerium für Landwirtschaft der VR China vorgelegt wurde, der weitere Ausbau der Schweinproduktion auf bestimmte Provinzen begrenzt worden ist (sog. „key development areas“) und insbesondere in den Provinzen mit bereits hohen Viehdichten limitiert wurde. Zu den sog. „restricted development zones“ gehören die Provinzen Beijing, Tianjin, Shanghai, Jiangsu, Zhejiang, Fujian, Anhui, Jiangxi, Hubei, Hunan, und Guangdong mit den Viehdichten von  $\geq 2$  GV/ha (Bai et al., 2018).

Zusätzlich zu den N-Verlusten aus der Tierhaltung und Güllelagerung (in Form von Nährstoffentzügen aber auch N-bezogenen Emissionen  $N_2O$ ,  $N_2$ ,  $NO$ ,  $NH_3$  sowie  $CH_4$ ) führt die Applikation mineralischer Dünger auf den Feldern in China zu N-Auswaschung, N-Verflüchtigung, Nitrifikation und Denitrifikation.

Im Gegensatz zu der in Deutschland etablierten Praxis der Nährstoffbilanzierung vor dem Hintergrund der entsprechenden Rechtsvorschriften (Düngegesetz, Düngeverordnung, Stoffstrombilanzverordnung sowie Düngemittelverordnung) finden sich v. a. in der wissenschaftlichen Literatur Hinweise auf die (Boden-) Tragfähigkeit bzw. Tragfähigkeitsbestimmung im Ackerbau im Vergleich zu den Nährstoffüberschüssen aus der Tierhaltung in einigen chinesischen Provinzen (Zheng et al., 2019; Zhang et al., 2019). Zudem existiert eine Reihe von Düngeempfehlungen bzw. -vorschriften, welche jedoch in der Praxis kaum bzw. nur unzureichend umgesetzt werden. So hat das Ministerium für Landwirtschaft der VR China bereits im Jahr 2013 „Empfehlungen zur Mineraldüngerapplizierung für Mais, Weizen und Reis basierend auf den Bodennährstoffgehalten“ erlassen (Zhang et al., 2016), welche auf eine standort- und bedarfsgerechte Düngung abzielt. In 2015 hat das Ministerium ein weiteres Programm „Zero Increase of Fertilizer Use“ verabschiedet mit dem Ziel, die auszubringenden Mineraldüngermengen sukzessive durch organische Düngung und ohne spürbare Ertragseinbußen bis zum Jahr 2020 zu substituieren. Zu den weiteren Regularien zur Erhöhung der Anteile organischer Dünger gehört u. a. „The 2017–2020 Construction Plan for Circular Agriculture Demonstration Programs Combining Grain Production and Livestock Farming“ (Zhang et al., 2019).

Zwecks Ertragsabsicherung werden im chinesischen Landbau die geltenden Düngeempfehlungen v. a. N-bezogen in der Praxis tendenziell überschritten. Die Überdüngung findet demnach in allen chinesischen Regionen statt, jedoch im unterschiedlichen Maße (zu 38 % im chinesischen Durchschnitt) und führt somit flächendeckend zu einer geringeren Stickstoffnutzungseffizienz, damit zwangsläufig verbunden zu hohen N-Austrägen in die Umwelt.

## 2 Ergebnisse

Tabelle 13: Mittlere empfohlene vs. tatsächlich applizierte Stickstoffmengen (kg/ha/Jahr) im Landbau in China, inkl. Standardabweichungen (Datengrundlage: Zhang et al., 2016)

Anbauregion	Provinz	N-Mengen [kg/ ha/ Jahr]	
		empfohlen <sup>22</sup>	real appliziert <sup>23</sup>
Nord-Ost	Liaoning	141 ± 20	238 ± 167
	Jilin	130 ± 27	240 ± 29
	Heilongjiang	113 ± 19	140 ± 56
Nord	Beijing	164 ± 21	314 ± 43
	Tianjin	135 ± 14	207 ± 50
	Hebei	199 ± 39	289 ± 49
	Shanxi	111 ± 19	138 ± 24
	Innere Mongolei	111 ± 24	162 ± 31
	Shandong	186 ± 20	289 ± 35
	Henan	274 ± 68	370 ± 52
Nord-West	Shaanxi	119 ± 26	239 ± 19
	Gansu	102 ± 23	185 ± 30
	Qinghai	113 ± 21	248 ± 37
	Ningxia	146 ± 26	296 ± 105
	Xinjiang	182 ± 19	241 ± 90
Süd	Shanghai	318 ± 28	441 ± 40
	Jiangsu	303 ± 45	505 ± 102
	Zhejiang	220 ± 48	323 ± 49
	Anhui	227 ± 47	418 ± 46
	Fujian	237 ± 51	506 ± 135
	Jiangxi	268 ± 67	345 ± 55
	Hubei	262 ± 45	382 ± 53
	Hunan	304 ± 71	466 ± 76
	Guangdong	222 ± 46	402 ± 37
	Guangxi	165 ± 28	270 ± 33
	Hainan	128 ± 20	255 ± 36
	Chongqing	201 ± 17	353 ± 148
	Sichuan	205 ± 30	364 ± 245
	Guizhou	125 ± 16	233 ± 136
	Yunnan	136 ± 14	357 ± 93
Tibet	106 ± 19	133 ± 209	
China, gesamt		181 ± 8	290 ± 18

<sup>22</sup> basierend auf den Empfehlungen des Ministeriums für Landwirtschaft der VR China im Jahr 2013

<sup>23</sup> basierend auf der Datenerhebung für das Referenzjahr 2011 (Zhang et al., 2016)

## 2 Ergebnisse

Die größten Hemmnisse bei der Einhaltung der Grenzwerte für Stickstoffdüngung bilden das Monitoring auf der Landkreisebene, Heterogenität und Größe landwirtschaftlicher Betriebe sowie die Anzahl der Anbaukulturen in der jeweiligen Fruchtfolge. Durch die zunehmende Industrialisierung der Viehzucht und Geflügelhaltung findet eine Entkopplung der Gülleausbringung und N-Rückführung auf die umliegenden Anbauflächen statt. Die größten Herausforderungen beim Gülle-Management – bezogen auf die Düngungspraxis – sind somit der Regionalbezug und die Logistik.

### Referenzen N-Problematik China

Statistisches Bundesamt (destatis) (2019): Land und Forstwirtschaft, Fischerei. Viehbestand. 3. Mai 2019 (Fachserie 3, Reihe 4.1). Wiesbaden. 2019.

Bai, Zhaohai ; Ma, Wenqi ; Ma, Lin ; Velthof, Gerard L. ; Wei, Zhibiao ; Havlík, Petr ; Oenema, Oene ; Lee, Michael R.F. ; Zhang, Fusuo (2018): China's livestock transition : Driving forces, impacts, and consequences. In: Science Advances. 2018 ; Vol. 4, No. 7. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aar8534>

China Statistics Press (2019): China Statistical Yearbook 2019, Chapter 12: Agriculture. Online verfügbar unter: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexeh.htm>, Zugriff am 22.4.2020

Statistisches Bundesamt (destatis) (2019): Land und Forstwirtschaft, Fischerei. Viehbestand. 3. Mai 2019 (Fachserie 3, Reihe 4.1). Wiesbaden. 2019.

USDA Foreign Agricultural Service (2019a): China- Peoples Republic of, Poultry and Products Semi-annual Demand for Poultry Booms as Consumers Remain Wary of African Swine Fever in Pork. Online verfügbar unter:

[https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Poultry%20and%20Products%20Semi-annual\\_Beijing\\_China%20-%20Peoples%20Republic%20of\\_2-26-2019.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Poultry%20and%20Products%20Semi-annual_Beijing_China%20-%20Peoples%20Republic%20of_2-26-2019.pdf),  
Zugriff am 9.5.2020

USDA Foreign Agricultural Service (2019b): China-Peoples Republic of, Poultry and Products Annual. No Plucks About It - Poultry Expanding in China. Online verfügbar unter: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Poultry\\_and\\_Products\\_Annual\\_Beijing\\_China\\_-\\_Peoples\\_Republic\\_of\\_7-29-2019.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Poultry_and_Products_Annual_Beijing_China_-_Peoples_Republic_of_7-29-2019.pdf), Zugriff am 9.5.2020

USDA Foreign Agricultural Service (2020a): Grain and Feed annual report. Country: China-Peoples Republic of. Online verfügbar unter: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Grain%20and%20Feed%20Annual\\_Beijing\\_China%20-%20Peoples%20Republic%20of\\_04-01-2020](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Grain%20and%20Feed%20Annual_Beijing_China%20-%20Peoples%20Republic%20of_04-01-2020), Zugriff am 9.5.2020

USDA Foreign Agricultural Service (2020b): Livestock and Products Semi-annual report. Country: China-Peoples Republic of. Online verfügbar unter: [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Livestock%20and%20Products%20Semi-annual\\_Beijing\\_China%20-%20Peoples%20Republic%20of\\_02-15-2019](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Livestock%20and%20Products%20Semi-annual_Beijing_China%20-%20Peoples%20Republic%20of_02-15-2019), Zugriff am 9.5.2020

## 2 Ergebnisse

Zhang, G.; Wang, X.; Sun, B.; Zhao, H.; Lu, F.; Zhang, L. (2016): Status of mineral nitrogen fertilization and net mitigation potential of the state fertilization recommendation in Chinese cropland, *Agricultural Systems*, Volume 146, Pages 1-10, ISSN 0308-521X, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.03.012>.

Zhang, C.; Liu, S.; Wu, S.; Jin, S.; Reis, S.; Liu, H.; Gu, B. (2019): Rebuilding the linkage between livestock and cropland to mitigate agricultural pollution in China, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 144, Pages 65-73, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.011>.

Zheng, L.; Zhang, Q.; Zhang, A.; Hussain, H.A.; Liu, X.; Yang, Z. (2019): Spatiotemporal characteristics of the bearing capacity of cropland based on manure nitrogen and phosphorus load in mainland China, *Journal of Cleaner Production*, Volume 233, Pages 601-610, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.049>.

## 2.1.6 Bewertung der Konzepte

Ziel dieser Analyse ist es herauszufinden, welchen ökonomischen Einfluss Rindergülle mit einem hohem Methanpotential ggü. einer Rindergülle mit einem verringerten Methanpotential aufgrund einer langen Lagerdauer auf die Wirtschaftlichkeit einer Bestands-Biogasanlage aufweist. Zudem wird in einem zweiten Schritt analysiert, welche ökonomische Auswirkungen Transportkosten von Rindergülle auf die Stromgestehungskosten der Gesamtanlage haben.

### Einleitung

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zur ökonomischen Bewertung im ChinaRes-Projekt für die verschiedenen Szenarien zu gewährleisten, werden die dargestellten Eingangsdaten und Rahmenbedingungen einheitlich und konsistent in den Berechnungen berücksichtigt. Dazu werden Investitionsrechnungen auf Grundlage der Annuitätenmethode nach der VDI 2067<sup>24</sup> durchgeführt, die als Ergebnis Stromgestehungskosten ausweisen. Für die ökonomische Bewertung wurden zwei Modellanlagen konzipiert. Die ökonomische Bewertung auf Basis der Stromgestehungskosten erfolgt dabei in zwei Schritten:

- (1) Bewertung nach den Gaserträgen der Rindergülle (RG; frisch oder gelagert, d. h. mit verringertem Methanpotential)
- (2) Vergleich der Wirtschaftlichkeit mit und ohne Transportkosten für Rindergülle (RG; frisch oder gelagert, d. h. mit verringertem Methanpotential)

Tabelle 14: Szenariorahmen

	Modellanlage 1: 75 kW <sub>el</sub> Güllekleinanlage		Modellanlage 2: 500 kW <sub>el</sub> (2,25-fach überbaut)	
	Methanpotential RG lt. KTBL	Methanpotential RG ChinaRes – Sommergülle 1	Methanpotential RG lt. KTBL	Methanpotential RG ChinaRes – Sommergülle 1
	ml goTS <sup>-1</sup>	ml goTS <sup>-1</sup>	ml goTS <sup>-1</sup>	ml goTS <sup>-1</sup>
	210 <sup>25</sup>	175 <sup>26</sup>	210	175
Ohne Transportkosten für RG	Variante 1	Variante 2	Variante 5	Variante 6
Mit Transportkosten für RG	Variante 3	Variante 4	Variante 7	Variante 8

Die Gesamtkosten der Biogasverstromung setzen sich dabei aus den kapital-, verbrauchs-, betriebs- und sonstigen Kosten für Bau, Betrieb und entsprechende Erweiterungen der Modellanlagen zusammen.

<sup>24</sup> VDI VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung (VDI 2067), in der Fassung vom September 2000 (VDI 2067 Blatt 1), (2000)

<sup>25</sup> KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL): Faustzahlen Biogas, 3. Ausgabe, S. 133, Darmstadt (2013)

<sup>26</sup> Vgl. Tabelle 7 – Sommergülle 1 nach einer Lagerdauer von 70 Tagen (d. h. verringertes Methanpotential)



## 2 Ergebnisse

Diesen Kosten stehen Erlöse aus dem Verkauf von Strom, Wärme und gegebenenfalls Erlösen für weitere (Neben-)Produkte gegenüber. Eine Übersicht über die Zuordnung der einzelnen Kostenpositionen zu den jeweiligen Kostenarten der angewendeten Berechnungsmethode ist in Abbildung 43 dargestellt

Der Vergütungsanspruch von Biogasanlagen in Deutschland ist in der Regel auf insgesamt 20 Jahre festgeschrieben. Durch das Ausschreibungsdesign des EEG 2021 ist eine Laufzeitverlängerung von 10 Jahren möglich. Die Höchstvergütungssätze für Bestandsbiogasanlagen liegen hier bei 18,22 ct/kWh<sub>el</sub> für das Jahr 2022. Für Güllekleinanlagen gelten die Regelungen zur Anschlussförderung nach der Güllekleinanlagenverordnung von maximal 15,5 ct/kWh<sub>el</sub> (Bezugsjahr: 2021) bis einschließlich 75 kW Bemessungsleistung. Weitere Einnahmen können insbesondere bei der Modellanlage 2 durch die 2,25-fache Überbauung durch die Inanspruchnahme eines Flexibilitätszuschlags generiert werden. Hinzu kommen potentielle Erlöse aus dem Verkauf von Wärme, Gärresten zur Düngung von Ackerflächen oder Zusatzerlöse am Spotmarkt sowie Regelenergieerlöse. Der Fokus der Betrachtung liegt hauptsächlich auf die Ermittlung der Stromgestehungskosten der Modell-Biogasanlagen. Grund hierfür ist, dass durch den Effekt des Einsatzes von Rindergülle mit einem geringerem Methanpotential sowie potentieller Transportkosten diese die Stromgestehungskosten verändern können, allerdings nicht primär vergütungsrelevant sind.

