

# Zu einigen Fragen der Biogasanwendung

Dipl.-Ing. J. Biet, KDT/Dipl.-Ing. K. Zschoke, KDT, Bergakademie Freiberg, Sektion Maschinen- und Energietechnik

## Verwendete Abkürzungen und Formelzeichen

CO <sub>2max</sub>	maximaler CO <sub>2</sub> -Gehalt
d <sub>v</sub>	Dichteverhältnis
EEG	Eigengas (Klasse C nach TGL 28050/01)
IEG	Importerdgas (Klasse A nach TGL 28050/01)
L <sub>min</sub>	theoretischer Luftbedarf
O <sub>2min</sub>	theoretischer Sauerstoffbedarf
Q <sub>i</sub>	Heizwert
Q <sub>s</sub>	Brennwert
SG	Stadtgas (nach TGL 28049)
t <sub>R</sub>	Verbrennungstemperatur, theoretisch ohne Dissoziation
t <sub>RD</sub>	Verbrennungstemperatur, theoretisch mit Dissoziation
V <sub>f</sub>	feuchtes Rauchgasvolumen
V <sub>tr</sub>	trockenes Rauchgasvolumen
W <sub>i</sub>	untere Wobbezahl
W <sub>s</sub>	obere Wobbezahl
Z <sub>o</sub>	obere Zündgrenze Luft
Z <sub>u</sub>	untere Zündgrenze Luft
η	dynamische Viskosität
A <sub>max</sub>	maximale Flammengeschwindigkeit
A <sub>N</sub>	näherungsweise Zündgeschwindigkeit des Gases in Luft
λ	Luftverhältnis
ν	kinematische Viskosität
ρ <sub>G</sub>	Biogasdichte (trocken)
ρ <sub>R</sub>	Rauchgasdichte

Tafel 1  
Biogase und deren Kennwerte aus Großkläranlagen in der DDR

Symbol	Einheit	Gas 1	Gas 2	Gas 3	Gas 4
<b>1. Gaszusammensetzung (Volumenanteil)</b>					
H <sub>2</sub>	%	1,0	2,0	—	—
CO	%	—	—	—	0,9
CO <sub>2</sub>	%	35,5	36,0	29,7	34,8
CH <sub>4</sub>	%	63,5	59,8	67,4	62,5
O <sub>2</sub>	%	—	0,2	0,4	0,8
N <sub>2</sub>	%	—	2,0	2,5	1,0
H <sub>2</sub> S	%	—	0,02	0,1	0,3
<b>2. Gaskennwerte</b>					
Q <sub>s</sub>	MJ/m <sup>3</sup>	25,4	24,0	26,7	24,9
Q <sub>i</sub>	MJ/m <sup>3</sup>	22,8	21,5	24,0	22,4
ρ <sub>G</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1,16	1,17	1,11	1,17
d <sub>v</sub>	—	0,89	0,90	0,86	0,90
W <sub>s</sub>	MJ/m <sup>3</sup>	26,9	25,2	28,9	26,2
W <sub>i</sub>	MJ/m <sup>3</sup>	24,1	22,6	26,0	23,5
10 <sup>6</sup> ν	m <sup>2</sup> /s	11,74	11,75	12,19	11,71
10 <sup>6</sup> η	Pa · s	12,83	12,99	12,74	12,96
O <sub>2 min</sub>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	1,28	1,20	1,34	1,25
L <sub>min</sub>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	6,10	5,76	6,43	5,96
<b>3. Verbrennungsparameter</b>					
t <sub>R</sub>	°C	1920	1090	1942	1925
t <sub>RD</sub>	°C	1846	1838	1863	1850
Z <sub>o</sub>	%	19,9	20,6	19,2	19,8
Z <sub>u</sub>	%	8,4	8,7	8,0	8,2
A <sub>max</sub>	cm/s	34,6	34,9	35,0	34,0
A <sub>N</sub>	cm/s	11,6	11,4	12,9	11,5
<b>4. Abgaswerte</b>					
V <sub>f</sub>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	7,13	6,79	7,47	7,00
V <sub>tr</sub>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	5,82	5,53	6,08	5,71
ρ <sub>R</sub>	kg/m <sup>3</sup>	1,37	1,38	1,36	1,37
CO <sub>2max</sub>	%	17,0	17,3	15,9	17,2

