

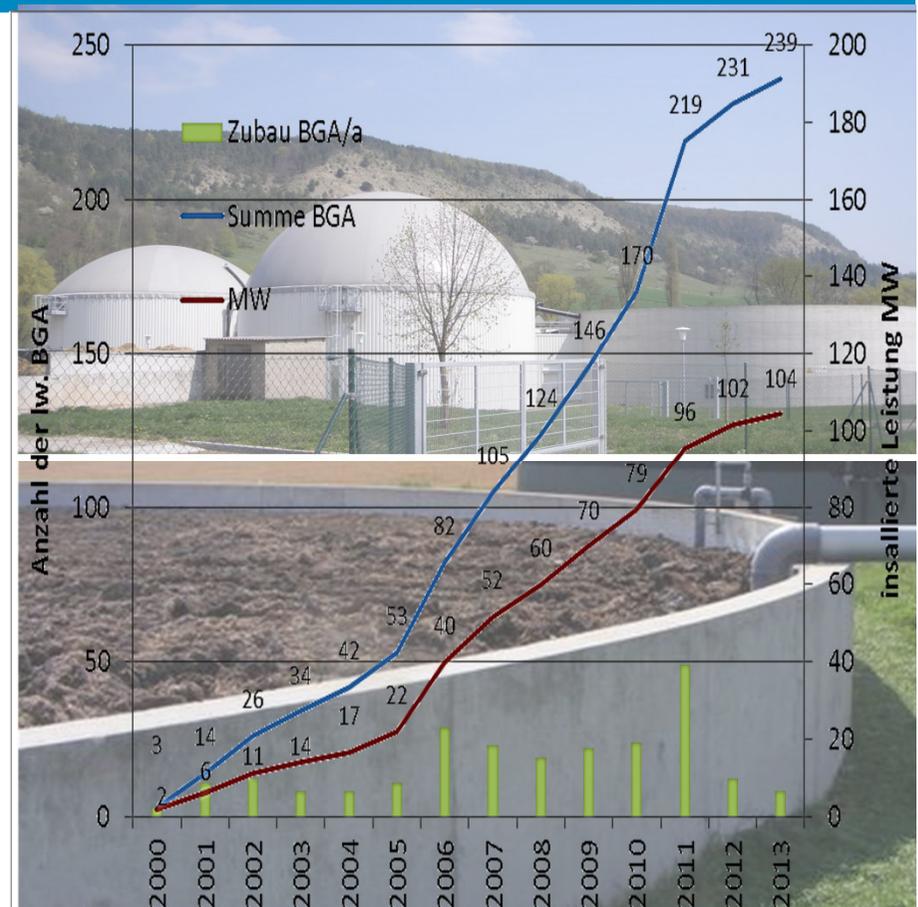
Gaserträge und Verfahrensbedingungen

56. Biogas – Fach- tagung Thüringen 2022

09.06.2022 Stadtroda

G. Reinhold, Jena

reinhold.gerd@gmail.com



Rinder- und Schweinegülle als Substrat

Kriterium	Einheit	Rindergülle	Schweinegülle
TS-Gehalt	%	8 - 12	2 - 8
oTS-Gehalt	% d. TS	80	75
Flüchtige Säuren	g / l	4 - 8	6 - 10
CH ₄ -Potential	m ³ CH ₄ /m ³ FM	10 - 20	15 - 25

Methanausbeute I_N CH₄/kg oTS
(keine Korrektur der TS aufgrund Säureverlust bei Trocknung)

Einflussfaktoren: Gehalt an flüchtigen Fettsäuregehalt, Fütterung, Leistungsniveau, Stallliegezeit, Temperatur im Stall, Verdünnung, Reinigungsmittel, Tierarzneimittel, Qualität der Probenahme ...