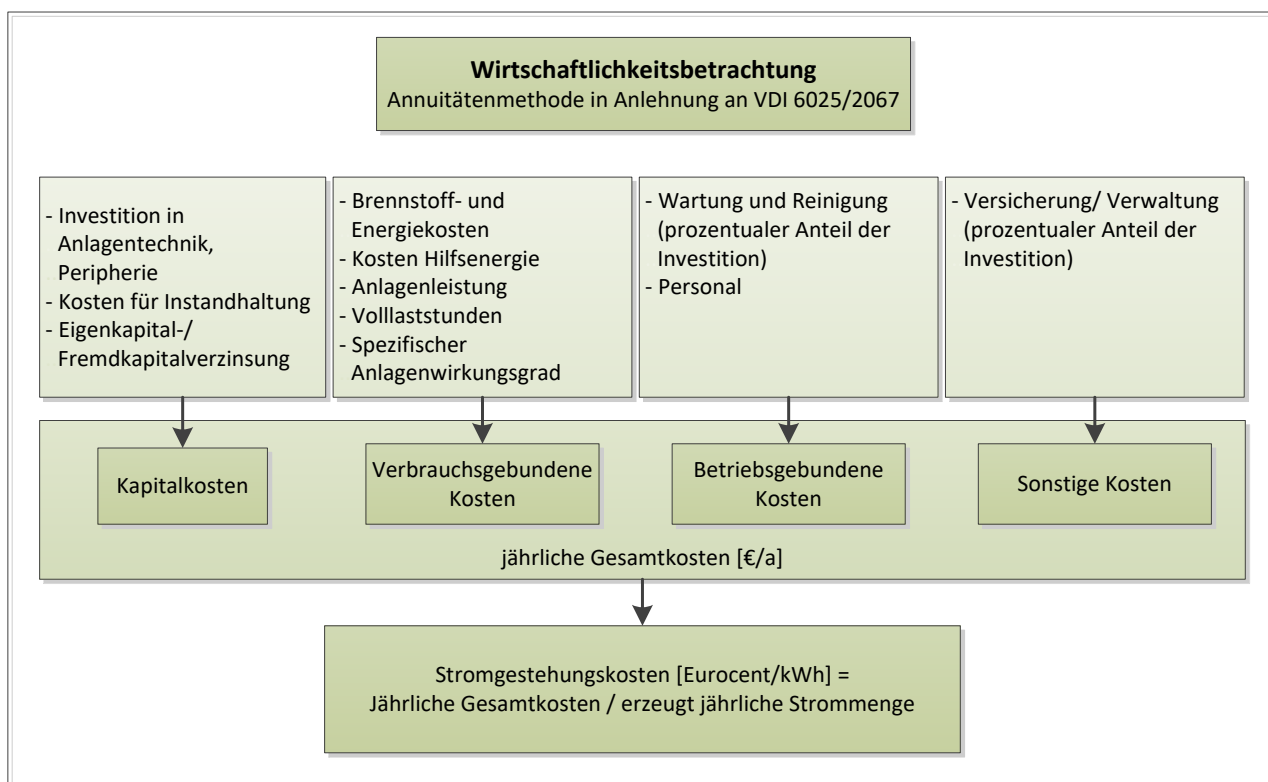


Abbildung 43: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung - Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI 2067 (eigene Darstellung)

Je höher der elektrische Wirkungsgrad der BHKW ist, desto mehr Kilowattstunden Strom können aus dem erzeugten Biogas bereitgestellt werden. Da dieser Effekt eine hohe Sensitivität aufweist, sollten grundsätzlich BHKW mit einem hohen elektrischen Wirkungsgrad, möglichst größer 40 %, eingesetzt werden, um eine Biogasanlage möglichst dauerhaft wirtschaftlich betreiben zu können. Seit dem EEG 2014 gibt es eine Höchstbemessungsleistung für bestehende Biogasanlagen. Diese liegt bei 95 % der zum Zeitpunkt 31.07.2014 installierten elektrischen Leistung. Sofern weitere BHKW zugebaut werden,

## 2 Ergebnisse

z. B. im Rahmen einer Flexibilisierung<sup>27</sup>, bleibt indes die maximal vergütungsfähige Strommenge nach dem EEG konstant. Darüber hinaus bereitgestellte und eingespeiste Kilowattstunden Strom werden jeweils maximal mit dem Börsenstrompreis an der Leipziger Strombörse EPEX Spot vergütet.

### Rahmenparameter und Datenbasis

In Tabelle 15 sind wesentliche allgemeine wirtschaftliche Parameter aufgelistet. Sie bilden die Grundlage für alle Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Modellanlagen und ermöglichen den Vergleich der verschiedenen Szenarien. Alle hier getroffenen Annahmen basieren auf langjährigen Erfahrungswerten oder sind Vorgaben der VDI 2067.

Tabelle 15: Allgemeine wirtschaftliche Rahmenparameter der Modell-Biogasanlage

Parameter	Erläuterung	Einheit	Wert
Erstinbetriebnahme	Inbetriebnahme der Biogasanlage	-	01.01.2002
Laufzeitverlängerung	Beginn Datum für 10-jährige Laufzeitverlängerung		01.01.2022
Kalkulationszinssatz Modellanlage 1	Mischkalkulationssatz für Gesamtkapital (hohes Eigen- oder Haftungskapital)	%	2,4
Kalkulationszinssatz Modellanlage 2	Mischkalkulationssatz für Gesamtkapital	%	3,2
Inflation für kapitalgebundene Kosten	Investment und Instandsetzung	% a <sup>-1</sup>	1
Inflation für verbrauchs-, betriebs- und sonstige Kosten	jährliche Inflation	% a <sup>-1</sup>	2
Instandsetzung	durchschnittlich bezogen auf die Gesamtinvestition	% a <sup>-1</sup>	1
Arbeitskosten	Arbeitgeberbruttolohn	EUR h <sup>-1</sup>	30
Versicherung	bezogen auf die Erstinvestition	% a <sup>-1</sup>	0,75
Verwaltung	bezogen auf die Erstinvestition	% a <sup>-1</sup>	0,75
Nutzungsdauer	Nutzungsdauer der Bestandsanlage bei Laufzeitverlängerung	a	10

<sup>27</sup> Beachte: Nach dem EEG 2021 ist eine 2,25-fache Überbauung erforderlich der installierten elektrischen Leistung gegenüber der Bemessungsleistung

## 2 Ergebnisse

Parameter	Erläuterung	Einheit	Wert
Fremd-/ Eigenkapital-Verhältnis	Anteil von Fremd- und Eigenkapital an der Gesamtinvestition	%	80 / 20
Strombezugspreis	Graustrom aus Nieder- / Mittelspannungsnetz	ct kWh <sub>el</sub> <sup>-1</sup>	18,0

Der Retrofit, d. h. die erforderlichen Investitionen in bauliche und technische Komponenten für eine Laufzeitverlängerung von 10 Jahren liegen bei Modellanlage 1 bei 30 % und bei Modellanlage 2 bei 25 % bezogen auf den ursprünglichen Erstinvest. Bei Variante 2 und 4 von Modellanlage 1 liegt der Retrofit sogar bei 40 %, da höhere bauliche und technische Aufwendungen aufgrund der höheren Güllemengen, insbesondere bei den Fermentern, erforderlich sind. Die höheren Güllemengen sind wegen der niedrigeren Biogasausbeuten notwendig. Variante 2 war dabei von vorneherein nur auf einem Tierhaltungsstandort mit größeren anfallenden Güllemengen möglich, die die geringere Gasausbeute ausgleichen. Variante 4 kann die geringeren Gasausbeuten durch mehr Fremdgülle (= höhere Transportkosten) ausgleichen. Bei Variante 6 und 8 liegt der Retrofit bei 30 %. Gleichzeitig wird in den Varianten 6 und 8 der Modellanlage 2 das geringere Methanpotential der Rindergülle durch zusätzlichen NawaRo-Einsatz ausgeglichen. Dadurch steigt der Eigenstrombedarf durch längere Laufzeiten der Pumpen und Rührwerke in den beiden Varianten 6 und 8 um 1 %-Punkt (auf 9,0 %). In Variante 2 und 4 steigt dieser um 1,5 % (auf 9,5 %) wegen der größeren Güllemengen beim Einsatz einer Rindergülle mit einem niedrigerem Methanpotential. Die spezifischen Annahmen und Parametervariationen für die hier durchgeführten Modellberechnungen sind in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Projektspezifische wirtschaftliche Rahmenparameter der Modell-Biogasanlagen

Parameter	Einheit	Modellanlage 1: 75 kW <sub>el</sub> -Bestands-BGA	Modellanlage 2: 500 kW <sub>el</sub> -Bestands-BGA (Flex auf 1,125 MW <sub>el</sub> )
Installierte elektrische Leistung	kW <sub>el</sub>	75	1.125
Bemessungsleistung	kW <sub>el</sub>	71	475
Jährliche Volllaststunden		7.800	3.660
Mittlerer elektrischer Wirkungsgrad BHKW <sup>28</sup>	EUR t <sup>-1</sup>	36,0	40,2
<b>Methanpotential</b>			
Methanpotential RG lt. KTBL	ml goTS <sup>-1</sup>	210	210
Methanpotential RG ChinaRes – Sommergülle 1	ml goTS <sup>-1</sup>	175	175

<sup>28</sup> Gewichteter Mittelwert

## 2 Ergebnisse

Parameter	Einheit	Modellanlage 1: 75 kW <sub>el</sub> -Bestands-BGA	Modellanlage 2: 500 kW <sub>el</sub> -Bestands-BGA (Flex auf 1,125 MW <sub>el</sub> )
<b>Substratzusammensetzung</b>			
Rindergülle	%	90	60
Rinderfestmist	%	10	-
Getreide-Ganzpflanzensilage	%	-	30
Maissilage	%	-	10
<b>Substratkosten (frischmassebezogen)</b>			
Rindergülle	EUR t <sup>-1</sup>	0 <sup>29</sup>	0
Rinderfestmist	EUR t <sup>-1</sup>	0	0
Getreide-Ganzpflanzensilage	EUR t <sup>-1</sup>	-	40
Maissilage	EUR t <sup>-1</sup>	-	40
Transportkosten Rindergülle (frischmassebezogen) Transportszenario	EUR t <sup>-1</sup>	6	11
Mittlere Transportkosten Rindergülle (frischmassebezogen) Transportszenario <sup>30</sup>	EUR t <sup>-1</sup>	3,2 <sup>31</sup>	5,87
Retrofit für Laufzeitverlängerung (10a) bei RG lt. KTBL	%	30	25
Retrofit für Laufzeitverlängerung (10a) bei RG nach 70 Tagen Lagerung (Sommer)	%	40	30
Eigenstrombedarf mit RG lt. KTBL	%	8	8
Eigenstrombedarf mit RG lt. ChinaRes	%	9,5	9

### Ergebnisse

Im Ergebnis der ökonomischen Bewertung können für die Modellberechnungen folgende Stromgestehungskosten für Bestands-Biogasanlagen ermittelt werden (vgl. Tabelle 17):

<sup>29</sup> Szenario ohne Transport Rindergülle

<sup>30</sup> Maximale Transportentfernung: 10 km; max. 53 % der Rindergülle werden extern angeliefert

<sup>31</sup> Transportszenario

## 2 Ergebnisse

Tabelle 17: Ergebnisse der ökonomischen Analyse – Stromgestehungskosten (ohne Wärmegutschriften)

	Modellanlage 1: 75 kW <sub>el</sub> Güllekleinanlage		Modellanlage 2: 500 kW <sub>el</sub> (2,25-fach überbaut)	
	Methanpotential RG lt. KTBL	Methanpotential RG ChinaRes – Sommergülle 1	Methanpotential RG lt. KTBL	Methanpotential RG ChinaRes – Sommergülle 1
	ct kWh <sup>-1</sup>			
Ohne Transport- kosten für RG	15,25	17,19	17,41	18,21
Mit Transport- kosten für RG	19,80	22,10	19,20	20,06

Für Modellanlage 1 liegen die Stromgestehungskosten (ohne Wärmegutschriften) in einer Spannweite von 15,25 ct/kWh<sub>el</sub> (Variante 1) bis 22,10 ct/kWh<sub>el</sub> (Variante 4). Für Modellanlage 2 in einer Spannweite von 17,41 ct/kWh<sub>el</sub> (Variante 5) bis 20,06 ct/kWh<sub>el</sub> (Variante 8). Folgende drei Effekte sind erkennbar:

- Die Retrofitkosten werden den kapitalgebundenen Kosten zugeordnet. Aufgrund der erhöhten Retrofitkosten bei den Varianten mit einer Rindergülle, welche ein schlechteres Methanpotential (175 ml/g<sub>oTS</sub>) aufweisen, steigen die kapitalgebundenen Kosten von Modellanlage 1 um 8.180 EUR/a bzw. 1,4 ct/kWh<sub>el</sub> (gilt für Variante 2 und 4 ggü. Variante 1 und 3) bzw. für Modellanlage 2 um 12.932 EUR/a bzw. 0,31 ct/kWh<sub>el</sub> (gilt für Variante 6 und 8 gegenüber Variante 5 und 7).
- Der gestiegene Eigenstrombedarf bei Variante 2 und 4 ggü. Variante 1 und 3 erhöht die verbrauchsgebundenen Kosten um 3.158 EUR/a (0,54 ct/kWh<sub>el</sub>). Für Variante 6 und 8 liegt eine Erhöhung um 20.424 EUR/a (0,49 ct/kWh<sub>el</sub>) bei den verbrauchsgebundenen Kosten vor.
- Die Transportkosten für das Aufladen sowie den Transport der Rindergülle werden ebenfalls den verbrauchsgebundenen Kosten zugeordnet. Variante 3 und 4 weisen hier 26.590 EUR/a bzw. 4,54 ct/kWh<sub>el</sub> höhere verbrauchsgebundene Kosten auf gegenüber Variante 1 und 2 (ohne Transport). Bei Modellanlage 2 liegt dieser Effekt bei 74.205 EUR/a bzw. 1,78 ct/kWh<sub>el</sub> für die Varianten 7 und 8 (mit Transportkosten) im Vergleich zu den Varianten 5 und 6 (ohne Transportkostenansatz).

Insgesamt kann festgestellt werden, dass von den drei variierten Parametern die Transportkosten den größten Einfluss auf die Stromgestehungskosten haben. Insbesondere für Modellanlage 1 schlägt dieser Effekt bezogen auf die Stromgestehungskosten stärker zu Buche, da dieser Anlagentyp 90 % (frischmassebezogen) Rindergülle einsetzt hinsichtlich der Einsatzstoffe. Dieser Aspekt ist insbesondere relevant, da zugleich die mittleren Transportkosten hier deutlich niedriger angesetzt worden sind gegenüber Modellanlage 2 (kleinere Anlage > kleinerer Einzugsbereich). Zusammengefasst kann gesagt werden, dass der Einsatz frischer Rindergülle ohne eine lange Lagerdauer ein besseres Methanpotential aufweist und damit die Retrofit- sowie Eigenstromkosten für Bestands-Biogasanlagen, die eine Laufzeitverlängerung anstreben, reduziert werden können. Je höher der Anteil der Rindergülle ist, welcher direkt am Standort der Anlage anfällt und vergoren werden kann, umso vorteilhafter ist dies für die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage.

### 2.1.7 Handlungsempfehlungen und Verbreitung

Die Vergärung von Gülle und festen Wirtschaftsdüngern ist eine zentrale Säule des Klimaschutzes im Sektor Landwirtschaft. Um die Ziele des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung zu erfüllen, müssen parallel neben den Methanemissionen aus Güllelagerung auch die  $N_2O$  und die indirekt klimawirksamen  $NH_3$ -Emissionen betrachtet und gleichzeitig minimiert werden, da ansonsten Zielkonflikte kaum vermieden werden können. So vermeidet/mindert die alternativ zur Biogasvergärung bisweilen diskutierte Mikrobelaftung von Gülle zwar die Methanentstehung bei der Lagerung, kann jedoch durch die semiaeroben Effekte zur Lachgasbildung beitragen und ggf. auch Ammoniakemissionen verstärken. Die ebenfalls diskutierte aktive Kühlung von Gülle ist mit hohem Energieaufwand verbunden, soweit die entzogene Wärme nicht über eine Wärmepumpe für Heizungszwecke genutzt wird. In Bezug auf die unter „3.4.5.4 Verringerung der Treibhausgasemissionen in der Tierhaltung“ im Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung<sup>32</sup> genannten Maßnahmen „Gasdichte Lagerung von unvergorenen Wirtschaftsdüngern, Machbarkeitsprüfung einer gasdichten Lagerung von unvergorenen Wirtschaftsdüngern in Verbindung mit der Installation einer Gasfackel anhand von Demonstrationsvorhaben/Pilotbetrieben und Einführung einer Umsetzung bei positiver Bewertung, Einführung von ordnungsrechtlichen Auflagen zur gasdichten Lagerung von Wirtschaftsdüngern in großen Tierhaltungsanlagen“ zeigen sich gravierende Zielkonflikte und technische Schwierigkeiten, die höchstens in längeren Zeiträumen mit hohem Aufwand lösbar wären. Es ist fraglich, ob eine solche Lösung ohne zusätzliche Energieerzeugung, ohne zusätzliche Wertschöpfung für die landwirtschaftlichen Betriebe und mit fehlendem Effekt zur möglichen Steigerung der N-Effizienz kostengünstiger werden kann, als die jetzt schon verfügbare Biogastechnologie, die zur Minimierung von Emissionen konsequent mit gasdichten Gärproduktlagern ausgestattet werden sollte. Dazu wurde für das BMEL ein gemeinsames Papier von TI, KTBL, TLLR und DBFZ erstellt. Auf diese o.g. bisweilen als mögliche Maßnahme genannte gasdichte Güllelagerung mit anschließender Gasbehandlung, um die entstehenden Methanemissionen zu entfernen, sollten keine Ressourcen aufgewendet werden. Es ist davon auszugehen, dass die in den bisherigen Betrachtungen dargestellten scheinbaren Vorteile (v. a. kostenseitig) entfallen, wenn die erheblichen verfahrens- und sicherheitstechnischen Fragestellungen gelöst werden sollen. Auch ist von einem erheblichen Zeitbedarf zur Weiterentwicklung auszugehen, so dass dieser Ansatz absehbar keine tragfähigen Lösungen erwarten lässt. Folgende Probleme sind wesentlich:

1. Bei gasdichter Abdeckung eines Hochbehälters zur Güllelagerung führt die Ein- und Ausspeisung von Gülle (also die sinngemäße Nutzung) zur Volumenänderung des Gasraumes. Insbesondere bei der Ausspeisung muss der Unterdruck durch Lufteinsaugung ausgeglichen werden, wenn der Behälter zum Druckausgleich an einen Gasspeicher (wie an einer Biogasanlage) angeschlossen ist. Dieser Druckausgleich durch Luft führt in der weit überwiegenden Zeit des Jahres zum Risiko einer explosionsfähigen Atmosphäre im Behälter (s. u.).
2. Sowohl die entstehende Gasmenge, als auch vor allem die Gaszusammensetzung variieren sehr stark in Abhängigkeit von der o. g. Verdünnung mit Luft, aber auch in Abhängigkeit von dem Befüllungsgrad und der Lagerdauer der Gülle. So ist die Gasbildung in einem Hochbehälter mit (nachgerüstetem) Foliendach zu Beginn der Befüllung sehr gering und steigt mit zunehmender Behälterfüllung bis auf das ca. 200-fache an. Der Anteil des Methans beginnt bei niedrigen einstelligen Prozentzahlen bei beginnender Einlagerung und kann nach Verdrängung der Luft bei längerer Lagerdauer den Bereich von Biogas erreichen, da das Schwachgas zu Beginn der Einlagerung verdrängt ist, also durchaus über 60 % Methan

---

<sup>32</sup> [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutzprogramm\\_2030\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/klimaschutzprogramm_2030_bf.pdf)

## 2 Ergebnisse

- erreichen. Es kann sich im Gasspeicher also über den größten Teil des Jahres wiederholt ein in Gegenwart von Sauerstoff explosionsfähiges Gasgemisch bilden (4,4-16,5 Vol.% CH<sub>4</sub>).
3. Dieser Effekt könnte zwar durch eine Entwicklung, wie in AP 7 zur gasdichten Umrüstung vorhandener, statisch begrenzter Behälter genannt, vermieden werden, es verblieben jedoch die folgenden Probleme:
  4. Es ist keine Gasfackel (ohne erhebliche Stützfeuerung) zu erwarten, die die o.g. sehr unterschiedlichen Gasqualitäten und Gasmengen technisch sicher und emissionsarm ohne aufwendige Gasreinigung oder teuren saisonalen Gasspeicher (zum Mengen und Qualitätsausgleich) beseitigen kann.