Unter den aus regenerierbaren Energiequellen stammenden Energieträgern nimmt derzeit das Biogas für die hiesige geographisch-klimatische Lage einen bevorzugten Rang ein. Biogas ist ein Stoffwechselprodukt von Bakterien und bildet sich beim anaeroben Abbau organischer Substanzen. Je nach Entstehungsort trägt es unterschiedliche Namen, z. B. Sumpf-, Faul-, Klär- und Bihugas. Je nach Entstehungsbedingungen können aber auch seine Zusammensetzung und damit seine Eigenschaften sehr unterschiedlich sein. In den Tafeln 1 und 2 wird ein Überblick über in der DDR in Großkläranlagen erzeugte Biogase und deren Kennwerte gegeben [1].

## 1. Anfall und Einsatz von Biogas

Seine breiteste Anwendung erlangte das Biogas in Mitteleuropa Mitte bis Ende der 50er Jahre. In dieser Zeit hielt die Technik der Biogaserzeugung auch in der Landwirtschaft Einzug. Seit Mitte der 70er Jahre wird nunmehr in vielen Ländern der Erde an neuen Konzeptionen zur Belebung der Biogastechnik gearbeitet, wenn auch die Substitutionsmöglichkeiten anderer Energieträger durch Biogas je nach Entwicklungsstand der Produktivkräfte sehr unterschiedlich eingeschätzt werden.

Nach entsprechenden Abschätzungen geht man davon aus, daß z. B. in den USA nicht wesentlich mehr als 1,6% des Gesamtenergiebedarfs durch Biogas gedeckt werden können. In der BRD rechnet man mit 1%, in der Schweiz mit 2 bis 9% und in Indien sogar mit 20% [2, 3, 4, 5].

In der DDR verspricht man sich vor allem beim Einsatz in der Landwirtschaft, hochwertige Energieträger, wie Heizöl oder Briketts, zu substituieren. So könnte die Biogastechnik einen spürbaren Beitrag zur lokalen Energieversorgung leisten [6].

Die Möglichkeiten der Verwendung des Biogases sind vielfältig. Sie lassen sich auf folgende Grundvarianten zurückführen:

Tafel 2. Großklärwerke in der DDR mit Biogaserzeugung

Gas-Nr.	Klärwerk	Biogas-erzeugung 1980 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1	Dresden-Kaditz	0,75
2	Stahnsdorf	2,45
3	Waßmannsdorf	1,64
4	Rostock-Bramow	0,68
5 <sup>1)</sup>	Merseburg	0,62
6 <sup>1)</sup>	Berlin-Münchehofe	1,3
7	Erfurt	5,5 <sup>2)</sup>

1) Gasanalysen und Gaskennwerte entsprechen dem Gas Nr. 2

2) im Bau, geplantes Gasaufkommen

- Einsatz in Gasanwendungsanlagen (ggf. in Verbindung mit Wärme-Kälte-Kopplung)
- Einsatz als Substitut für andere Energieträger (z. B. Elektroenergieerzeugung)
- Einsatz als Treibstoffersatz.

## 2. Zusammensetzung des Biogases

Die Hauptkomponenten des Biogases sind Methan (zu etwa 2/3) und Kohlendioxid (zu etwa 1/3). Im allgemeinen ist aber noch mit kleineren Mengen H<sub>2</sub>S, Mercaptanen, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> und NH<sub>3</sub> zu rechnen. Prozentuale Angaben über im Biogas enthaltene Begleitgase sind recht spärlich und widersprechen sich teilweise.