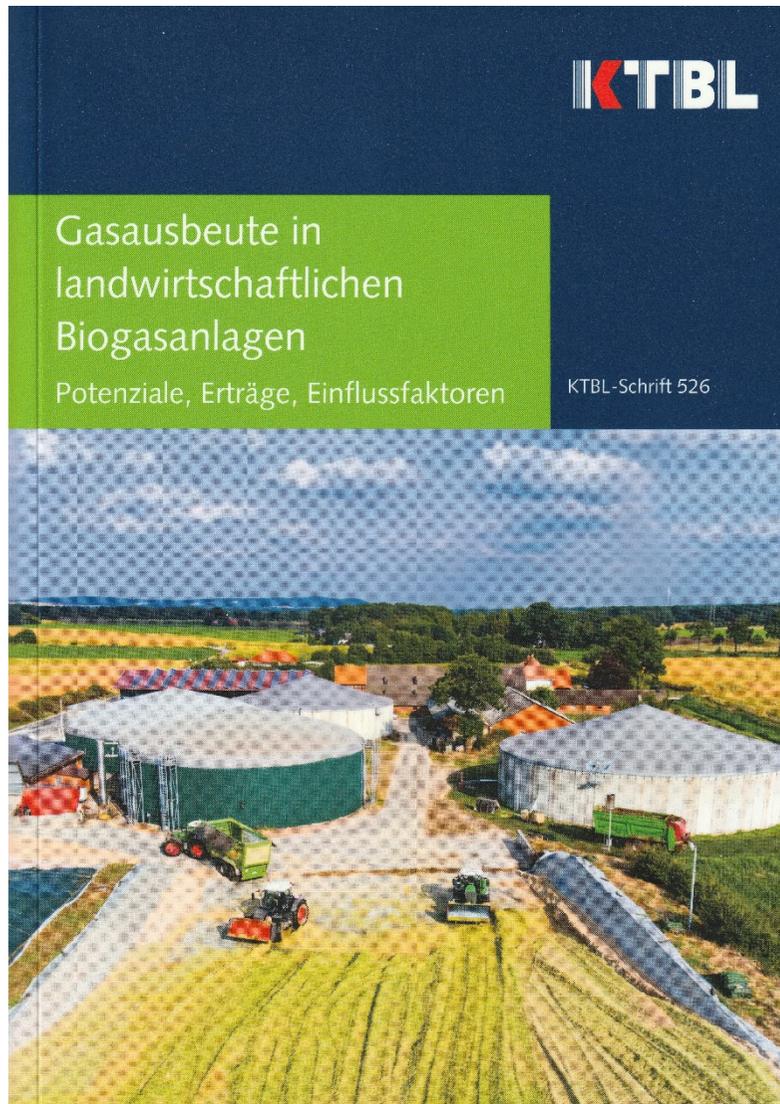
KTBL-Richtwerte für Gaserträge

- 2004 Ad-hoc-Arbeitsgruppe erarbeitet **KTBL Heft 50** „Gasausbeuten“
 - Überarbeitung 2007 **Heft 88**
 - Überprüfung 2010 **Heft 107**
 - in 2015 **Neuaufgabe**
 - **Neubearbeitung in 2022** (Basis der neuen Datensätze von 2010 bis 2020)
- Ergebnis **KTBL Schrift 526**



Gasausbeuten in landwirtschaftlichen BGA

KTBL Schrift 526



Reinhold, 2022

Erscheinungsjahr 2022

84 Seiten, Bestell-Nr. 11529 ·

ISBN 978-3-945088-92-0

Preis 22.00 € Inkl. MwSt.,
zzgl. Versandkosten

KTBL Arbeitsgruppe:

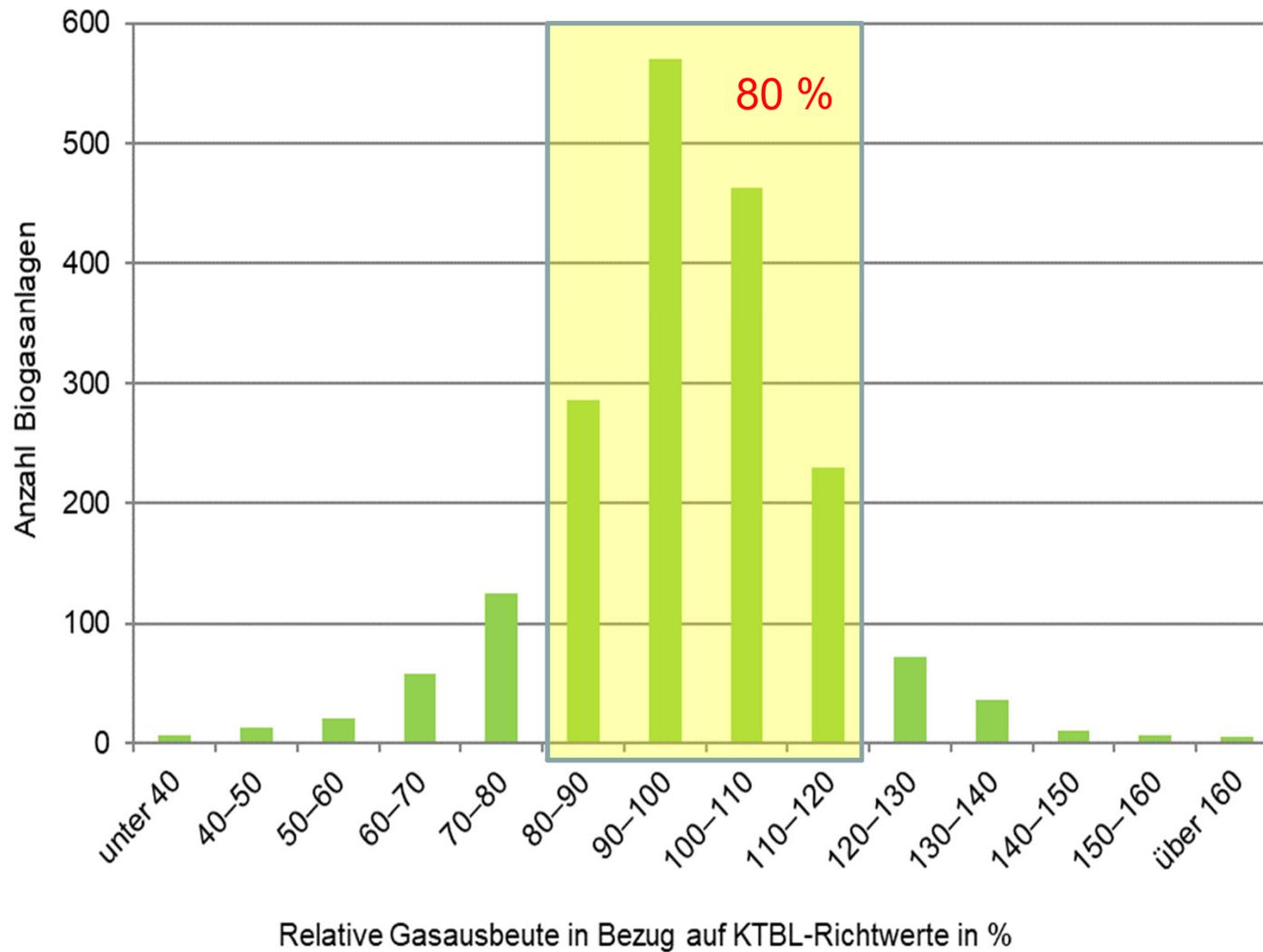
Dr. Vasilis Dandikas; Dr. Christiane Herrmann; Dr. Fabian Jacobi; Gabriele Meißauer; Dr. Ute Merrettig-Bruns; Dr. Hans Oechsner; Mark Paterson; Dr.-Ing. Gerd Reinhold; Ursula Roth

Unter Mitwirkung von:

Dr. Manfred Bischoff; Yvonne Dills; Frank Hengelhaupt; Benedikt Hülsemann; Dr.-Ing. Niclas Krakat; Kirsten Loewe; Dr. Jürgen Pröter; Dr. Susanne Ohl; Dr. Sören Weinrich

Gasausbeute von 1.900 BGA bezogen auf KTBL-Richtwerte

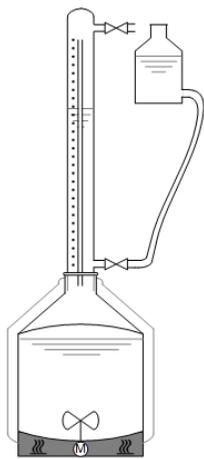
(Hölker 2012, ergänzt mit Biogas-Messprogramms III - FNR 2021)