Eine funktionsfähige technische Lösung, z. B. vorgehaltener Inertgasspeicher, ausreichend großer Gasspeicher und Steuerung, die nur eine Entnahme bzw. Zugabe im Rahmen des über den Gasspeicher möglichen Druckausgleich ermöglicht zuzüglich einer Gasreinigung, die eine emissionsarme Verbrennung ermöglicht, kann auch bei technischer Entwicklung zur Marktreife kaum kostengünstiger als heute marktverfügbare Biogastechnik werden. Dies gilt insbesondere, wenn man die Mindestwertschöpfung der Biogaserzeugung berücksichtigt (bei 70 Ct/l Heizöl entspricht das einem Brennstoffwert von 7 Ct/kWh Heizwert).

**Es wird empfohlen, die Anstrengungen auf wirtschaftlich umsetzbare, dezentral einsetzbare Vergärungstechnologien mit möglichst konsequent gasdichter Gärproduktlagerung zu konzentrieren und die Weiterentwicklung emissionsmindernder Prozessketten vom Stall bis zur Wurzel unter weitgehender Nutzung von Synergieeffekten voranzutreiben.** Dies beinhaltet Technologien, die im Stall Ammoniakemissionen minimieren, z.B. durch Kot-Harn-Trennung, die die Gülle, idealerweise den Kot, möglichst frisch einer Biogasanlage zuführen, kostengünstige und einfache Technik, die die Mitnutzung betrieblich anfallender fester Reststoffe ermöglicht, kostengünstige und einfach bedienbare Biogasanlagen mit konsequent gasdichter Gärproduktlagerung sowie Gärproduktdüngungs- und Anbauverfahren (incl. evtl. je nach Gegebenheiten sinnvoller emissionsarmer und kostengünstiger Aufbereitungsverfahren), die eine NH<sub>3</sub>-Emissionsarme Applikation in konzentrierter Form (z.B. Strip-Till) und möglichst eine N-Aufnahme in Ammoniumform realisieren.

Nicht gasdichte Lagerung (soweit Vergärung mit gasdichter Lagerung nicht realisierbar) sollte möglichst kühl und emissionsreduziert erfolgen und auf die Nutzung von Lagerbehältern beschränkt sein, die aus Gründen der besseren Verwertung der Wirtschaftsdünger (Schlagkraft, Logistik) im Bereich der Ausbringflächen oder auf den Herkunftsbetrieben liegen. So kann die gleichzeitige Minimierung der verschiedenen Klimagasemissionen mit der Vermeidung von N-Verlusten und damit mit der Minderung des Mineraldünger-N-Bedarfes kombiniert werden. **Für Betriebe, in denen keine Nutzung der Wirtschaftsdünger in einer Biogasanlage realisiert werden kann, sollte neben der kühlen Lagerung (Erdeingebundene Lagunen bzw. Behälter, Minderung von Wärmeeintrag) eine einfache, emissionsmindernde Abdeckung favorisiert werden.** Eine teils empfohlene Ansäuerung, üblicherweise mit Schwefelsäure unterdrückt ebenfalls Methanentstehung und minimiert außerdem Ammoniakemissionen. Allerdings müssen Sicherheitsaspekte beachtet und Vorkehrungen getroffen werden. Bei Ansäuerung kann H<sub>2</sub>-Bildung im mittleren Prozentbereich möglich werden (Ex-Gefahr) und gleichzeitig gebildetes, gelöstes CO<sub>2</sub> wird bei niedrigen pH-Werten freigesetzt. Da CO<sub>2</sub> schwerer ist als Luft muss das aus Vergärungskellern und Güllegruben grundsätzlich bekannte Erstickungsrisiko beachtet und mit geeigneten Maßnahmen unterbunden werden. Das Risiko höherer H<sub>2</sub>S-Gehalte in der Atmosphäre über der gelagerten Gülle muss auch beim Rühren beachtet und Vorkehrungen gegen entsprechende Unfälle müssen getroffen werden.

## 2 Ergebnisse

Zur **Förderung von Maschinen und Geräten zur Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern** sollten konsequent Technologien gefördert werden, die (i) eine nachgeschaltete Vergärung als effiziente Emissionsminderungsmaßnahme (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>) erleichtern und mit dieser kombiniert werden, (ii) der Vermeidung von NH<sub>3</sub>-Emissionen in der Kette vom Stall dienen, (iii) eine bessere, auch überbetriebliche Nutzung org. Dünger mit hoher Nährstoff- insb. N-Effizienz (über die gesamte Kette) und/oder niedrige Emissionen (insb. NH<sub>3</sub>, auch N<sub>2</sub>O) und hohe N-Effizienz bei und nach der Ausbringung ermöglichen<sup>33</sup>. Folgendes ist bei einzelnen Technikbereichen zu beachten:

**Pumpentechnik:** Bei Tankwagen wird gerne Vakuumtechnik wegen der vorteilhaften Robustheit eingesetzt. Die Beaufschlagung von ammoniumreichem Substrat (Gülle, bei Gärprodukt noch ausgeprägter) mit Unterdruck führt zur Ausgasung (quasi Strippung) von Ammoniak aus der Flüssigkeit, der mit der Kompressorabluft emittiert wird. Sollte also mobile Tankwagentechnik zum Zwischentransport hier förderfähig sein, müsste entweder auf der Saugseite Vakuum ausgeschlossen sein oder aus der Kompressorabluft der Ammoniak zurückgewonnen werden (z.B. mittels Säurefalle, das Produkt könnte in den Dünger eingemischt werden), das Ganze wäre aber eine Entwicklungsaufgabe, um die Robustheit der Vakuumtechnik mit Emissionsarmut und N-Effizienz zu verbinden.

**Rührtechnik:** Rührtechnik sollte möglichst bei frischer Gülle im Abwurfschacht so eingesetzt werden, dass pumpbare Mischungen mit Feststoffen, z.B. Futterresten, Stallmist, Silagerandschichten erzeugt werden können, die dann in eine Vergärungsanlage eingebracht werden können.

**Anpassungen der Entmistungstechnik** (z.B. Gummimatten mit Schiebersystem, idealerweise mit Kot-Harn-Trennung). Es müsste geprüft werden, inwieweit entsprechende Systeme auch zur Nachrüstung von Bestandesställen mit Spaltenboden geeignet sind und inwiefern der Güllekeller anschließend nutzbar sein kann. In jedem Fall wäre das ein größerer Aufwand, der sich nur bei geplanter längerer Betriebszeit des Stalles lohnen dürfte. Vorteile könnten sein:

- Frischere Gülle in BGA (=höhere Gasausbeuten, höhere Einsparungen von CH<sub>4</sub>-Emissionen im Stall)
- Reduzierung von NH<sub>3</sub>-Emissionen schon im Stall (= besseres Stallklima, geringere Gesamt-NH<sub>3</sub>-Emissionen, Verbesserung der Gesamt- und einelbetrieblichen N-Bilanzen, bei ceteri-paribus-Bedingungen der aktuellen Rechtslage unproblematischere Einhaltung von Anforderungen zur reduzierten N-Düngung (wenn die realen Verluste unter den anrechenbaren Verlusten liegen, steht das Delta real zur Düngung zur Verfügung), für Deutschland wären dies Schritte zur Einhaltung der Verpflichtungen nach dem Multikomponentenprotokoll sowie zur Stärkung der Konkurrenzfähigkeit der Landwirtschaft (weil Mineral-N-Kosten deutlich steigen werden im

---

<sup>33</sup> Bsp. (recherchiert): <https://idw-online.de/de/news758257>  
<https://www.eurotier.com/de/presse/aktuelle-meldungen#!/news/die-innovation-awards-der-eurotier-2021-stehen-fest> (Cow-toilet sowie Delta X Pack von BIORET AGRI Logette Confort)  
[https://www.schauer-agrotronic.com/newsdetail?tx\\_news\\_pi1%5Bnews%5D=191&cHash=4a8a4d37555d2dcfff93135781b3ba9b](https://www.schauer-agrotronic.com/newsdetail?tx_news_pi1%5Bnews%5D=191&cHash=4a8a4d37555d2dcfff93135781b3ba9b)  
<https://www.nature-line.com/natureline-emissionsarmer-tierwohlstall/emissionsminderung-im-tierwohl-schweinstall>  
<https://www.mainpost.de/regional/hassberge/untermerzbach-warum-schweine-im-stall-unbedingt-aufs-klo-sollen-art-10510874>  
<https://kurier.at/wissen/wissenschaft/warum-eine-toilette-in-jedem-kuhstall-sinnvoll-waere/400967963>  
<https://www.youtube.com/watch?v=3Hnf01bxZ0c>  
<https://www.youtube.com/watch?v=xndOnsUitxM>  
<https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/1/nav/1093/article/35024.html>



## 2 Ergebnisse

Rahmen der kommenden Emissionsbepreisung, werden N-Effizienztechnologien im Pflanzenbau entscheidend die Konkurrenzfähigkeit verbessern)

- Mit der Kot-Harn-Trennung werden höhere TS-Gehalte im Fermenter, ergo eine bessere und günstigere Fermenterausnutzung bei Güllevergärung möglich
- Der Harn kann vergleichbar mit Mineraldünger als schnell und exakt wirksamer N-Dünger eingesetzt werden (Emissionsaspekte bei Ausbringung berücksichtigen, ggf. stabilisieren)

**Aufbereitung fester Wirtschaftsdünger:** Die Nutzbarmachung fester Wirtschaftsdünger hat vielfache Vorteile (siehe „Pflichtenhefte und Entscheidungsmatrix“). Eine mindestens gegen Zugluft geschlossene Ausführung sollte Voraussetzung sein. Gasdichte Ausführung wäre kostenseitig kaum realisierbar. Die Begrenzung des mit Ammoniak sättigbaren Luftvolumens durch Verhinderung freier Luftströmung auf die behandelnden Wirtschaftsdünger dürfte Ammoniakemissionen weitgehend verhindern.

Es wird dringend empfohlen, beim geplanten Umbau der Tierhaltung zugunsten von mehr Tierwohl gleichrangig die Emissionsminimierung zu berücksichtigen. Diese sollte möglichst eine Kot-Harn-Trennung und Vergärung mindestens der Fäkalien und aller weiteren festen Wirtschaftsdünger beinhalten. Aktuell diskutierte niedrigere Anforderungen an die Emissionsminderung, um eine schnellere Umsetzung höherer Tierwohlstandards zu erreichen, ist in mehrfacher Hinsicht kontraproduktiv. Sie (i) wird längerfristig zu dann sicherlich teureren Nachrüstungen führen, ggf. (ii) werden Ställe gebaut, die dann je nach örtlichen Bedingungen bei verschärften rechtlichen oder marktseitigen Anforderungen (CO<sub>2</sub>-Fußabdruck) nach relativ kurzer Zeit nicht wirtschaftlich weiter betreibbar sind. Mit einer solchen Fehlinvestition wird dann nicht nur der gewünschte Zweck, Nutztierhaltung mit hohen Standards in Deutschland zu erhalten, nicht erreicht, sondern es wird zudem der gesamte ldw. Betrieb gefährdet, der selbst bei Verzicht auf die Investition und Ausstieg oder Reduzierung der Tierhaltung, ggf. im Nebenerwerb, ohne Überschuldung weiter betrieben werden könnte.

### 2.1.8 Vernetzung der chinesischen und deutschen Biogasakteure

Die Entwicklung von nachhaltigen Lösungen im Bereich Stallbewirtschaftung – Biogas erfordert das Zusammenarbeiten verschiedener Akteure auf unterschiedlichen Ebenen, um technisch, organisatorisch und wirtschaftlich tragfähige Konzepte zu erarbeiten, welche sich zudem innerhalb des rechtlichen Rahmens sowie der derzeitigen und mittelfristigen Marktbedingungen in akzeptabler Zeit umsetzen lassen. So lassen sich die folgenden Domänen eingrenzen: (a) Landwirtschaft, speziell Viehwirtschaft, (b) Verbände, (c) Technologieunternehmen (Stallbewirtschaftung, Biogasanlagen, Energieanlagen), (d) Dienstleister (Logistik, Viehwirtschaft, Energiewirtschaft, inkl. Zertifizierer), (e) Politik und Administration, (f) Forschung und Informationsaustausch, (g) Medien sowie (h) NGOs. Das Arbeitspaket setzte sich zum Ziel, die verschiedenen Akteure von deutscher und chinesischer Seite zu vernetzen und eine weitergehende Verknüpfung der deutschen und chinesischen Biogasbranche zu etablieren. Dazu gehörte auch, die verschiedenen Markthemmnisse und -treiber zu analysieren.

Das Projekt informierte Verbände und Ministerien sowie weitere Multiplikatoren in beiden Ländern über das Vorhaben. Auf zusammen geplanten alleinstehenden Workshops bzw. bei in bestehende Veranstaltungen eingebundene Workshops wurden regelmäßig Informationen über den Stand der Bearbeitung verbreitet und Rückmeldungen für die weitere Projektarbeit gesammelt. Ebenso wurden konkrete Kooperationen zwischen Akteuren angestrebt. Dieser Ansatz unterstützt sowohl die Erarbeitung als auch die Umsetzung konkreter Lösungen. Zudem sollten die gesammelten Anregungen und Entwicklungen in Forschungsarbeiten verwendet und ein Wissenstransfer u. a. zu Biogasmessmethoden

## 2 Ergebnisse

über das Vorhaben umgesetzt werden. Dazu erfolgte die Aktualisierung und Erweiterung eines Handbuchs Biogasmessmethoden in englischer Sprache sowie eine chinesische Übersetzung.

Dieses Vorgehen wurde auf deutscher und chinesischer Seite soweit wie möglich synchronisiert. Essentiell für die Vernetzung war der Unterauftragnehmer auf chinesischer Seite, welcher sowohl Mandarin als auch Englisch beherrscht sowie über sehr gute Kenntnis des Biogasmarktes in China verfügt. Dieser baute das Netzwerk in China auf und war zentraler Ansprechpartner für die deutschen Netzwerk- und sonstigen Aktivitäten. Außerdem erfolgten von beiden Seiten gegenseitige Besuche verschiedener Akteure.