Aufgrund der Herkunft der Einsatzsubstrate für die Biogaserzeugung ist neben ausgesprochenen Schadgasen, wie NH<sub>3</sub> (meist als Ammoniumhydroxid) und H<sub>2</sub>S, noch mit einer Vielzahl anderer Stoffe zu rechnen, deren Einordnung meist als Geruchsstoffe erfolgt. Die aktuelle Zusammensetzung des Biogases ä-

ndert sich in Abhängigkeit von folgenden Faktoren:

- Temperatur im Reaktor
- Verweilzeit
- Raumbelastung
- Substrat
- Durchmischung.

Für die folgenden Ausführungen wurden daher Biogaszusammensetzungen herangezogen, die als Grenzwert für die zur Anwendung kommenden Biogase betrachtet werden können (Tafel 3).

## 3. Beurteilung der Biogasqualität

Das Ziel bei der Anwendung von Brenngasen ist deren gute Verbrennung, d. h. eine Verbrennung, die allen technologischen, sicherheitstechnischen, arbeitsschutzmäßigen und hygienischen Anforderungen gerecht wird. Diese Forderungen können nur erfüllt werden, wenn das Brenngas auf die Gasanwendungsanlage (Brenner) oder umgekehrt die Anwendungsanlage auf das Brenngas abgestimmt ist. In der DDR werden daher in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des 10. Weltgaskongres-

Tafel 3. Grenzwerte der Zusammensetzung von Biogas (Volumenanteil)

Einzelkomponente	ohne Spuren		mit Spuren	
	untere Grenze %	obere Grenze %	untere Grenze %	obere Grenze %
CH <sub>4</sub>	55	75	55	75
CO <sub>2</sub>	45	25	39,5	19,5
H <sub>2</sub>			2	2
N <sub>2</sub>			3	3
O <sub>2</sub>			0,5	0,5

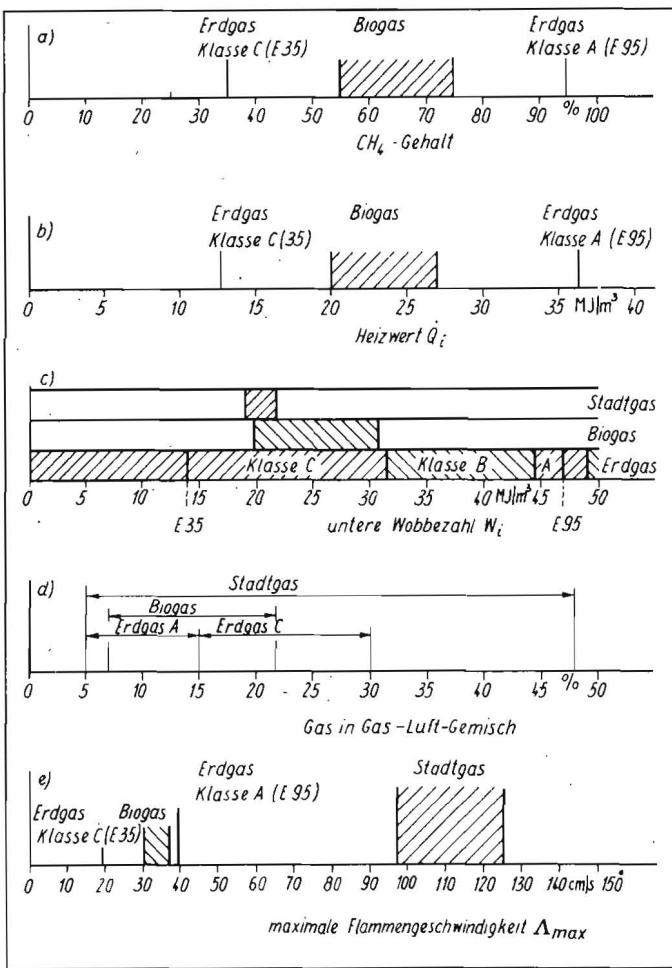


Bild 1. Beurteilung der Biogasqualität in Abhängigkeit  
a) vom Methan-Gehalt  
b) vom Heizwert  
c) von der unteren Wobbezahl  
d) vom Zündbereich  
e) von der maximalen Flammgeschwindigkeit