Batch-Systeme zur Gasertragsbestimmung

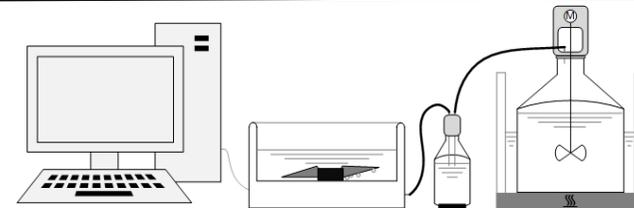
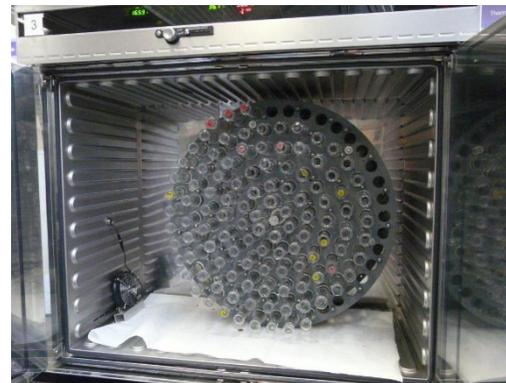


Eudiometer

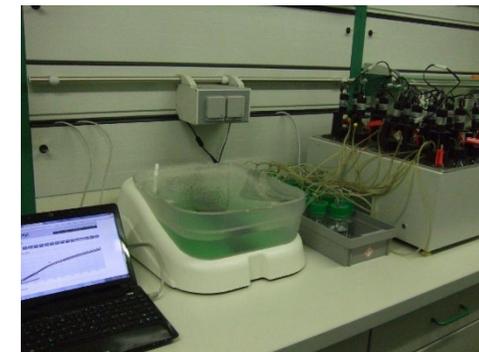


Reinhold, 2022

HBT (Hohenheimer Biogasertragstest)



Vollautomatische Systeme



Festlegungen zur Probenahme

Silobereich	Verteilung der Einzelproben für die Mischprobe
Anschnittfläche	20 %
Deckschicht	10 %
Silomaterial in der Mitte	50 %
Bodenmaterial	10 %
Wandmaterial	10 %

Flüssigkeiten z. B. Gülle Behältervolumen	Empfohlene Anzahl an Einzelproben für eine Mischprobe
Bis 1.000 m ³	10
1.000–3.000 m ³	20
3.000–5.000 m ³	30
Über 5.000 m ³	40

Bewertung der Gaserträge von Maissilage – Beachtung des Gehalts an org. Säuren

Organische Substanz = oTM + org. Säuren

z.B. Maissilage	Einheit	Mittelwert
TM-Gehalt / oTM-Gehalt	% FM	33,3 / 31,9
Gehalte flüchtige Verbindungen		
Milchsäure	g/kg FM	26,6
flüchtige Fettsäuren	g/kg FM	7,9
Alkohole	g/kg FM	2,6
Methanertrag ohne Korrektur	I_N /kg oTM	371
oTM-Gehalt korrigiert	% FM	33,2
TM-Gehalt korrigiert	% FM	34,6
Methanertrag mit Korrektur	I_N /kg oTM	356