Ein weiterer zentraler Knotenpunkt bei der Zusammenarbeit mit chinesischen Akteuren ist das AAPE (Academy of Agricultural Planning and Engineering, MARA). In Verbindung mit dieser Organisation sollten Vorarbeiten zur Errichtung eines gemeinsamen Deutsch-Chinesischen Biogas-Forschungs- und Entwicklungslabors initiiert werden. Dieses Arbeitspaket sollte hierfür die Plattform bereitstellen. Der Austausch zwischen den Ländern zu konkreten Fragestellungen und Vorhaben wurde je nach Bedarf auf Verbands-, Arbeitsgruppen- und persönlicher Ebene organisiert. Parallel dazu erfolgte die Vernetzung mit bestehenden Vorhaben und Organisationen, wie z. B. der GIZ sowie dem RETech Arbeitskreis China. Zur wirtschaftlichen Verknüpfung deutscher und chinesischer Akteure war die starke Anbindung an die AHK Exportinitiativen vorgesehen. Auf Basis der Vernetzung sollten neue Projekte initiiert werden.

Die Vernetzung der deutschen und chinesischen Biogasakteure erfolgte fortlaufend über die ChinaRes-Projektwebseite, den Newsletter des Sino-German Agricultural Centre (DCZ) und persönliche Gespräche in China und Deutschland.

### Website


Zur Vernetzung der Akteure und zur Verbreitung der im ChinaRes-Projekt gewonnenen Erkenntnisse erfolgte u. a. die Entwicklung einer Projekt-Website<sup>34</sup> (Abbildung 44, Abbildung 45). Sie beinhaltet ausgewählte Informationen zum deutschen und chinesischen Biogasmarkt in deutscher und englischer Sprache, so dass über die bilaterale Vernetzung und Verbreitung hinaus auch weitere internationale Akteure angesprochen werden können. Zurarbeiten zu den Website-Inhalten erfolgten kontinuierlichen im Projektverlauf von den chinesischen den deutschen (ATB) Kooperationspartnern. Des Weiteren wurden ausgewählte Veröffentlichungen auf der ChinaRes-Projektwebsite bereitgestellt, z. B. die aktualisierte englische Fassung der "Collections of Methods for Biogas – Methods to determine parameters for analysis purposes and parameters that describe processes in the biogas sector" von 2020 sowie die von der GIZ China erstellten chinesischen Fassung (2019, auf Basis englischer Fassung von 2016).

---

<sup>34</sup> <https://www.dbfz.de/projektseiten/chinares/projekt> (Stand: 18.10.2021)

## 2 Ergebnisse

Zur DBFZ-Webseite Kontrastmodus **Kontakt** DE EN



**CHINARES PROJEKT**

ChinaRes: Energetic utilisation of agricultural residues in China and Germany

Startseite > ChinaRes > Projekt

- Projekt
- Projektpartner
- Info Pool
- Forschung
- Biogas Veranstaltungen
- Downloads

### Projekt: Energetic utilisation of agricultural residues in China and Germany (ChinaRes)

Im Rahmen der deutsch-chinesischen Arbeitsgruppe soll das Wissen über die energetische Verwertung landwirtschaftlicher Reststoffe zusammengeführt werden. Die Projektziele sind (a) die Ermittlung der Barrieren für die Verwendung verschiedener landwirtschaftlicher Reststoffe aus der Tier- und Pflanzenproduktion, (b) die Entwicklung konzeptioneller Vorschläge für eine bessere Gestaltung und einen koordinierten Betrieb von Ställen und Biogasanlagen und (c) die Aufbereitung der Projektergebnisse in einer Weise, dass sie einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden können. Geplant sind deutsch-chinesische Workshops zum Wissenstransfer über den Stand von Technik und Forschung sowie technische Führungen zu guten Beispielanlagen in beiden Ländern, um die Interessengruppen zu vernetzen.


**Hauptziele:**

- Erschließung ungenutzter Potenziale von landwirtschaftlichen Reststoffen wie Stroh und Gülle
- Reduzierung der Emissionen, die bei der Lagerung von Gülle entstehen
- Vernetzung von chinesischen und deutschen Stakeholdern aus dem Biogasbereich

**Laufzeit:** November 2017 - Juli 2021

**Gefördert von:** Das Vorhaben wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) unter dem Förderkennzeichen 22025816 gefördert.

**Ansprechpartnerin**



**Dr. Britt Schumacher**  
Projektleiterin  
Tel.: +49 (0)341 2434-540  
E-Mail





Abbildung 44: Startseite ChinaRes-Projekt-Website [DBFZ]

### Pressemitteilungen

13.02.2020 [Projekt informiert über energetische Verwertung landwirtschaftlicher Reststoffe in Deutschland und China](#)

### Preistragende des Biogas-Innovationspreis 2021

Im Rahmen des Biogas-Innovationskongress wurde auch im Jahr 2021 wieder der jährliche Biogas-Innovationspreis der Deutschen Landwirtschaft vergeben. Gemeinsam mit den chinesischen Kollegen Hui Sun und Jianbin Guo von der China Agricultural University in Peking haben Prof. Dr. Walter Stinner und Dr. Britt Schumacher den diesjährigen Innovationspreis für das gemeinsame Projekt „Die Strohsilierung mit flüssigem Gärrest - eine kosteneffiziente Lagerung und Aufbereitung zur Biogaserzeugung“ in der Kategorie „Wissenschaft“ erhalten. Der Preis in der Kategorie „Wirtschaft“ ging an Christoph Heitmann von der Benas Biopower GmbH.

Die offizielle Preisverleihung hat am 24. Juni 2021 im Rahmen des Biogas-Innovationskongresses stattgefunden. Wie in jedem Jahr wird der Biogas-Innovationspreis der Deutschen Landwirtschaft für die beiden innovativsten Einsendungen in den beiden Kategorien Wissenschaft und Wirtschaft vergeben. Der Wissenschaftspreis ist mit 10.000,00 € dotiert und wird von der Landwirtschaftlichen Rentenbank zur Verfügung stellt. Die beiden Preistragenden wurden aus den Einsendern im Rahmen des call for papers ermittelt.



PhD, Associate Professor Jianbin Guo and Hui Sun (China Agricultural University)



Prof. Dr. Walter Stinner



Dr. Britt Schumacher

Abbildung 45: Startseite ChinaRes-Projekt-Website, Pressemitteilungen [DBFZ]

### Newsletter

Mit Frau Dr. Sternfeld vom Sino-German Agricultural Centre (DCZ) wurde Kontakt aufgenommen und regelmäßig Informationen zum Projektstand in den DCZ-Newslettern verbreitet.

### Stakeholderarbeit

Die Stakeholderarbeit ist im Erfolgskontrollbericht im Kapitel „Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit“ dokumentiert.

### 2.2 Verwertung

Durch die Entwicklung von technischen Konzepten und die Erstellung von Handlungsempfehlungen sollte die Prozesskette "Tierhaltung - Exkreme - Biogaserzeugung - Düngernutzung" im Sinne der energetischen Nutzung und der Emissionsvermeidung gestärkt werden. Damit war intendiert die Innovationskraft (durch die Entwicklung neuer bzw. verbesserter Prozesse und Produkte) von Stallbauern und Biogasanlagenherstellern mittel- bis langfristig zu erhöhen und somit volkswirtschaftlich positive Entwicklungen auszulösen, die dem Erhalt von Arbeitsplätzen im ländlichen Raum in den Bereichen Tierhaltung und Biogas sowie der Zulieferindustrie dienen. Durch das Ausschöpfen der energetischen Potenziale der betrachteten Substrate können außerdem finanzielle Ressourcen freigesetzt werden, die anderenfalls für fossile Energieträger aus dem Ausland ausgegeben werden.

Das Projekt diente kurz- bis mittelfristig der Schaffung von Know-how zur Kompetenzerhaltung und Steigerung der wissenschaftlichen Konkurrenzfähigkeit. Es erschließt das mittel- bis langfristige Anwenderpotenzial durch die über das Projektende hinaus fortlaufenden Verwertungsaktivitäten (Transfer zu Nutzergruppen) sowie durch Folgevorhaben zur I+F+E u. a. mit KMU. Die Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses erfolgte bei Abschlussarbeiten, in den Stakeholder-Workshops und auf den „technical tours“ zu Best-Case-Anlagen. Die Veröffentlichungen im Rahmen des ChinaRes-Projekts sind dem Kapitel „Veröffentlichungen“ zu entnehmen, während weitere Aktivitäten im Erfolgskontrollbericht aufgeführt sind.

### 2.3 Erkenntnisse von Dritten

Es sind keine Ergebnisse von dritter Seite bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant waren.

### 2.4 Veröffentlichungen

Hier folgt ein Überblick zu den Projekt-Veröffentlichungen. Unveröffentlichte Stellungnahmen für das BMEL sind im Erfolgskontrollbericht verzeichnet. Ausgewählte Veröffentlichungen finden sich auf der ChinaRes-Projektwebsite.

1. ChinaRes-Projektwebsite; <https://www.dbfz.de/projektseiten/chinares/projekt>
2. Online-Artikel in topagrar 01/2020 von Hinrich Neumann zu Ergebnissen der Befragungen von Tierhaltern und BGA-Betreibern 2019 (AP 6 Hemmnisanalyse)
3. DBFZ-Pressemitteilung (D/Eng) 13.02.2020 zu Ergebnissen der Befragungen von Tierhaltern und BGA-Betreibern 2019 (AP 6 Hemmnisanalyse)
4. Chinesischer Übersetzung der „Collection of methods for biogas“ der Ausgabe von 2016 durch GIZ 11/2019; <https://www.dbfz.de/projektseiten/chinares/downloads/>
5. Neue Kapitel zur Probenahme von Gülle sowie zur Emissionsabschätzung bei der Güllelagerung (AP3) geschrieben für umfassend überarbeitete und ergänzte englische Fassung der „Collection of methods for biogas“, 2020. <https://www.dbfz.de/projektseiten/chinares/downloads/>
6. Vortrag von Walter Stinner „Nutzung von Gülle und landwirtschaftlichen Co-Substraten – technische Aspekte von Stall zur Biogasanlage“ im Rahmen des Biogasfachgesprächs „Nutzungsoptionen und Handlungsempfehlungen für den Erhalt und den Ausbau der Güllenutzung in Biogasanlagen“ 27.11.2019 DBFZ, Bericht im BiogasJournal, siehe Anhang 10 sowie Diskussion der Ergebnisse in der Fachöffentlichkeit
7. Kurzreport auf Projektwebsite zu Ergebnissen der BGA-Betreiber-Befragung veröffentlicht (AP 6 Hemmnisanalyse), <https://www.dbfz.de/projektseiten/chinares/downloads/>
8. Kurzreport auf Projektwebsite zu Ergebnissen der Tierhalterbefragung veröffentlicht (AP 6 Hemmnisanalyse), <https://www.dbfz.de/projektseiten/chinares/downloads/>
9. Stinner, W.; Emission reduction in manure chain; Progress in Manure and Digestate 2021, International Online Conference, Germany-China, January, 26th 2021
10. Schumacher, B.; Rensberg, N.; Stinner, W.: The state of manure management and biogas in Germany - A recent survey of biogas plant operators (2020). Progress in Manure & Digestate 2021 – International Online Conference by IBBK, 25.-27.01.2021
11. Stinner, W. (2020). Biogas, quo vadis? Vortrag gehalten: Biogas aus Stroh, Gülle & Co., [online], 26.08.-23.10.2020.
12. Stinner, W. (2020). Herausforderungen der Pflanzenernährung vor dem Hintergrund von Klimawandel, Ressourcenknappheit und Umweltaforderungen: MAP als Chance? Vortrag gehalten: Biogas aus Stroh, Gülle & Co., [online], 26.08.-23.10.2020.
13. Stinner, W. (2020). Nährstoffmanagement: Einführung in die Thematik. Vortrag gehalten: Biogas aus Stroh, Gülle & Co., [online], 26.08.-23.10.2020.

## 2 Ergebnisse

14. Stinner, W. (2020). Potentiale und Kosten der Strohvergärung. Vortrag gehalten: Biogas aus Stroh, Gülle & Co., [online], 26.08.-23.10.2020.
15. Stinner, W. (2020). Zukunftsoption Wirtschaftsdünger?: Klimaschutzeffekte, Rahmenbedingungen und Herausforderungen. Vortrag gehalten: Biogas aus Stroh, Gülle & Co., [online], 26.-27.08.2020.
16. Stinner, W. (2020). Nutrient management: a challenge for animal husbandry and biogas plants. Vortrag gehalten: Great Cycle - International Symposium on Rural Biowaste-to-Resource, [online], 24.-27.09.2020.
17. Stinner, W. (2020). Wirtschaftsdüngernutzung und Gärrestverwertung: Zukunftsbausteine für Biogas? Klimaschutzeffekte, Rahmenbedingungen und Herausforderungen. Vortrag gehalten: IBBK Konferenz "Fortschritt Gülle und Gärrest", Schwäbisch Hall, 06.10.2020.
18. Stinner, W. (2020). Maßnahmen zur Emissionsminderung bei der Gärproduktbehandlung und -nutzung. Vortrag gehalten: Aufbereitung und Verwertung von Gärprodukten, [online], 27.- 28.10.2020.
19. Stinner, W.; Schliermann, T.; Schumacher, B. (2020). Current DBFZ-Activities with China. Vortrag gehalten: RETech/AG China, [online], 04.09.2020.
20. Stinner, W.; Wirtschaftlichkeitsaspekte der Strohvergärung (besondere Berücksichtigung der Silierung mit Stroh, gemeinsame Ergebnisse mit CAU); Gehalten auf: Stroh, Gras > Biogas, Dingolfing virtuell, 02.03.2021
21. Stinner, W.; Bedeutung von Gärprodukten in Bezug auf Klimaschutz und Klimafolgenanpassung; Mitgliederversammlung der Gütegemeinschaft Gärprodukte e.V., Donnerstag, 18. März 2021;
22. Stinner, W.; Wirtschaftsdüngernutzung und Gärrestverwertung – Zukunftsbausteine für Biogas? Klimaschutzeffekte, Rahmenbedingungen und Herausforderungen; Online Biogastagung der Energieagentur Rheinland-Pfalz, 3.3.2021
23. Stinner, W.; Mitigation of CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emissions by anaerobic digestion and closed digestate storage; Virtual Study Tour on "Animal Manure Treatment and Utilisation in Germany"; Module 1; April, 8th 2021
24. Schumacher, B.; Rensberg, N.; Stinner, W., Nelles, M.: Gülle-Management an Biogasanlagen – Ergebnisse einer aktuellen Umfrage unter Biogasanlagenbetreibern in Deutschland. 15. Rostocker Bioenergieforum, Schriftenreihe Umweltingenieurwesen, Band 105, 16./17.06.2021, Online-Vortrag

Anhang

**Anhang**



## A 1 Anhang – DBFZ Betreiberbefragung

Im Rahmen der jährlichen DBFZ Betreiberbefragung wurden ausgewählte Fragen für vorliegende Projekt neu aufgenommen und ergänzt. Die DBFZ Betreiberbefragung wird als schriftliche Befragung mittels teilstandardisiertem Fragebogen jährlich durchgeführt.