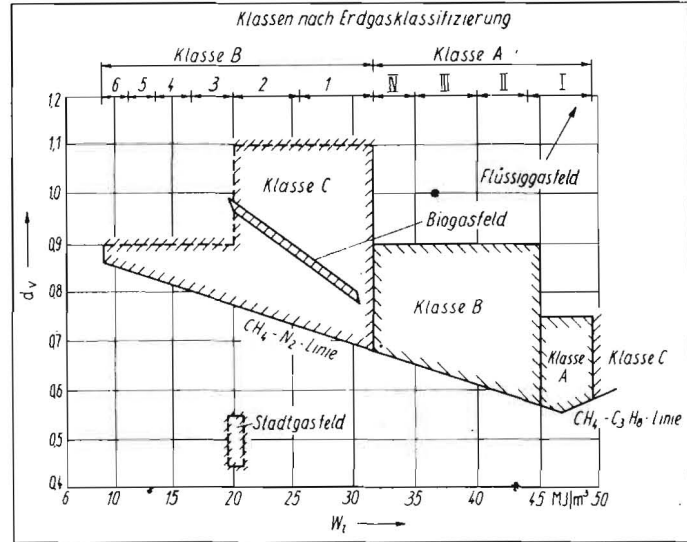


Bild 2. Darstellung der nach Standard TGL 28050/01 gültigen Erdgasklassen sowie der erweiterten Erdgasklassifizierung nach [10] unter Berücksichtigung von Biogas, Stadtgas und Flüssiggas

ses 1967 artverwandte Gase zu 3 Brenngasfamilien zusammengefaßt. Es handelt sich dabei um die Familie der Erdgase (TGL 28050), der Stadtgase (TGL 28049) und der Flüssiggase (TGL 3073).

Auf diese 3 Familien konzentriert sich die industrielle Gasanwendung in der DDR, und für diese Gase stellt die Industrie auch die erforderlichen Armaturen und Geräte zur Verfügung. Es ist also ganz im Gegensatz zu Literaturangaben (besonders [7]) nicht ohne weiteres möglich, ein beliebiges Brenngas in irgendeiner Gasanwendungsanlage zu verbrennen, wenn die o. g. Forderungen eingehalten werden sollen.

Hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Zusammensetzung stellen die Biogase für die indu-

strielle Gasanwendung Sondergase dar. Bild 1 enthält eine Übersicht über die Einordnung der wesentlichsten Biogaseigenschaften innerhalb der Gasfamilien, wobei die Flüssiggase von vornherein aus den Betrachtungen ausscheiden [8, 9].

Bild 2 verdeutlicht, daß die Biogasqualität im Feld der Erdgasklasse C zu suchen ist und mit der Qualität von Stadt- und Flüssiggas nicht vergleichbar ist. Allerdings handelt es sich bei den Biogasen damit noch nicht um Gase nach TGL 28050/1, was besonders an der Einschränkung der Zündgrenzen sichtbar wird [9]. Der maximal zulässige  $CO_2$ -Gehalt wird beträchtlich überschritten. Gleiches kann beim Anfahren und bei Havarien in Faulräumen auch auf die Schwefelverbindungen zutreffen.

#### 4. Anwendungstechnische Probleme

Bestehen zwischen den Brenneigenschaften und den Kenngrößen der Anwendungsanlage Differenzen, die eine gute Verbrennung nicht oder nur sehr begrenzt zulassen, bestehen zwei grundsätzliche Möglichkeiten der Beeinflussung dieses Systems (Brenngas/Brenner) [11].