Überschätzung des CH_4 -Ertrags ohne Korrektur um 4,1 %

Bewertung der Gaserträge von Maissilage – Beachtung des Gehalts an org. Säuren

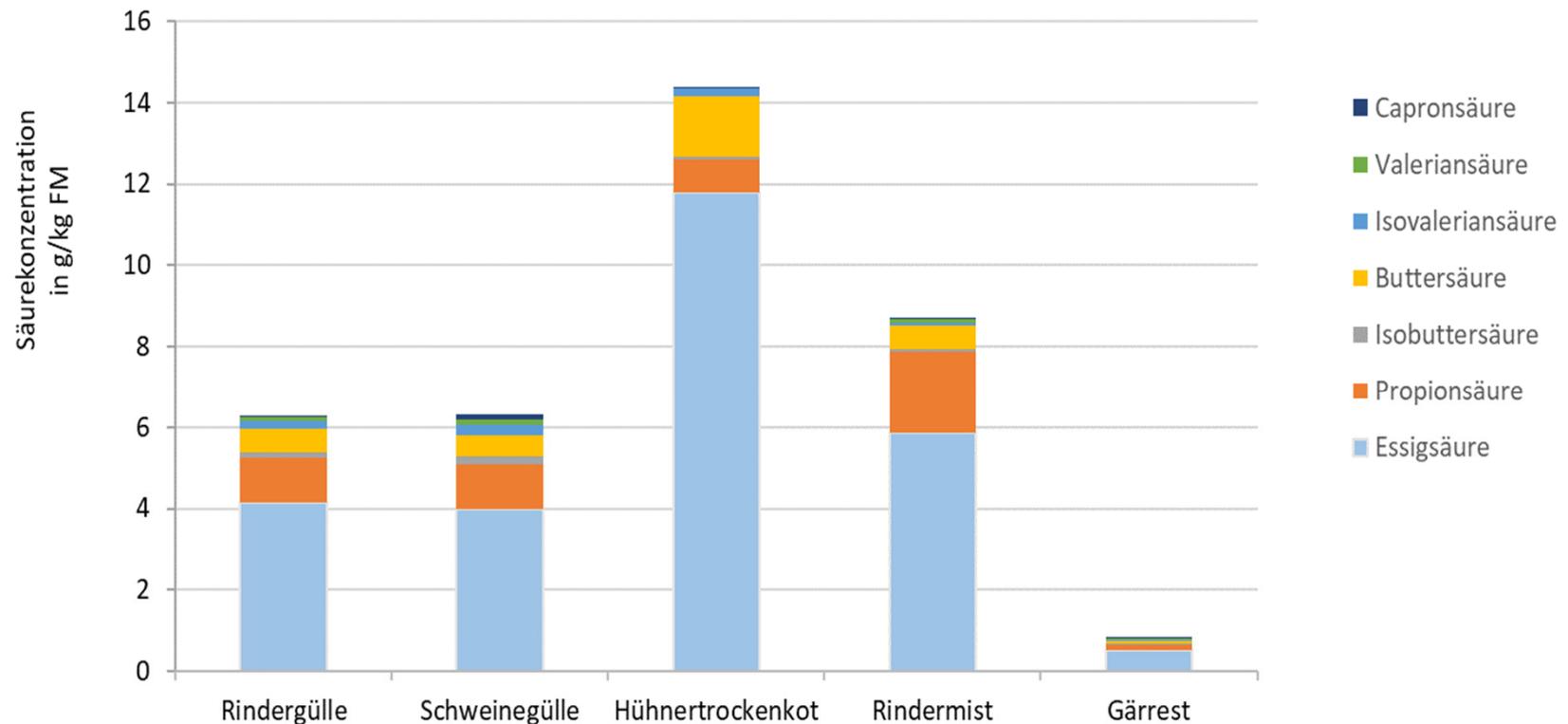
Organische Substanz = oTM + org. Säuren

z.B. Maissilage	Einheit	Mittelwert
TM-Gehalt / oTM-Gehalt	% FM	33,3 / 31,9
Gehalte flüchtige Verbindungen		
Milchsäure		26,6
flüchtige Fettsäuren		7,9
Alkohole		2,6
Methanertrag ohne Korrektur	I_N /kg oTM	371
oTM-Gehalt korrigiert	% FM	33,2
TM-Gehalt korrigiert	% FM	34,6
Methanertrag mit Korrektur	I_N /kg oTM	356

Achtung prüfen!!!
erfolgte die Säurekorrektur
im Labor???