### A 1.1 DBFZ Betreiberbefragung 2019 (Bezugsjahr 2018)

Tabelle 18: Versand und Rücklauf DBFZ Betreiberbefragung 2019

Bundesland	Versand Fragebögen [Anzahl]	Rücklauf [Anzahl]	Rücklauf je Bundesland [%]
Baden-Württemberg	900	51	5,7
Bayern	2.174	162	7,5
Berlin/ Bremen/ Hamburg	11	-	-
Brandenburg	240	9	3,8
Hessen	234	15	6,4
Mecklenburg-Vorpommern	223	14	6,3
Niedersachsen	1.256	78	6,2
Nordrhein-Westfalen	605	51	8,4
Rheinland-Pfalz	174	8	4,6
Saarland	13	1	7,7
Sachsen	249	22	8,8
Sachsen-Anhalt	201	10	5,0
Schleswig-Holstein	416	35	8,4
Thüringen	187	18	9,6
anonym		9	
<b>Gesamt</b>	<b>6.883</b>	<b>483</b>	<b>7,0</b>

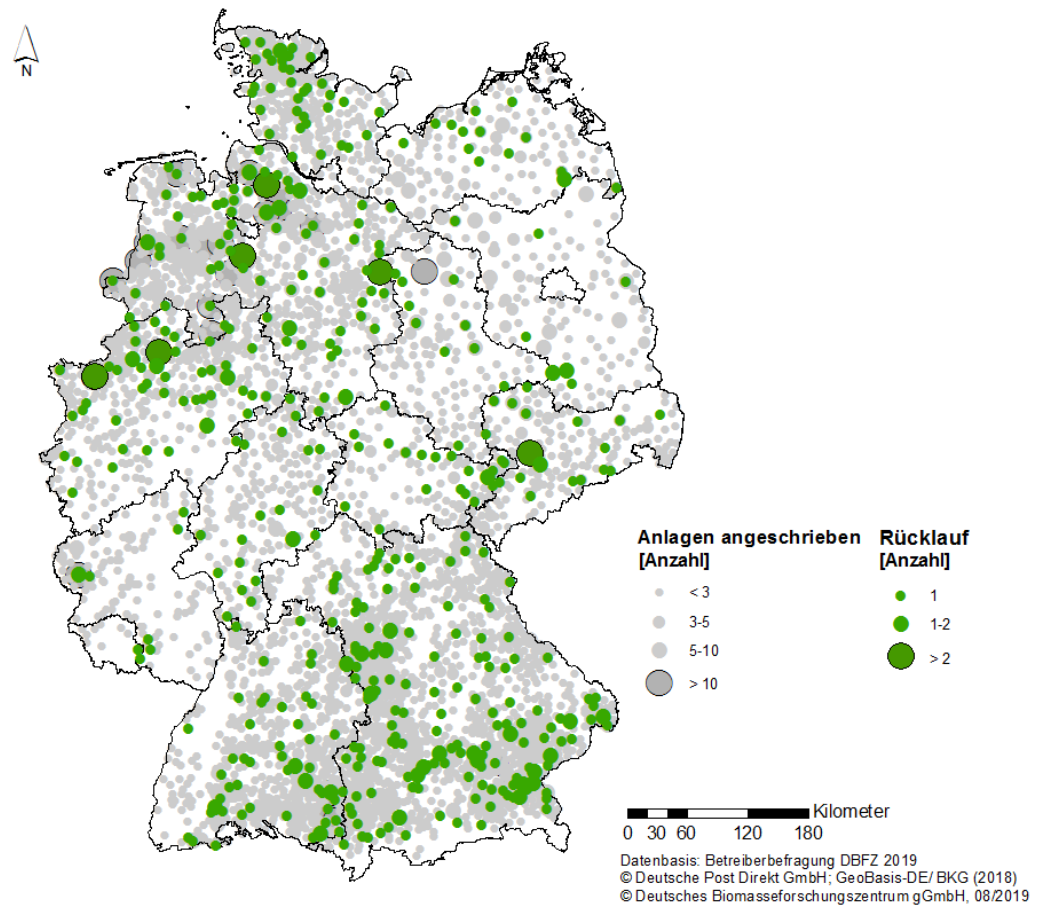


Abbildung 46: Regionale Verteilung Versand und Rücklauf DBFZ Betreiberbefragung 2019

Abbildung 47: Fragebogen DBFZ Betreiberbefragung 2019

**Betreiberbefragung Biogas – Bezugsjahr 2018**



Alle Angaben beziehen sich auf das Betriebsjahr 2018. Rückfragen bitte an: biogas@dbfz.de

DBFZ | Torgauer Straße 116 | D-04347 Leipzig

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum  
gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116  
04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112  
Fax: +49 (0)341 2434-133

info@dbfz.de  
www.dbfz.de

Bearbeiter:  
Nadja Rensberg  
Tel.: +49 (0)341 2434-459  
biogas@dbfz.de

Status	<input type="checkbox"/> in Betrieb <input type="checkbox"/> z.Zt. außer Betrieb <input type="checkbox"/> stillgelegt, wann? _____				
<b>BHKW /Stromerzeugung</b>	BHKW 1	BHKW 2	BHKW 3	BHKW 4	weitere BHKW/Turbine /Kessel
installierte el. Leistung [kW <sub>el</sub> ]					
EEG-vergütete Strommenge in 2018 [kWh <sub>el</sub> /Jahr] (inkl. Direktvermarktung)					
Satelliten-BHKW	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja
Abgasbehandlung	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Oxidationskatalysator <input type="checkbox"/> SCR-Katalysator <input type="checkbox"/> thermische Nachverbrennung <input type="checkbox"/> sonstige _____				
<b>Direktvermarktung/ Flexibilisierung</b>					
<input type="checkbox"/> Marktprämienmodell _____ kW <sub>el</sub>	<input type="checkbox"/> Flexibilitätsprämie, erstmalig beansprucht: _____ Monat/Jahr				
Flexibilisierung	zusätzliche Leistung (Überbauung): _____ kW <sub>el</sub>		Erweiterung Gasspeicher um _____ m <sup>3</sup>		
	<input type="checkbox"/> flexible Gasproduktion <input type="checkbox"/> flexible Gasnutzung <input type="checkbox"/> sonstiges _____				
Wärmespeicher	Kapazität gesamt _____ m <sup>3</sup>		Erweiterung für Flexibilisierung um _____ m <sup>3</sup>		
<b>Perspektive nach Auslaufen der EEG-Vergütung</b>					
Planen Sie für die Zeit nach der EEG-Vergütung einen Weiterbetrieb der Anlage?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> aktuell keine Planung hierzu				
	wenn ja, wie?	<input type="checkbox"/> Teilnahme an Ausschreibungen <input type="checkbox"/> Eigenstromnutzung		<input type="checkbox"/> sonstiges: _____	
	<input type="checkbox"/> lokale Direktvermarktung <input type="checkbox"/> Aufbereitung zu Biomethan				
Besteht Interesse an Kraftstofferzeugung/-absatz aus Biogas vor Ort?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> weiß nicht				
Existiert im Umkreis von 10km ein Fuhrpark (>10 Nutzfahrzeuge)?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein   Sektor: <input type="checkbox"/> Agrar <input type="checkbox"/> Transport <input type="checkbox"/> ÖPNV <input type="checkbox"/> Abfall    _____				
Ist die Hofnachfolge für den Weiterbetrieb der Anlage gesichert?	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> noch ungewiss, Grund _____				
<b>Eigenstrom- und Wärmebedarf</b>	Menge	Anteil [%]			
Eigenstromverbrauch der Anlage [kWh <sub>el</sub> /Jahr]		(bez. auf Gesamtstromerzeugung)		<input type="checkbox"/> Eigendeckung <input type="checkbox"/> Fremdbezug	
Eigenwärmeverbrauch der Anlage [kWh <sub>th</sub> /Jahr]		(bez. auf Gesamtwärmeerzeugung)			
<b>Externe Wärmenutzung</b> (ohne Fermenterbeheizung)	Menge [kWh <sub>th</sub> ]	Anteil [%]			
Art: _____		(bez. auf Gesamtwärmeerzeugung)		weitere ext. Wärmenutzung: _____	
Art: _____		(bez. auf Gesamtwärmeerzeugung)			
Art: _____		(bez. auf Gesamtwärmeerzeugung)			
Ist ein Wärmemengenzähler vorhanden?	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, Erfassung der extern genutzten Wärme <input type="checkbox"/> ja, Erfassung des Eigenbedarfes				
<b>Fermenter   Nachgärer   Gärrestlager</b>					
Fermentersystem	<input type="checkbox"/> Rührkessel <input type="checkbox"/> Pfropfenstrom <input type="checkbox"/> Ring-in-Ring <input type="checkbox"/> Batch/ Garage <input type="checkbox"/> weitere: _____				
Fermenter/ Nachgärer (beheizt, isoliert)	Anzahl: _____ / _____	Volumen (gesamt inkl. Nachgärer): _____ m <sup>3</sup>			

Betreiberbefragung Biogas – Bezugsjahr 2018 Fax an: 0341 – 2434 133, E-Mail: biogas@dbfz.de

Gibt es einen offen/ <u>nicht gasdicht</u> abgeschlossenen <b>Anmisch-/Hydrolysebehälter</b> ?		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		
Wird dabei Gärrest oder Rezirkulat zur Anmische verwendet?		<input type="checkbox"/> aus beheiztem Behälter	<input type="checkbox"/> aus nicht beheiztem Behälter <input type="checkbox"/> nein		
Volumen des Anmischbehälters	<input type="text"/> m <sup>3</sup>	Füllen des Anmischbehälters:	<input type="text"/> x pro Woche		
Tägliche Beschickungsmenge Anmischbehälter mit Substrat		<input type="text"/> t	<input type="text"/> m <sup>3</sup>		
Tägliche Beschickungsmenge Anmischbehälter mit Rezirkulat/ Gärrest		<input type="text"/> t	<input type="text"/> m <sup>3</sup>		
<b>Gärrestlager</b> (nicht beheizt) <span style="float:right">Abdeckung Gärrestlager und Volumen Volumen Gärrestlager je nach Abdeckung eintragen!</span>					
<input type="text"/> m <sup>3</sup> offen	<input type="text"/> m <sup>3</sup> <u>gasdicht (techn.)</u> abgedeckt	<input type="text"/> m <sup>3</sup> abgedeckt, <u>nicht gasdicht</u>			
Gärrestaufbereitung vorhanden?		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein wenn ja, welche?: <input type="text"/>		
<b>Behälter und Dächer</b>					
Anzahl der Behälter gesamt (Fermenter/ Nachgärer/ Gärrestlager)		<input type="text"/>	Wieviele Behälter haben Membrandächer? <input type="text"/>		
Dachtypen	<input type="checkbox"/> Beton/Stahl	<input type="checkbox"/> Doppelmembran ohne Stützluft	<input type="checkbox"/> Doppelmembran m. Stützluft <input type="checkbox"/> einschaliges Membrandach		
<b>Gasspeicher</b>					
Messtechnik Füllstand Gasspeicher		<input type="checkbox"/> Seilzug	<input type="checkbox"/> hydrostatisches Messprinzip (Schlauchwaage) <input type="checkbox"/> Druck <input type="checkbox"/> Ultraschall		
		Messtechnik in das Prozessleitsystem eingebunden? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein			
Gasspeichervolumen Fermenter (beschickt)	<input type="text"/> m <sup>3</sup>	Zielfüllstand Gasspeicher:	<input type="text"/> % (im Normalbetrieb)		
Gasspeichervolumen Nachgärer/ Gärrestlager	<input type="text"/> m <sup>3</sup>	Zielfüllstand Gasspeicher:	<input type="text"/> % (im Normalbetrieb)		
<b>Substrate</b>					
Substrataufschluss vorhanden? <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja welcher? <input type="text"/>		<input type="checkbox"/> mechanisch <input type="checkbox"/> chemisch <input type="checkbox"/> biologisch <input type="checkbox"/> thermisch			
Kreuzen Sie bitte jeweils an, ob sich die Mengenangaben auf Silage oder frische Ernte beziehen.	<b>Eigenproduktion/Anbau</b>		<b>Zukauf/von extern</b>		Substrate <b>verfügbar, aber</b> für Biogas <b>ungenutzt</b> am Standort und Umkreis von 5km
	Menge [t/Jahr] Frischmasse	Kosten [€/t <sub>FM</sub> ] frei BGA	Menge [t/Jahr] Frischmasse	Preis [€/t <sub>FM</sub> ] frei BGA	
Gülle <input type="checkbox"/> Rind <input type="checkbox"/> Schwein:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> verfügbar <input type="text"/> t/a
Festmist <input type="checkbox"/> Rind <input type="checkbox"/> Schwein:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> verfügbar <input type="text"/> t/a
<input type="checkbox"/> Geflügelmist <input type="checkbox"/> Hühnertrockenkot	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> verfügbar <input type="text"/> t/a
Mais: frisch <input type="checkbox"/> Silage <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> verfügbar <input type="text"/> t/a
Ackergras: frisch <input type="checkbox"/> Silage <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> verfügbar <input type="text"/> t/a
Grünland: frisch <input type="checkbox"/> Silage <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> verfügbar <input type="text"/> t/a
GPS (Hauptfrucht), Art: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> verfügbar <input type="text"/> t/a
Zwischenfrucht, Art: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> verfügbar <input type="text"/> t/a
Getreidekorn: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> verfügbar <input type="text"/> t/a
Reststoffe, welche? <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> verfügbar <input type="text"/> t/a
weitere: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> verfügbar <input type="text"/> t/a
Was sind die Gründe eigene oder im Umkreis verfügbare Substrate <u>nicht</u> für Biogas zu nutzen?		<input type="checkbox"/> rechtlich <input type="checkbox"/> ökonomisch <input type="checkbox"/> technisch <input type="checkbox"/> Transportentfernung <input type="checkbox"/> sonstige <input type="text"/>			
<b>Zugabe von Additiven</b>		Haben Sie schon einmal <u>Additive</u> eingesetzt? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein			
Wenn ja, welche Effekte konnten Sie beobachten?		<input type="checkbox"/> Reduktion Schwimmdecken <input type="checkbox"/> Reduktion Leistungseintrag Rührer o. Pumpen <input type="checkbox"/> gesteigerte Biogasproduktion <input type="checkbox"/> Substrateinsparung <input type="checkbox"/> keine			
Wie viel Geld geben bzw. würden Sie für den Einsatz von Enzymen pro Jahr zahlen?		<input type="checkbox"/> <10.000 €/a <input type="checkbox"/> 10.000 - 20.000 €/a <input type="checkbox"/> 20.000 - 30.000 €/a <input type="checkbox"/> >30.000 €/a			
Bewerten Sie Ihre Anlage hinsichtlich genutzter Güllemanagementverfahren/ Betriebsabläufe zur Emissionsminderung als vorbildlich?		<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> weiß nicht			
Ansprechpartner	<input type="text"/>	Telefon	<input type="text"/>		
Adresse	<input type="text"/>	E-Mail	<input type="text"/>		

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

## A 1.2 DBFZ Betreiberbefragung 2020 (Bezugsjahr 2019)

Tabelle 19: Versand und Rücklauf DBFZ Betreiberbefragung 2020

Bundesland	Versand Fragebögen [Anzahl]	Rücklauf [Anzahl]	Rücklauf je Bundesland [%]
Baden-Württemberg	831	64	7,7
Bayern	2.060	222	10,8
Berlin/ Bremen/ Hamburg	4		
Brandenburg	215	21	9,8
Hessen	208	22	10,6
Mecklenburg-Vorpommern	196	11	5,6
Niedersachsen	1.194	112	9,4
Nordrhein-Westfalen	553	52	9,4
Rheinland-Pfalz	158	14	8,9
Saarland	13	1	7,7
Sachsen	218	29	13,3
Sachsen-Anhalt	162	15	9,3
Schleswig-Holstein	392	36	9,2
Thüringen	165	23	13,9
anonym		8	
<b>Gesamt</b>	<b>6.369</b>	<b>630</b>	<b>9,9</b>

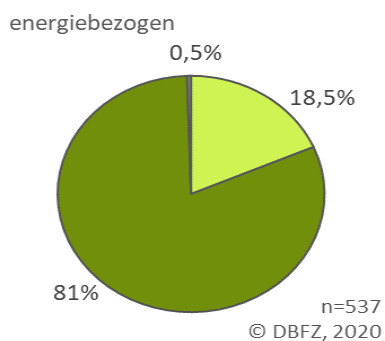


Abbildung 48: energiebezogener Substratinput in landwirtschaftlichen Biogasanlagen

## Anhang

Tabelle 20: Rücklauf DBFZ Betreiberbefragung 2020 differenziert nach Leistungsklassen

Install. Gesamtanlagenleistung	Anzahl	Verteilung der Rückläufe [%]	Anlagenbestand, Anteil Biogasproduktionsanlagen [%]
$\leq 75 \text{ kW}_{\text{el}}$	71	11,3	11,7
76 – 150 $\text{kW}_{\text{el}}$	21	3,3	5,6
151 – 300 $\text{kW}_{\text{el}}$	70	11,1	14,0
301 – 500 $\text{kW}_{\text{el}}$	129	20,5	23,1
501 – 1.000 $\text{kW}_{\text{el}}$	181	28,8	29,2
$> 1.000 \text{ kW}_{\text{el}}$	157	25,0	16,4

# Anhang

Abbildung 49: Fragebogen DBFZ Betreiberbefragung 2020

## Betreiberbefragung Biogas – Bezugsjahr 2019

Alle Angaben beziehen sich auf das Betriebsjahr 2019. Rückfragen bitte an: biogas@dbfz.de