Zum ersten kann mit Hilfe geeigneter Verfahren eine Beeinflussung der Brenngaseigenschaften vorgenommen werden, um diese an die bestehende Anfertigungsanlage anzupassen. Damit entsteht aus dem ursprünglichen Brenngas ein neues Gas mit veränderten Brenneigenschaften. Zweitens kann die Brennerkonstruktion an die Brenngaseigenschaften angepaßt werden.

Der erste Weg ist meist mit hohen Aufwendungen verbunden und daher für die Biogasanwendung nur in Ausnahmefällen gangbar. Tafel 4 enthält eine Zusammenstellung aller Einflußmöglichkeiten zur Veränderung der Biogase. Der zweite Weg wird für die Praxis der Biogasanwendung den Normalfall darstellen, zumal die Biogase in ihren für die Anwendung wesentlichen Kenngrößen ( $W_i$ ,  $d_{v,i}$ ,  $\Delta_{max, lam}$ ;  $Z_{v,i}$  und  $Z_{g,i}$ ) mit der Erdgasfamilie stark verknüpft sind.

Gegenüber dem Erdgaseinsatz ergeben sich für Biogas folgende anwendungstechnische Probleme:

#### Auswirkungen des hohen $CO_2$ -Gehalts

- stärkere Flammgeschwindigkeiterniedrigung als  $N_2$ , verstärkte Abhebenneigung
- in Verbindung mit Wasserdampf verstärkte Korrosion.

#### Mittlerer Methangehalt

Hierzu muß bemerkt werden, daß innerhalb der Erdgasfamilie wiederum das sog. E 35 (Erdgas

Tafel 4. Einflußnahme auf die Biogasqualität

Maßnahme	Wirkung	erreichte Gasqualität	Bemerkungen
Zumischung von Brenngasen mit höherer Wobbezahl: a) $CH_4$ , b) $H_2$	Erhöhung der Wobbezahl und der Zündgeschwindigkeit	a) Erdgas Klasse A b) außerhalb der TGL	hohe materielle Aufwendungen universeller Gaseinsatz
Inertenabtrennung (z. B. $CO_2$ -Auswaschung)	Erhöhung der Wobbezahl und der Zündgeschwindigkeit	Erdgas Klasse A	hohe materielle Aufwendungen, universeller Gaseinsatz möglich
Zumischung von Verbrennungsmitteln (z. B. $O_2$ oder Luft)	Erhöhung der Zündgeschwindigkeit	außerhalb der TGL	hohe materielle Aufwendungen, spezielle Einsatzfälle
Vorwärmung des Biogases (unmittelbar vor dem Brenner)	Erhöhung der Zündgeschwindigkeit	außerhalb der TGL	spezielle Einsatzfälle
Zumischung von Wasserdampf (höchstens in Verbindung mit Vorwärmung)	Absenkung des Dichteverhältnisses	außerhalb der TGL	spezielle Einsatzfälle

Brennertyp	Gasanschlußdruck	
	kPa	mm WS
Mehrlanzenbrenner vollautomatische Gasfeuerung GGA 125/250	80	8 000
vollautomatische Gasfeuerung GGA 56	4	400
vollautomatische Gasfeuerung GGA 28	2,5	250
vollautomatische Gasfeuerung GGA 17	1,8	180
Kastenbrenner	1,5 ... 2,0	150 ... 200
<b>Parallelstrombrenner</b> (TGL 101-140)	<b>0,9 ... 1,0</b>	<b>90 ... 100</b>
<b>Einheitswirbelstrombrenner</b>	<b>0,8</b>	<b>80</b>
Industriegasbrenner IG	2,0	200
Sternbrenner	2,0	200
Rohrbrenner (Langstrahlbrenner)	5,0	500
Abflambrenner	3,7 ... 5,0	370 ... 500
Zündlunte	2,0/50	200/5 000
Zündbrenner	2,0	200

Tafel 5  
Gasanschlußdrücke verschiedener Brenner beim EEG-Einsatz

Technologien benötigen maximal 1000°C (bei Futtermittel-trocknung). Die Flammenlänge wird sich ebenfalls nur unwesentlich verändern.