Überschätzung des CH₄-Ertrags ohne Korrektur um 4,1 %

Flüchtige Fettsäuren in Wirtschaftsdüngern



Säureanteil an oTM
Beeinflusst durch: **Temperatur, Lagerzeit, Fütterung, ...**

7-9 %

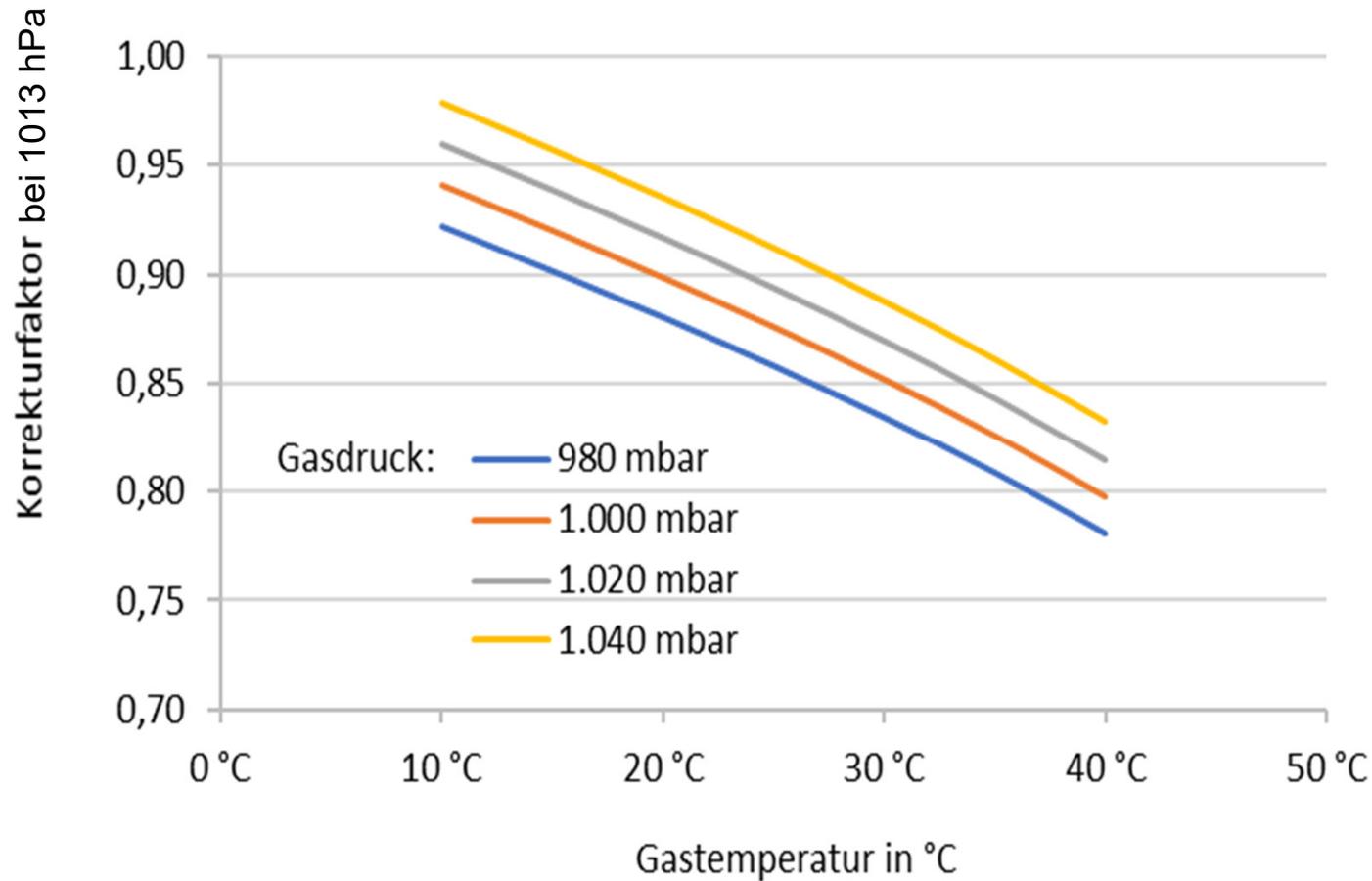
15-20 %

3-6 %

4-5 %

Zur Zeit keine Schätzformel verfügbar

Normierung Gasvolumen (Normzustand 0 °C, 1013 hPa, trocken)



Richtwerte - Auszug

Substrat Eigenschaften (Zu-stand, Behandlung, Herkunft)	Säure-korrektur	TM	oTM	Biogasertrag		Methan-gehalt	Methan-ertrag
		% FM	% TM	l _N /kg oTM	m _n ³ /t FM	%	l _N /kg oTM
Wirtschaftsdünger^{1,2)}							
Geflügelmist , abhängig vom Stroh-Kot-Verhältnis, wenig gelagert	nein	50	80	500	200	56	280
Rindergülle mit Futterrest	nein	9	80	385	30	60	230
Rindermist , frisch	nein	25	85	450	95	56	250
Rindermist , gelagert	nein	20	85	330	55	56	180
Schweinegülle	nein	5	75	400	15	63	250
Pferdemist/-äpfel³⁾ mit Stroheinstreu	nein	31	82	390	100	56	220
Nachwachsende Rohstoffe							
Corn-Cob-Mix	nicht nötig	65	98	700	450	54	380
Durchwachsene Silphie , frisch	nicht nötig	26	90	460	105	55	250
Getreideganzpflanzensilage	nein	35	95	620	205	54	335
Getreidekorn , gequetscht/gemahlen	nicht nötig	87	98	730	620	52	380
Getreidestroh , kurzgehäckselt	nicht nötig	90	94	450	380	53	240
Maissilage	ja	35	95	660	220	54	355
Zuckerrübensilage	ja	23	82	700	130	51	360