DBFZ | Torgauer Straße 116 | D-04347 Leipzig

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum  
gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116  
04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-459  
Fax: +49 (0)341 2434-133

info@dbfz.de  
www.dbfz.de

Bearbeiter:  
Nadja Rensberg  
Tel.: +49 (0)341 2434-459  
biogas@dbfz.de

Status	<input type="checkbox"/> in Betrieb <input type="checkbox"/> z.Zt. außer Betrieb <input type="checkbox"/> stillgelegt, wann? _____					
gesamt installierte Leistung	_____ kW <sub>el</sub>	Bemessungsleistung _____ kW <sub>el</sub>				
<b>BHKW /Stromerzeugung</b>	BHKW 1	BHKW 2	BHKW 3	BHKW 4	BHKW 5	BHKW /Turbine /Kessel
installierte el. Leistung [kW <sub>el</sub> ]						
EEG-vergütete Strommenge in 2019 [kWh <sub>el</sub> /Jahr] (inkl. Direktverm.)						
BHKW zur Flexibilisierung	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja
Satelliten-BHKW	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> ja
Abgasbehandlung	<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Oxidationskatalysator <input type="checkbox"/> SCR-Katalysator <input type="checkbox"/> thermische Nachverbrennung <input type="checkbox"/> sonstige _____					
<b>Direktvermarktung/ Flexibilisierung</b>						
<input type="checkbox"/> Direktvermarktung (Marktprämie) <input type="checkbox"/> Flexprämie <input type="checkbox"/> EEG-Festvergütung    Laufzeit EEG/ Gesamtanlage bis: _____ (Monat/Jahr)						
Speicher:	Wärmespeicher _____ m <sup>3</sup>	Gasspeicher _____ m <sup>3</sup>				
<b>Eigenstromverbrauch</b>			<b>Menge und Anteil an Gesamtstromerzeugung</b>			
Anlagenbetrieb Biogasanlage	<input type="checkbox"/> Eigendeckung <input type="checkbox"/> Fremdbezug		_____ kWh <sub>el</sub>	_____ % Gesamtstromerz.		
weiterer Selbstverbrauch des erzeugten Stroms; nicht Betrieb der Biogasanlage (für landw. Betrieb, Wohnhaus, etc.)			_____ kWh <sub>el</sub>	_____ % Gesamtstromerz.		
<b>Wärmeverbrauch /-nutzung</b>			<b>Menge und Anteil an Gesamtwärmeerzeugung</b>			
<b>Eigenwärmebedarf</b> (Fermenterheizung)			_____ kWh <sub>th</sub>	_____ % Gesamtwärmeerz.		
<b>Externe Wärmenutzung</b>	Wohnhaus/ Warmwasser (eigenes Haus, <3 Nachbarn)		_____ kWh <sub>th</sub>	_____ % Gesamtwärmeerz.		
	Büro/ Werkstatt		_____ kWh <sub>th</sub>	_____ % Gesamtwärmeerz.		
	Stall/ landw. Betrieb		_____ kWh <sub>th</sub>	_____ % Gesamtwärmeerz.		
	Wärmenetz <input type="checkbox"/> Wohnhäuser <input type="checkbox"/> Gewerbe/öffentl. Gebäude <input type="checkbox"/> Industrie		_____ kWh <sub>th</sub>	_____ % Gesamtwärmeerz.		
	Gewerbe/ Handel/ Industrie		_____ kWh <sub>th</sub>	_____ % Gesamtwärmeerz.		
	Trocknungsprozesse _____		_____ kWh <sub>th</sub>	_____ % Gesamtwärmeerz.		
	sonstige _____		_____ kWh <sub>th</sub>	_____ % Gesamtwärmeerz.		
<b>Fermenter   Nachgärer   Gärrestlager</b>						
Fermentersystem	<input type="checkbox"/> Rührkessel <input type="checkbox"/> Pfropfenstrom <input type="checkbox"/> Batch/ Garage <input type="checkbox"/> weitere: _____					
Behälter	Anzahl: _____ / _____ / _____ Fermenter/ Nachgärer/ Gärrestlager			Volumen _____ m <sup>3</sup> Fermenter + Nachgärer (ohne Gärrestlager)		

Betreiberbefragung Biogas – Bezugsjahr 2019 Fax an: 0341 – 2434 133, E-Mail: biogas@dbfz.de

<input type="checkbox"/> Nutzung eigener ehemaliger Güllebehälter		<input type="checkbox"/> Nutzung fremder ehem. Güllebehälter		<input type="checkbox"/> Kombination/ beides			
Einbringung Feststoffe in BGA		<input type="checkbox"/> Feststoffeinbringung		<input type="checkbox"/> Vorgrube/ Anmischung m. Gärrest			
		<input type="checkbox"/> Gülleabwurfschacht d. Stalles					
Gibt es einen <u>nicht gasdicht</u> geschlossenen (offenen) Anmisch-/Vorlagebehälter?				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="text"/> m <sup>3</sup>			
<b>Abdeckung Gärrestlager und Volumen</b> (Volumen Gärrestlager je nach Abdeckung eintragen!)							
<input type="text"/> m <sup>3</sup> offen		<input type="text"/> m <sup>3</sup> gasdicht (techn.) abgedeckt		<input type="text"/> m <sup>3</sup> abgedeckt, nicht gasdicht			
Gärrestaufbereitung vorhanden?				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein wenn ja, welche?: <input type="text"/>			
<b>Landwirtschaftlicher Betrieb / Gülle-Management und Biogas</b>							
Entmistung		<input type="checkbox"/> Schieber/ maschinelles tägliches Abschieben					
		<input type="checkbox"/> Spaltenboden					
		<input type="checkbox"/> eingestreuter Stall mit saisonaler Entmistung					
		<input type="checkbox"/> anderes <input type="text"/>					
Zeit zw. Gülleanfall und Einbringung in BGA		<input type="checkbox"/> bis 24h		<input type="checkbox"/> bis 7 Tage			
		<input type="checkbox"/> länger					
Bewerten Sie Ihre Anlage hinsichtlich genutzter Gülle-Managementverfahren als vorbildlich?				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> weiß nicht			
Baukosten der Biogasanlage		<input type="checkbox"/> < 4.000 €/kW <sub>el</sub> install.		<input type="checkbox"/> 4.000 – 8.000 €/kW <sub>el</sub> install.			
		<input type="checkbox"/> > 8.0000 €/kW <sub>el</sub> install.		Angabe bezieht sich auf: <input type="checkbox"/> Mehrkosten der Biogasanlage <input type="checkbox"/> gemeinsame Einrichtungen Stall/ Biogasanlage			
<b>Substrate</b>							
Kreuzen Sie bitte jeweils an, ob sich die Mengenangaben auf Silage oder frische Ernte beziehen.		Eigenproduktion/Anbau		Zukauf/von extern			
		Menge [t/Jahr] Frischmasse	Kosten [€/t <sub>FM</sub> ] frei BGA	Menge [t/Jahr] Frischmasse	Preis [€/t <sub>FM</sub> ] frei BGA	Anzahl Zulieferbetriebe	
Gülle	<input type="checkbox"/> Rind <input type="checkbox"/> Schwein:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Festmist	<input type="checkbox"/> Rind <input type="checkbox"/> Schwein:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input type="checkbox"/> Geflügelmist <input type="checkbox"/> Hühnertrockenkot		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Mais:	frisch <input type="checkbox"/> Silage <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Ackergras:	frisch <input type="checkbox"/> Silage <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Grünland:	frisch <input type="checkbox"/> Silage <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
GPS (Hauptfrucht), Art:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Zwischenfrucht, Art:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Getreidekorn:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Reststoffe, welche?	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
weitere:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<b>Perspektive nach Auslaufen der EEG-Vergütung</b>							
Was planen Sie nach Auslaufen der EEG-Vergütung?		<input type="checkbox"/> Weiterbetrieb der Anlage		<input type="checkbox"/> Stilllegung			
		<input type="checkbox"/> aktuell keine Planung hierzu		<input type="checkbox"/> Interesse/Bedarf an Beratung			
		<input type="checkbox"/> Teilnahme an Ausschreibungen		<input type="checkbox"/> Eigenbedarf		<input type="checkbox"/> lokale Direktvermarktung	
		<input type="checkbox"/> Aufbereitung zu Biomethan		<input type="checkbox"/> KWK		<input type="checkbox"/> Kraftstoff	
		<input type="checkbox"/> ausschließlich Wärmenutzung)		<input type="checkbox"/> Reduktion der Substratmengen/ Gasproduktion			
		<input type="checkbox"/> sonstiges: <input type="text"/>					
Ist die Hofnachfolge für den Weiterbetrieb der Anlage gesichert?				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> noch ungewiss, Grund <input type="text"/>			
<b>Nachhaltigkeitszertifizierung von Biogasanlagen</b>							
Die Nachhaltigkeitszertifizierung wird Mitte 2021 auf Strom und Wärme aus Biogas ausgeweitet. Haben Sie von dieser Änderung Kenntnis?				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht relevant für mich			
Haben Sie bereits Erfahrungen mit Nachhaltigkeitszertifizierungen?		<input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja wenn ja: <input type="checkbox"/> Selbsterklärung als Anbauer <input type="checkbox"/> Zertifizierung der Biogasanlage					
Besteht Interesse an einer freiwilligen Zertifizierung der Biogasanlage?				<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> vielleicht			
Welche Herausforderungen sehen Sie bei der Zertifizierung einer/ Ihrer Biogasanlage?		<input type="checkbox"/> Bürokratie <input type="checkbox"/> Aufwand/Kosten <input type="checkbox"/> fehlendes Fachwissen <input type="checkbox"/> THG- Berechnung <input type="checkbox"/> sonstiges <input type="text"/>					

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!



## A 2 Anhang – Befragung Tierhalter ohne eigene Biogasanlage

Die Befragung erfolgte im Sommer 2019 als Onlinebefragung mittels teilstandardisiertem Fragebogen. Die Befragung wurde über Onlineausgaben diverser -Agrarfachmagazine des DBFZ bei Landwirten beworben und diese zur Teilnahme aufgerufen. Die Teilnahme an der Befragung erfolgte über einen Onlinefragebogen. Zudem bestand die Möglichkeit, den Fragebogen als Formular herunterzuladen und auszufüllen.

Für die Auswertung standen insgesamt 147 Rückmeldungen von Tierhaltern zur Verfügung. Die regionale Verteilung zeigt, dass der Rücklauf ungleich verteilt war. In Ostdeutschland ist die Anzahl der Teilnehmer sehr gering. Insgesamt liegen für die Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen lediglich 7 Rückmeldungen vor. Mehr als die Hälfte der gesamt verfügbaren Teilnehmer der Befragung sind Viehbetrieben in Bayern, Niedersachsen oder Nordrhein-Westfalen zuzuordnen.

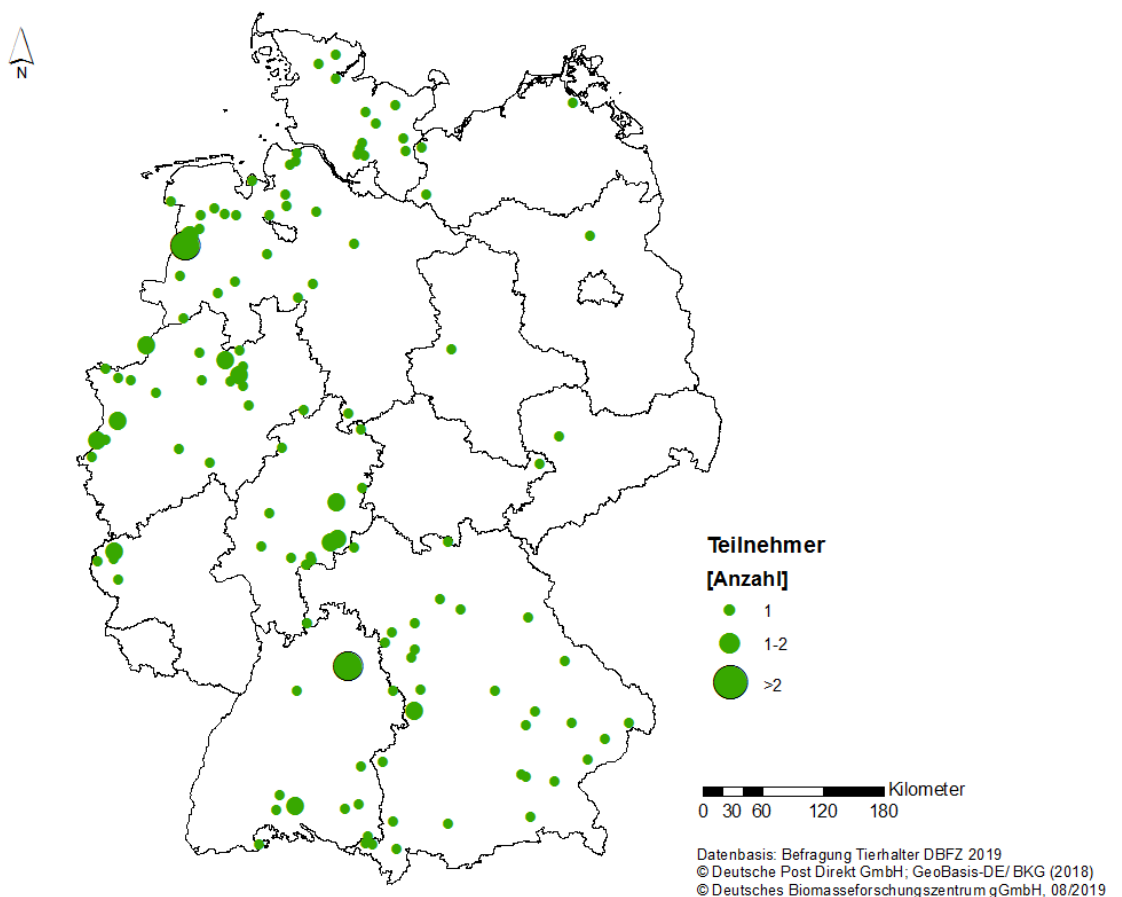


Abbildung 50: Regionale Verteilung Rücklauf Tierhalterbefragung, Bezugsebene: Postleitzahl

## Anhang

Tabelle 21: Versand und Rücklauf Tierhalterbefragung

	Rücklauf [Anzahl]	Anteil Rücklauf [%]	Verteilung landw. Hal­tungen mit Rindern [%]
Baden-Württemberg	14	9,5	11,2
Bayern	32	21,8	31,8
Berlin/ Bremen/ Hamburg	-	-	0,2
Brandenburg	1	0,7	3,0
Hessen	15	10,2	5,8
Mecklenburg-Vorpommern	3	2,0	2,3
Niedersachsen	28	19,0	14,7
Nordrhein-Westfalen	26	17,7	12,0
Rheinland-Pfalz	6	4,1	3,5
Saarland	-		-
Sachsen	1	0,7	0,5
Sachsen-Anhalt	1	0,7	4,8
Schleswig-Holstein	12	8,2	2,1
Thüringen	1	0,7	5,3
anonym	7	4,8	2,9
Summe	147	100	100

Datenbasis: Tierhalterbefragung 2019, landw. Hal­tungen: Destatis 2019

Abbildung 51: Fragebogen Tierhalterbefragung



### Befragung Tierhalter ohne Biogasanlage

Rücksendung & Rückfragen bitte an [biogas@dbfz.de](mailto:biogas@dbfz.de), Fax an 0341-2434 133