Aufgrund des hohen CO<sub>2</sub>-Gehalts hat Biogas ein geringfügig höheres Emissionsverhältnis. Als Fazit dieser anwendungstechnischen Probleme ergibt sich daher:

- Brenneränderungen (eventuelle Leistungsverminderung) sind erforderlich.
- Eine Druckerhöhung mit Hilfe eines Gebläses ist notwendig.
- Gasreinigung und Gastrocknung sollten vorgesehen werden.

## 5. Einsatzmöglichkeiten für Biogas in der Landwirtschaft

### 5.1. Technologien

In Tafel 6 sind die Möglichkeiten für den technologischen Brenngaseinsatz in der Landwirtschaft zusammengestellt. Die für die aufgeführten Technologien in der DDR hauptsächlich in Frage kommenden technischen Einrichtungen müssen der Biogasqualität aber erst angepaßt werden. Dabei muß die überhaupt zur Verfügung stehende Gasmenge berücksichtigt werden [12]. Über die konkreten Verwertungsmöglichkeiten von Biogas muß also standortbezogen entschieden werden.

Auf die Erfahrungen der kommunalen Klärwerke kann dabei nur bedingt zurückgegriffen werden, da der technische Stand der gesamten Feuerungen i. allg. nicht mehr den heutigen Anforderungen entspricht.

### 5.2. Geeignete Gasbrenner für die Biogasanwendung

Im folgenden sollen einige Brenner vorgestellt werden, die nach Umstellung zum Einsatz in den in Tafel 6 vorgestellten technischen Einrichtungen besonders geeignet erscheinen.

Allgemein betreibt man dabei die Umstellung unter folgenden Gesichtspunkten:

- Die in der Praxis für die unterschiedlichen Technologien eingesetzten Brenner sind für bestimmte Gasarten (in der Hauptsache SG, IEG und EEG) mit vorgegebenen Schwankungsbreiten ausgelegt.
- Der Einsatz von Biogas erfordert eine Umstellung (ggf. nur Anpassung) auf die neue Gasqualität.
- Kriterien für die Umstellung bilden:
  - Flammengeschwindigkeit
  - Heizwert.
- Vom brenntechnischen Verhalten des Biogases ausgehend, eignen sich Gasbrenner, die für Eigenerdgas der Qualität E 35 ausgelegt sind, für die Umstellung auf Biogas am besten.
- Unter Umständen sind auch Brenner für IEG einsetzbar, wenn eine Umstellung möglich und der Umstellungsaufwand vertretbar ist. Damit erweitert sich das Brennerangebot [13] für den Biogaseinsatz.

### Brennerangebot

- Allgasbrenner der Gasdurchlauferhitzer  
Original: IEG-Ausführung  
Umstellung: nur Düsenbohrungsänderung möglich
- Kastenbrenner, Typ KB (Bild 3)  
Original: EEG-Ausführung  
Umstellung: Einsatz ohne Umstellungsaufwand ist möglich
- vollautomatische Gasfeuerung, Typ GGA 17/28/56/125/250 bzw. MGF 650 (Bild 4)  
Original: wahlweise für SG, IEG, EEG  
Umstellung: Umstellmaßnahmen nach

mit einem Volumenanteil von 35% CH<sub>4</sub>) und E 95 (Erdgas mit einem Volumenanteil von 95% CH<sub>4</sub>) die breiteste Anwendung in der DDR haben:

- Es sind z. Z. keine Brenneranlagen bekannt, die den Einsatz von Biogas unmittelbar und ohne Veränderungen zulassen.
- Beim Einsatz in Importerdgasbrennern (E 95) wird ohne Änderung der Konstruktion oder der Einstellung nicht die volle Brennerleistung erbracht, außerdem sind Abbeerscheinungen zu erwarten.
- Beim Einsatz in Eigenerdgasbrennern (E 35) wird der Brenner ohne Änderung der Konstruktion oder der Einstellung überlastet.