Mittelwerte der Laborversuche – Auszug

VK = Variationskoeffizient

Substrat	TM	oTM	Biogasertrag		Methan- gehalt	CH ₄ - Ertrag	La- bore	Ver- suche	VK - CH ₄ - Ertrag	oTM- Korrektur
	% FM	% TM	I _N /kg oTM	m ³ _N /t FM	%	I _N /kg oTM	n	n	%	

Wirtschaftsdünger

Legehennen	47,7	75,3	485	174	59,1	286	3	21	10	nein, aber empfohlen
Masthähnchen	57,4	86,0	507	250	60,6	308	3	14	7	
Puten	51,7	83,0	435	187	59,6	259	4	29	13	
HTK	50,9	78,7	456	183	56,0	272	6	35	10	
Pferdemist	31,5	81,8	394	101	55,6	218	3	20	13	

Nachwachsende Rohstoffe

Durchwachsene Silphie, frisch	27,0	90,5	456	111	54,0	246	2	65	5	nicht erforderlich
Durchwachsene Silphie, siliert	23,5	89,3	465	98	60	277	3	81	4	nein, aber empfohlen
Getreide, GPS, frisch	38,5	94,8	639	233	53,8	343	5	203	4	nicht erforderlich
Getreide, GPS, siliert	32,8	93,7	624	192	56	351	4	136	4	nein, aber empfohlen

Hinweise zur Wirkung einzelner Faktoren auf den Gasertrag:

• Temperatur	°C
• Verweilzeit	d
• Raumbelastung	kg oTM/(m ³ · d)
• Verweilzeit und Raumbelastung	
• Fütterungshäufigkeit, Substrateinbringung	
• Substratkonservierung (Silierung), Substratzerkleinerung	
• Entschwefelung	
• Schwimmschichtstärke	
• Methanverluste	
• Restmethanpotenzial, Restmethanemissionen	

Einfluss von Konzentrationen und hemmende Wirkung von Stoffen im Fermenter

Parameter (im Fermenter bzw. dem Gärrückstand)
- TM-Gehalt
- Ammoniumgehalt ($\text{NH}_4\text{-N}$)
- pH-Wert
- Fettsäuregehalt, Essigsäuregehalt, Propionsäuregehalt
- FOS/TAC-Verhältnis
- Substratqualität
- Tierarzneimittel, Desinfektionsmittel und Klauenbad
- Mikronährstoffe

Berechnungsbeispiel: Soll – IST Gasertrag

Substratart	Fütterung t / Monat	TM %	oTM %	Energieerzeugung nach Richtwert pro Monat		
				CH4-Ertrag m ³ /t oTM	CH4- Poduktion m ³	Strom- Produktion MWh
Rindergülle	900	9	7,20	230	14.904	59
Rindermist	60	25	21,25	250	3.188	13
Maissilage	300	35	33,25	355	35.411	141
Summe	1.260	-	-	-	53.503	213

Energetische Bilanzierung BHKW

Energieeinsatz

$$= \text{Biogaseinsatz} \cdot \text{Methangehalt} \cdot \text{Heizwert}_{\text{Methan}}$$

- Energieeinsatz in kWh
- Biogaseinsatz in $\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h}$ Normbedingungen (1013 hPa, 0 ° C, trocken) beachten
- Methangehalt des Biogases in %
- Heizwert von Methan (= 9,97) in $\text{kWh}/\text{m}^3_{\text{N}}$

$$\text{BHKW-Wirkungsgrad} = \left(\frac{\text{Stromerzeugung}}{\text{Energieeinsatz}} \right) \cdot 100$$

- BHKW-Wirkungsgrad in %
- Stromerzeugung in kWh /h