Grunddaten	
Sind Sie Tierhalter?	<input type="checkbox"/> ja, Vollerwerb <input type="checkbox"/> ja, Nebenerwerb <input type="checkbox"/> nein <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> Biobetrieb <input type="checkbox"/> konventioneller</span>
Standort des Betriebes	Postleitzahl <input style="width: 50px;" type="text"/>
Größe des Betriebes – Angaben entweder in Tierzahlen oder GV	
<input type="checkbox"/> Tierzahlen o. <input type="checkbox"/> GV	<input type="checkbox"/> Rinder <input type="checkbox"/> Schweine <input type="checkbox"/> Geflügel <input type="checkbox"/> Schafe/Ziegen <input type="checkbox"/> Pferde
Gülle/Mist [t/Jahr]	<input type="checkbox"/> Rinder <input type="checkbox"/> Schweine <input type="checkbox"/> Geflügel <input type="checkbox"/> Schafe/Ziegen <input type="checkbox"/> Pferde
Genutzte Entmistungstechnik (Rind/Schwein) <input type="checkbox"/> Spaltenboden <input type="checkbox"/> Schieber <input type="checkbox"/> sonstiges <input style="width: 50px;" type="text"/>	
Güllelagerung: <input type="checkbox"/> unterm Stall <input type="checkbox"/> außerhalb <input type="checkbox"/> Kombination Einstreu:	
Feld- o. Weideflächen ha	Zukauf Futter ca. <input style="width: 30px;" type="text"/> t/a Art: <input style="width: 50px;" type="text"/> (Heu etc.) Zukauf Einstreu ca. <input style="width: 30px;" type="text"/> t/a
<input type="checkbox"/> Ich habe <u>keine eigene</u> Biogasanlage.	<input type="checkbox"/> keine Biogasnutzung (weder intern noch extern) <input type="checkbox"/> <input style="width: 30px;" type="text"/> % an Gülle/Mist geht in eine externe Biogasanlage
Ich habe schon über den Bau einer eigenen Biogasanlage nachgedacht. <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> ja, aber dann dagegen entschieden <input type="checkbox"/> nein	
Welche Gründe gibt es, Gülle/Mist nicht (bzw. unvollständig) in einer Biogasanlage (BGA) zu nutzen? (Mehrfachnennung möglich)	
Diese Gründe <u>gegen eine eigene BGA</u> treffen bei mir zu:	
Wirtschaftliche Gründe	<input type="checkbox"/> zu geringe Gülle-/Mistmengen <input type="checkbox"/> Invest ist zu hoch/zu riskant für BGA <input type="checkbox"/> BGA-Betrieb wäre unrentabel
Rechtliche Gründe	<input type="checkbox"/> ja, folgende <input type="checkbox"/> EEG <input type="checkbox"/> DüV <input type="checkbox"/> AwSV <input type="checkbox"/> Baurecht <input type="checkbox"/> keine
Technische Gründe	<input type="checkbox"/> Haltungsform (z.B. Freiland/Weide) verhindert die Nutzung <input type="checkbox"/> Stallform/Entmistungssystem ungeeignet <input type="checkbox"/> kein Platz für eine BGA vorhanden <input type="checkbox"/> Gülle zu wässrig <input type="checkbox"/> Mist schwierig handhabbar <input type="checkbox"/> Risiko Havarie
Weitere Gründe	<input type="checkbox"/> Biogas interessiert mich nicht <input type="checkbox"/> Zeitaufwand BGA-Betrieb zu hoch <input type="checkbox"/> Mangel Fachpersonal für BGA-Betrieb <input type="checkbox"/> Nachbarn sind dagegen <input type="checkbox"/> Sonstiges: <input style="width: 50px;" type="text"/> <input type="checkbox"/> Ich gebe die Tierhaltung voraussichtlich innerhalb von 20 Jahren auf.
Gründe <u>gegen</u> Einbindung <u>externer BGA</u> <input type="checkbox"/> keine andere BGA in der Nähe <input type="checkbox"/> keine Kooperation möglich <input type="checkbox"/> kein Interesse	
Was müsste sich ändern damit Gülle/ Mist vollständig in einer Biogasanlage (BGA) genutzt wird? (Mehrfachnennung möglich)	
<input type="checkbox"/> Nichts. Ich habe kein Interesse an Biogas. <input type="checkbox"/> Nichts. Eine sinnvolle Nutzung ist unmöglich, weil <input style="width: 50px;" type="text"/>	
<input type="checkbox"/> Kooperation mit externer BGA (BGA bereits vorhanden) <input type="checkbox"/> Gemeinschafts-BGA (BGA-Standort bei Partner)	
Eigene Neubau-BGA nur denkbar wenn...	
<input type="checkbox"/> zusätzliche Substrate verfügbar	<input type="checkbox"/> rentable Stromverwertung <input type="checkbox"/> rentable Wärmeverwertung
<input type="checkbox"/> rentable Gasverwertung	<input type="checkbox"/> BGA-Invest geringer <input type="checkbox"/> geringeres finanzielles Risiko
<input type="checkbox"/> bessere Kreditkonditionen	<input type="checkbox"/> externer Investor (Landwirt nur Betrieb)
<input type="checkbox"/> bessere Akzeptanz für Biogas	<input type="checkbox"/> verbesserte Stall-Konzepte <input type="checkbox"/> verbesserte BGA-Konzepte
<input type="checkbox"/> Erwerb von notwendigen Flächen möglich	<input type="checkbox"/> minimales Havarie-Risiko
<input type="checkbox"/> EEG-Änderung <input style="width: 50px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/> AwSV-Änderung <input style="width: 50px;" type="text"/> <input type="checkbox"/> Hygienisierungsvorschrift <input style="width: 50px;" type="text"/>
<input type="checkbox"/> DüV-Änderung <input style="width: 50px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/> Baurecht-Änderung <input style="width: 50px;" type="text"/>
In BGA-Planungsphase <input type="checkbox"/> Bürokratieabbau <input type="checkbox"/> bessere unabhängig Beratung <input type="checkbox"/> Sonstiges: <input style="width: 50px;" type="text"/>	
In BGA-Betriebsphase <input type="checkbox"/> Bürokratieabbau <input type="checkbox"/> bessere unabhängig Beratung <input type="checkbox"/> Sonstiges: <input style="width: 50px;" type="text"/>	
Fachpersonal BGA verfügbar <input type="checkbox"/> eigenes <input type="checkbox"/> externes (ggf. Genossenschaft oder Fernüberwachung)	
<input type="checkbox"/> Sonstiges: <input style="width: 50px;" type="text"/>	
Ansprechpartner <input style="width: 50px;" type="text"/>	Telefon <input style="width: 50px;" type="text"/>
Adresse <input style="width: 50px;" type="text"/>	E-Mail <input style="width: 50px;" type="text"/>

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Befragung!

## A 3 Anhang - Best-Case-Biogasanlage mit Stall-Entmistungskonzept




### A 3.1 Best-Case-Anlage 1




#### Stallung und Entmistung



Die Best-Case-Anlage 1 steht in Sachsen auf dem Gelände eines Landwirtschaftsbetriebes neben einer Milchviehanlage mit Nachzucht. Die Herdengröße beträgt 660 GV (Großvieheinheiten), davon sind 240 GV Jungtiere und 420 GV Milchvieh. Pro Jahr werden in diesem Landwirtschaftsbetrieb ca. 4 Mio. kg Milch produziert. Auf dem Gelände werden 4 Stallanlagen betrieben, wobei 3 Ställe mit planbefestigten Böden und 1 Stall mit Spaltenboden ausgeführt ist. Bei den planbefestigten Stallungen sind die Laufställe zusätzlich mit Voll-Gummimatten ausgelegt. Die Entmistung erfolgt über seilzugbetriebene Schlepp-Schiebersysteme. Die Frischgülle wird täglich in eine emissionsarmabgedeckte Güllegrube aus den Stallungen gepumpt. Die Biogasanlage steht auf dem Gelände des Landwirtschaftsbetriebes direkt neben den Stallungen.




*Checkliste Best-Case-Anlage 1 (erstellt nach Quellen: FNR Gülle-Kleinanlagen, DBFZ Fragebogen Tierhaltung); Auszug*

	<b>Wirtschaftsdünger- / Substratanfall und Lagerung</b>	<b>Aussagen Landwirtschaftsbetrieb/ BGA Betrieb / Bemerkungen</b>	<b>Bilder</b>
1	Herdengröße, Tierart, Tierkategorie  (GV, Milchvieh, Jungvieh, Bullen etc.)	660 GV gesamt davon  240 GV Jungvieh  420 GV Kühe (Milchvieh)  4 Mio. kg jährliche Milchproduktion	  <p>© DBFZ</p>

<p>2</p>	<p>Haltungsverfahren  (Einstreu, Weidegang etc.)</p>	<p>Stroh-Einstreu nur bei Jungvieh (Alter: 0-6 Monate)</p> <p>Milchvieh steht auf Hochboxen – ohne Einstreu,</p> <p>Laufgang ist mit Voll-Gummimatten ausgelegt; Schieber werden mit Seilzugwinden angesteuert;</p> <p>Weidegang wurde seit 2010 eingestellt;</p>	 <p>© DBFZ</p>  <p>© DBFZ</p>
<p>3</p>	<p>Leistungsniveau</p>	<p>Milchleistung:  ca.10.000 kg /Kuh x a</p> <p>Erstkalbealter bei Jungvieh:  23,4 Monate</p> <p>Remontierungsrate: 28,4%</p>	
<p>4</p>	<p>Fütterungsstrategie u. Umgang mit Futterresten, Art der Futtertischsäuberung</p>	<p>Futtertischsäuberung täglich,</p> <p>Futterreste werden täglich früh vor Fütterung mit Radlader aus dem Stall auf außenliegende Beton-Lagerplatte geschoben und frei gelagert</p>	 <p>© DBFZ</p>

		<p>Tiere können ganztägig fressen</p>	 <p>© DBFZ</p>
5	<p>Entmistungsverfahren je Tierart</p> <p>(Schieberentmistung, Spaltenboden, Güllekeller etc.)</p>	<p>Schlepp-Schieberentmistung 4 x Stück pro Stall; Schieber schiebt Gülle in Gülleschacht (freies Gefälle in Güllegrube am Stall)</p> <p>Ca. 10 mal pro Tag je Laufstall Schieberentmistung</p> <p>Planbefestigter Laufstall außer 30 Kühe stehen auf Spaltenboden mit Güllekeller (alter Stall) sonst Stall-Güllebunker mit 25 – 30 m<sup>3</sup> Güllevolumen;</p> <p>Milchviehstall-Güllebunker: 70 m<sup>3</sup></p>	 <p>© DBFZ</p>  <p>© DBFZ</p>
6	<p>Anwendung und Art von Stall-Reinigungs- u. Desinfektionsmitteln</p> <p>(Stallreinigung, Melkstandabwasser etc.)</p>	<p>Melkstandabwasser wird separat erfasst und gelagert; Desinfektion wird nur im Melkstand verwendet, somit nicht mit Gülle erfasst;</p> <p>Reinigung mit Desinfektionsmittel im</p>	

		Stall erfolgt einmal jährlich	
7	Art der Sammlung u. Zwischenlagerung von Gülle / Futterresten	<p>Festmist wird auf das Feld gebracht; in BGA wird kein Festmist eingebracht, Überlegung war da, aber Aufwand für Vorbehandlung (Störstoffabscheidung, Zerkleinerung) zu hoch!</p> <p>Frischgülle aus Stall-Güllebunkern wird täglich in BGA-Güllevorgrube gepumpt;</p> <p>BGA-Güllevorgrube: Betonrundbehälter mit emissionsmindernder Abdeckung</p>	 <p>© DBFZ</p>
8	<p>Lagerdauer der Gülle / Festmist/ Futterresten vor Einbringung in BGA</p> <p>Erfassung Alter der Gülle vor Einbringung in BGA</p>	<p>Frischgülle wird täglich aus abgedeckten Stall-Güllegruben in BGA-Güllevorgrube gepumpt; von da aus täglich Fütterung von Frischgülle in BGA,</p> <p>Beim Bau der BGA wurde auf „kurze“ Wege der Pumpleitungen und Zufahrt von Stall und Silo geachtet.</p>	 <p>© DBFZ</p>
9	Eintrag von Wasser/ Stallwasser/ Regenwasser von Außenflächen in	Regenwasser wird separat gesammelt und gelagert;	

	Gülle/ Mistlagersystem	Silosickerwasser wird teilweise in BGA-Gülle vorgrube gepumpt	
10	Verwendung von weiteren Co-Substraten (Silageabraum, Mindergrassilage etc.)	Einsatz von Silorand- und Abdeckschichten als BGA Substrat, somit wird die Futterqualität für Tiere hochgehalten!  Vorschub im Silo muss erkennbar sein: schneller Vorschub → bessere Silage für Futter gewährleistet; Mindersilage wird mittels Radlader separat auf Siloplatte früh gelagert und täglich in BGA gebracht	 <p>© DBFZ</p>
11	Änderung / Optimierung am Entmistungsverfahren  (z. B. Umstellung von Spaltenboden & Güllekeller zu Schiebeentmistung, Umbau abschiebbare Staustufen, Kammern, Röhreinrichtung etc.),  Verbesserung Stallklima	Ziel: was anfällt, soll so schnell wie möglich verwertet werden; baul. Anpassungen: Gülleleitung von Stall zu BGA-Gülle vorgrube und Neubau Lagerplatz vor BGA (Betonplatte mit Anfahrwand) für Lagerung von Futterresten; Restfutterhaufen werden tägl. beräumt und als Substrat in BGA eingebracht	 <p>© DBFZ</p>  <p>© DBFZ</p>



## Biogasanlage

Die Biogasanlage besteht aus einem Annahmedosierer mit 33 m<sup>3</sup> Füllvolumen, zwei parallel betriebenen Fermentern sowie einem Nachgärer. Alle drei Behälter sind als Rundbehälter in Stahlbetonbauweise ausgeführt mit einem Nutzvolumen von je 1.323 m<sup>3</sup>. Weiter angebunden sind offene Gärrestlagerbehälter mit einem Fassungsvermögen von 6.000 m<sup>3</sup>. Zur Homogenisierung des Gärsubstrates kommen ausschließlich baugleiche Langwellen-Rührwerke zum Einsatz. Doppelwandige Foliengasspeicher (Doppelmembrantragluftfoliendach) befinden sich auf beiden Fermentern sowie dem Nachgärer mit insgesamt 630 m<sup>3</sup> Gasspeichervolumen. Die Gasverwertung erfolgt über zwei BHKW mit einer elektrischen Leistung von 170 kW und 370 kW (siehe Abbildung 52).



Abbildung 52: Biogasanlage der Best-Case-Anlage 1 mit Futterrestelager (vorn), beiden Fermentern und BHKW Modulen © DBFZ



Die Anlage wird als Volleinspeise-Anlage gefahren. Das produzierte Biogas wird mittels interner Lufteinblasung entschwefelt und nach einer Gaskühlung über ein Aktivkohlefilter zum Gasverdichter geleitet. Die Leistung der beiden BHKW wird über den Füllstand im Gasspeicher geregelt. Benachbarte Wohneinheiten sowie ein Bürogebäude sind externe Wärmeabnehmer und über ein Orts-Nahwärmenetz angeschlossen.





## A 3.2 Best-Case Anlage 2




### Stallung und Entmistung


Die Best-Case-Anlage 2 steht in Thüringen auf dem Gelände eines Landwirtschaftsbetriebes neben einer Milchviehanlage ohne Nachzucht. Die Herdengröße beträgt 1165 GV (Großvieheinheiten), davon sind 1150 Milchvieh und 100 Kälber. Pro Jahr werden in diesem Landwirtschaftsbetrieb ca. 11,5 Mio. kg Milch produziert. Auf dem Gelände werden zwei Neubau-Stallanlagen mit planbefestigten Laufböden betrieben. Die Liegeboxen werden mit Einstreu aus separierter Gülle bestückt. Die Entmistung erfolgt über seilzugbetriebene Pendel-Schieber-Systeme. Die Frischgülle wird täglich in eine emissionsarmabgedeckte Güllegrube aus der Stallgüllegrube gepumpt. Die Biogasanlage steht auf dem Gelände des Landwirtschaftsbetriebes direkt neben den Stallungen.


Nach Quellen: FNR Gülle-Kleinanlagen, DBFZ Fragebogen Tierhaltung


	Wirtschaftsdünger- / Substratanfall und Lagerung	Aussagen Landwirtschaftsbetrieb / BGA Betrieb / Bemerkungen	Bilder
1	Herdengröße, Tierart, Tierkategorie (GV, Milchvieh, Jungvieh, Bullen etc.)	1150 Milchkühe Kein Jungviehstallaufzucht 80 – 100 Kälber (verweilen 4 – 6 Wochen, kommen im 7. Trächtigkeitsmonat zurück)	 © DBFZ
2	Haltungsverfahren (Einstreu, Weidegang etc.)	Stallneubau 2019; Planbefestigte Beton – Lauffläche; Liegeboxen (Tiefboxen) mit Einstreu = Feststoffanteil aus separierter Gülle;  Stroheinstreu nur im Abkalbbereich und für Kälber! Wird aller 3 Tage manuell /maschinell entmistet; kein Weidegang;	 © DBFZ

		Auslaufmöglichkeit an einem Stall	
3	Leistungsniveau	Milchleistung ca. 10.000 kg Milch pro a pro Kuh	
4	Fütterungsstrategie u. Umgang mit Futterresten, Art der Futtertischsäuberung	<p>Fütterung mit Futtermischwagen; Erstellung von Totalmischration, vor Fütterung Entnahme der Futterreste mittels Radlader früh einmal pro Tag,</p> <p>Ablage Futterreste auf Betonlagerplatte mit Anfahrwand jeweils vor Stallausfahrt.</p>	 <p>© DBFZ</p>  <p>© DBFZ</p>
5	Entmistungsverfahren je Tierart (Schieberentmischung, Spaltenboden, Güllekeller etc.)	<p>Entmistung Festmist – nur aus Abkalbbereich – manuell und maschinell separat, wird wieder auf Felder ausgebracht,</p> <p>Entnahme Gülle erfolgt über Schieberentmistung mittels Pendelklappschiebersystem im Laufgang; je Laufgang wird 1 x pro</p>	  <p>© DBFZ</p>

		<p>h abgeschoben; d.h. 24 x pro Tag;</p> <p>Liegeboxen werden einmal täglich manuell gesäubert;</p> <p>der Laufweg zum Melkhaus ist mit Spaltenboden ausgeführt; verfestigter Dung auf Spaltenböden muss gelegentlich manuell entfernt werden.</p>	 <p>© DBFZ</p>  <p>© DBFZ</p>
6	<p>Anwendung und Art von Stall-Reinigungs- u. Desinfektionsmitteln (Stallreinigung, Melkstandabwasser etc.)</p>	<p>Im Stall wird wenig desinfiziert; Melkhausabwasser wird direkt in Güllekanal geleitet und vermischt sich mit Gülle in Güllegrube am Stall;</p>	
7	<p>Art der Sammlung u. Zwischenlagerung von Gülle / Festmist / Futterresten</p>	<p>Frischgülle wird täglich von Stallgüllegrube in Güllevorlagebehälter der BGA gepumpt; Ca. 36.000 m<sup>3</sup> Gülle pro Jahr</p>	

		<p>Futterreste werden täglich mittels Radlader mit Schiebeschild aus dem Stall entfernt und technologisch bedingt 24 – 46 h später mittels Futtermischwagen in BGA gefüttert</p>	<p>© DBFZ</p>  <p>© DBFZ</p>
8	<p>Lagerdauer der Gülle / Festmist/ Futterresten vor Einbringung in BGA Erfassung Alter der Gülle vor Einbringung in BGA</p>	<p>ca. 24 h Verweilzeit der Frischgülle am Stall; 24 – 46 h Verweilzeit Futterreste am Stall</p>	
9	<p>Eintrag von Wasser/ Stallwasser/ Regenwasser von Außenflächen in Gülle/ Mistlagersystem</p>	<p>Regenwasser wird separat gesammelt; Reinigung Laufgang 1-2mal pro Tag</p>	
10	<p>Verwendung von weiteren Co- Substraten (Silageabraum, Mindergrassilage etc.)</p>	<p>Silage-Abdecke und Randbereich wird entnommen und auf Siloplatte seitlich abgelegt (Mais + Grassilage)</p>	

	<b>Bauliche Einbindung Stall zu BGA</b>		
11	<p>Änderung / Optimierung am Entmistungsverfahren (z.B. Umstellung von Spaltenboden &amp; Güllekeller zu Schiebeentmistung, Umbau abschiebbare Staustufen, Kammern, Röhreinrichtung etc.), Verbesserung Stallklima</p>	<p>Stallneubau Totalsystemumstellung von Spaltenbodenstallung auf planbefestigten Stallboden mit wasserundurchlässigen Beton;</p> <p>Einbau von Pendelblattschieber-Entmistungssystem als gängiges Verfahren: Stand der Technik!</p>	 <p>© DBFZ</p>
12	<p>Ausführung Gülle-Pumpentechnik, Art der Rohrleitung, Güllelager, Festmist- u. Futterrestlager im Außen und/oder Innenbereich</p>	<p>Frischgülle wird aus Stallgüllegrube mittels Exzentrerschneckenpumpe und Störstoffabscheider ROTACUT zum BGA Güllevorlagebehälter gepumpt; 3-4h pro Tag wird gepumpt; kein Einsatz von Festmist in BGA; Futterreste werden draußen frei gelagert und mit Futtermischwagen zum BGA-Dosierer gefahren</p>	 <p>© DBFZ</p>

13	Anpassung Güllelager durch gesetzliche Anpassungen der begrenzten Ausbringzeiten	Zusätzlich wurden 2 x je 6.000 m <sup>3</sup> Feldlager-Güllebehälter gebaut	
14	Erweiterung Wärmekonzept/ Optimierung Hof- Wärmenetz	Bestehendes Wärmenetz wurde für Stallneubau angepasst und für Beheizung der neuen Betriebsräume leicht erweitert	
15	Ausführung von Emissionsmindernde Maßnahmen an Tierhaltung/ Stall- u. Güllelagerkonzept sowie BGA-Betrieb	Freie Lüftung im Stall; ein Stall hat Ventilatoren- Einsatz	 <p>© DBFZ</p>

Die Biogasanlage wurde im Jahr 2007 in Betrieb genommen. Sie ist in einen landwirtschaftlichen Betrieb integriert, welcher neben Feldbau auch eine Milchviehhaltung sowie Schweinezucht betreibt. Die Gärstrecke der Biogasanlage besteht aus einem Fermenter und einem Nachgärbehälter. Der Fermenter und Nachgärer sind baugleich als Stahlbeton-Rundbehälter mit Tauchmotor-Rührwerken ausgeführt und fassen jeweils ein Nutzvolumen von 2.800 m<sup>3</sup>. Beide Behälter sind mit einem Doppelmembran-Gasspeicherdach (Tragluftdächer) ausgestattet. Das Gasspeichervolumen beträgt jeweils 1.400 m<sup>3</sup>. Nachgeschaltet ist ein Stahlbetonrundbehälter mit der Funktion als Gärrestlager mit einem Nutzvolumen von 3.000 m<sup>3</sup>. Das Gärrestlager ist gasdicht abgedeckt und fasst ein Gasspeichervolumen von 1.700 m<sup>3</sup>. Somit ist insgesamt ein Gasspeichervolumen von 4.500 m<sup>3</sup> an der BGA verfügbar. Nachfolgende Abbildung 53 zeigt eine Anlagenansicht.




Abbildung 53: Ansicht Biogasanlage mit Güllebehälter, Fermenter und Nachgärer der Best-Case-Anlage 2 © DBFZ

Als Vorlage für die Feststoffe dient ein Feststoffdosierer mit 60 m<sup>3</sup> Lagervolumen. Flüssige Substrate werden in einem emissionsarm abgedeckten Güllebehälter mit 275 m<sup>3</sup> Lagervolumen vorgehalten. Die Gasverwertung erfolgt über ein Vorort-BHKW mit einer elektrischen Leistung von 537 kW. Die Anlage wird als Volleinspeise-Anlage betrieben. Das produzierte Biogas wird mittels interner Lufteinblasung entschwefelt und nach einer Gaskühlung über ein Aktivkohlefilter zum Gasverdichter geleitet. Die Leistung des BHKW wird über den Füllstand im Gasspeicher geregelt. Benachbarte Betriebsgebäude, ein Ferkelaufzuchtstall, eine Getreidetrocknungsanlage sowie die Milchviehanlage sind externe Wärmeabnehmer und über ein Nahwärmenetz angeschlossen.



## A 4 Anhang – Kurzbefragung Länderministerien

Abbildung 54: Fragebogen Kurzbefragung Länderministerien



**Befragung Hemmnisse Biogasnutzung von Gülle/ Mist**  
 Rücksendung & Rückfragen bitte an [biogas@dbfz.de](mailto:biogas@dbfz.de), Fax an 0341-2434 133

Bundesland	
<b>Viehhetriebe (Rind) und Nutzung von Gülle/ Mist für die Biogasferzeugung</b>	
Wieviel Gülle/Mist wird in den Betrieben schätzungsweise zur Biogasferzeugung genutzt? (Tragen Sie auf der Skala ein!)	
	wenig/ kaum (etwa < 25 %) <span style="font-size: 2em;">→</span> sehr viel (etwa 75-100 %)
	ca. 50 %
kleine Betriebe (≤ 100 Rinder)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
mittlere Betrieb (100-199 Rinder)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
große Betriebe (200-499 Rinder)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
sehr große Betriebe (≥ 500 Rinder)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Schätzen Sie, wie häufig unterschiedliche Entmistungstechniken in Abhängigkeit von der Betriebsgröße zum Einsatz kommen!	
	kleine Betriebe (≤ 100 Rinder)    mittlere Betriebe (100-199 Rinder)    große Betriebe (200-499 Rinder)    sehr große Betriebe (≥ 500 Rinder)
Entmistung	kaum    mittel    überwiegend    kaum    mittel    überwiegend    kaum    mittel    überwiegend    kaum    mittel    überwiegend
Spaltenboden	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Schieberentmistung	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Sonstiges (z.B. Tiefstreu)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Hemmnisse für den Betrieb von Biogasanlagen/ Nutzung von Gülle und Mist zur Biogasferzeugung</b>	
Welche Gründe gibt es, keine Biogasanlage (BGA) zu bauen/ zu betreiben? Schätzen Sie die Relevanz ein!	
	wenig relevant    relevant    sehr relevant
<i>Wirtschaftliche Hemmnisse</i>	
zu geringe Gülle-/Mistmengen	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Invest ist zu hoch/zu riskant	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
BGA-Betrieb unrentabel	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<i>Rechtliche Hemmnisse</i>	
EEG	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
DüV	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
AwSV	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Baurecht	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
veterinärrechtl. Vorgaben	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<i>Technische Hemmnisse</i>	
Weidehaltung	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Stallform/Entmistungssystem ungeeignet	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Gülle zu wässrig	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Mist schwierig handhabbar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
kein Platz für BGA vorhanden	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Risiko Havarie	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<i>weitere Hemmnisse</i>	
fehlendes Interesse	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Mangel Fachpersonal für BGA-Betrieb	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
zu viel Bürokratie	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Weiterbetrieb Tierhaltung unklar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

## Befragung Hemmnisse Biogasnutzung von Gülle/ Mist

Rücksendung & Rückfragen bitte an [biogas@dbfz.de](mailto:biogas@dbfz.de), Fax an 0341-2434 133



Welche Gründe gibt es, keine Biogasanlage (BGA) zu bauen/ zu betreiben? Schätzen Sie die Relevanz ein!			
Weitere Hemmnisse	wenig relevant	relevant	sehr relevant
Zeitaufwand BGA-Betrieb zu hoch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Widerstand lokal (z.B. Nachbarn)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
zu wenig unabhängige Beratung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Warum werden <b>keine Kooperationen mit anderen Landwirten geschlossen?</b> (Gemeinschaftsbetrieb BGA, Anlieferung Gülle/ Mist) Schätzen Sie die Relevanz ein!											
Relevanz	kleine Betriebe (≤ 100 Rinder)			mittlere Betriebe (100-199 Rinder)			große Betriebe (200-499 Rinder)			sehr große Betriebe (≥ 500 Rinder)	
	wenig		hoch	wenig		hoch	wenig		hoch	wenig	hoch
Logistikaufwand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wirtschaftliche Gründe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
rechtliche Gründe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
technische Gründe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
persönliche Gründe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sonstiges	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Welche Maßnahmen könnten die <b>Biogasnutzung von Gülle/ Mist schnell und nachhaltig verbessern?</b>			
	weniger wichtig	mittel	wichtig
ökonomische Anreize	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bessere/ längere Planungssicherheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
angepasste Stallformen/ Entmistungssysteme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
verbesserte BGA-Konzepte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bessere, unabhängigere Beratung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fachpersonal BGA verfügbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bessere Akzeptanz für Biogas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
rechtliche Änderungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	EEG <input type="checkbox"/>	AwSV <input type="checkbox"/>	Baurecht <input type="checkbox"/>
	DüV <input type="checkbox"/>	Veterinärrecht <input type="checkbox"/>	
Welche rechtlichen Änderungen konkret?	<input type="text"/>		
sonstige Änderungen/ Maßnahmen	<input type="text"/>		

Ansprechpartner	<input type="text"/>		
Institut	<input type="text"/>		
Telefon	<input type="text"/>	E-Mail	<input type="text"/>
Adresse	<input type="text"/>		

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Befragung!

**Berichtsblatt - Kurzfassung des Vorhabens**

Zuwendungsempfänger: <b>DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH</b>	Förderkennzeichen: <b>22025816</b>
Thema: <b>Energetische Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe in Deutschland und China</b>	
Laufzeit des Vorhabens: <b>15.08.2017 bis 31.10.2020, verlängert bis 31.07.2021</b>	

**Projektbeschreibung:**

Im Rahmen der Deutsch-Chinesischen Arbeitsgruppe sollten jeweils für Deutschland und China unter regem Austausch das Wissen über (a) die Hemmnisse der Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe in der Praxis identifiziert, (b) technische Konzepte für einen abgestimmten Betrieb von Stall und Biogasanlage erarbeitet sowie (c) die Projektergebnisse so aufbereitet werden, dass sie einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden können. Deutsch-Chinesische Workshops zum Wissensaustausch über den Stand der Technik sowie den Stand der Forschung waren ebenso wie Besichtigungen von Best-Case-Anlagen in beiden Ländern geplant, um deren Akteure besser zu vernetzen.

**Projektergebnisse:**

Vom DBFZ und dem Projektpartner ATB Potsdam wurde eine neue Methodik zur Ermittlung von Methanemissionen während der Güllelagerung entwickelt und am DBFZ getestet. Dabei zeigten sich in einem sehr warmen Sommer unerwartet hohe Emissionen aus Rindergülle, während die Methodik für die Messungen im Winterhalbjahr weiterer Anpassungen bedarf. Da keine Daten zur Verteilung von Entmistungssystemen in der Milchviehhaltung in Deutschland eruiert werden konnten, wurden Biogasanlagenbetreiber mit Ställen dazu befragt. Hier zeigte sich, dass die Mehrzahl der Ställe über Spaltenböden verfügte, die verglichen mit Schieberentmistungssystemen, eine zeitnahe energetische Nutzung der Gülle eher erschweren. Es konnten exemplarisch zwei Best-Case-Anlagenkonzepte für die Kombination von Stall und Biogasanlage identifiziert werden. Auf Basis von Befragungen von Tierhaltern, von Biogasanlagenbetreibern und von Ministerien der Bundesländer in Deutschland konnten Hemmnisse und Optimierungspotenziale bei der Güllenutzung aufgezeigt werden. Insbesondere (a) ökonomische Anreize, (b) rechtliche Anpassungen, (c) Planungssicherheit und (d) die Verbesserung der Akzeptanz von Biogas könnten zur verstärkten energetischen Güllenutzung und zur Emissionsvermeidung in der Landwirtschaft führen. Es erfolgte die Entwicklung und Bewertung eines innovatives Stallkonzept mit Gülle- und Futterrestabwurfschacht, um die Nutzung der Reststoffe zu vereinfachen sowie um die Lagerzeiten vor der Einbringung in die Biogasanlage zur Emissionsminderung zu verkürzen. In Bezug auf die unter „3.4.5.4 Verringerung der Treibhausgas-emissionen in der Tierhaltung“ im Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung Deutschland genannten Maßnahmen wird empfohlen, die Anstrengungen auf wirtschaftlich umsetzbare, dezentral einsetzbare Vergärungstechnologien mit möglichst konsequent gasdichter Gärproduktlagerung zu konzentrieren. Die Projektergebnisse wurden über verschiedenste Kanäle veröffentlicht, z. B. per Projekt-Website.

**Short Project Description**

Beneficiary: <b>DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH</b>	Project number: <b>22025816</b>
Project title: <b>Energetic utilisation of agricultural residues in China and Germany</b>	
Project duration: <b>15.08.2017 until 31.10.2020, extended until 31.07.2021</b>	

**Project objective:**

Within the scope of the Sino-German workgroup the knowledge about energetic utilisation of agricultural residues should have been merged and as appropriate updated in lively exchange about (a) the barriers for the use of different agricultural residues from animal and plant production shall be identified, (b) conceptual proposals for a better design and a coordinated operation of barn and biogas plant shall be developed and (c) the project results should have been edited in a way that they can be provided to public at large. Sino-German workshops for an exchange of knowledge about the state of the art of technology and research were planned as well as technical tours to best-case-plants in both countries in order to cross-link the stakeholder.

**Project results:**

A new method for the determination of methane emissions during the storage of liquid manure was developed by DBFZ and ATB Potsdam as well as tested by DBFZ. It was observed, that the emissions from liquid cow manure in warm summers were unexpected high, while the method for winter time measurements needs adaptations. Due to the lack of data for manure removal systems in the dairy sector in Germany, biogas plant operators were polled. It was shown, that slatted floor systems were predominant, which are unfavourable in terms of fast energetic use of manure compared to slider systems. Two best-case-plant designs for an exemplary combination of stable and biogas plant were identified. On the base of the written survey of livestock owners, biogas plant owners and ministries of the federal states in Germany obstacles and optimisation potentials in the use of manure could be shown. In particular, (a) economic incentives, (b) legal adjustments, (c) planning security and (d) the improvement of acceptance of biogas could lead to a wider energetic use of manure and emissions prevention in agriculture. An innovative stable design of a discharge chute for manure and fodder residues was developed and assessed. It aimed at a simple use of residues as well as at the shortening of storage duration before the supply of the biogas plant to avoid emissions. With regard to the measures mentioned under "3.4.5.4 Reduction of greenhouse gas emissions in livestock farming" in the Climate Protection Programme 2030 of the Federal Government of Germany, it is recommended to concentrate efforts on economically feasible, decentralised anaerobic digestion technologies with gas-tight storage of digestates as consistently as possible. The project results were published through various channels, e. g. the project website.