Eine gas- und luftseitige Leistungsanpassung ist unbedingt erforderlich.

### Niedrige Wobbezahl

Unter Beachtung der unteren Wobbezahl gemeinsam mit der Flammengeschwindigkeit werden sich Brenneranlagen, die für Eigenerdgas (E 35) ausgelegt sind, am besten an die Biogasqualitäten anpassen lassen.

### Niedriger Gasdruck

Das Gas steht nach Verlassen des Biogasreaktors (Reaktor üblicher Konstruktion) mit einem Druck von rd. 700 bis 1000 Pa zur Verfügung.

In Tafel 5 sind einige Gasanschlußdrücke am Brenner oder vor der Brenneranlage für Eigenerdgasbrenner zusammengestellt. Für das Betreiben eines Brenners unter Erzeugungsdruck

sind nur zwei Brenner (halbfett hervorgehoben) geeignet, wenn sie in unmittelbarer Nähe des Reaktors betrieben werden bzw. wenn die Gasfortleitungsverluste minimal sind.

### Hoher Wasserdampfgehalt

Der hohe Wasserdampfgehalt bringt in Zusammenhang mit dem hohen CO<sub>2</sub>-Gehalt Korrosionserscheinungen an den metallischen Teilen der Gasfortleitung und -feuerung mit sich. Vorteilhaft ist deshalb der Aufbau einer Trocknungsanlage für das Biogas am Anfang der gesamten Gasanlage.

### Schwefelgehalt

Der Schwefelgehalt im Frischgas führt durch Bildung von schwefliger Säure im Abgasstrahl zu Korrosionserscheinungen. Außerdem bewirkt er eine Erhöhung des Säuretaupunkts und führt damit letztendlich zu einer Wirkungsgradeinbuße in der Gasanwendungsanlage. Bei  $\lambda > 1,12$  steigt der Taupunkt bis zu einem Gesamtschwefelgehalt des Brenngases von rd. 10 g/m<sup>3</sup> steil auf 150°C an, danach wird der Anstieg flacher, so daß der Taupunkt unter 170°C bleibt.

### Flammenparameter (gegenüber IEG)

Die Flammenparameter werden sich unwesentlich ändern. Die geringere theoretische Verbrennungstemperatur ( $t_{RD} = 1850^\circ\text{C}$ ,  $t_R = 1920^\circ\text{C}$ ) bringt auch eine geringere Flammentemperatur. Trotzdem werden Flammentemperaturen von rd. 1450°C und Wärmeguttemperaturen von rd. 1200°C erreicht. Die in der Landwirtschaft üblichen

Tafel 6. Möglichkeiten für den technologischen Biogaseinsatz in der Landwirtschaft

Technologie	Bemerkungen	technische Einrichtungen
Warmwasserbereitung Heißwasserbereitung	bis max. 60°C bis max. 110°C	Gas-Wasserdurchlauferhitzer Typ WG 125/250 Gaskessel Typ G 30, G 100 (TGL 31716/06) Gliederkessel Typ GK 30... 70 (TGL 31716/01... 05) Dreizugkessel Typ EGWA 0,15... 05
Niederdruckdampferzeugung	Naßdampf	Zweizugkessel Typ EGDA 400/800 Kessel 1,6... 3,2 t/h vom Kesselbau Köthen
Warmluftferzeugung	bis 150°C	sonstige Dampferzeuger Warmluftöfen Typ Röbel
Heißluftferzeugung	bis 1000°C	Getreidetrocknungsanlagen Typ DSF 32-OT Futtermitteltrockner Typ M 804 Gasturbine (mobil als Notstromaggregat)
Abgaserzeugung	CO <sub>2</sub> -Begasung in Gewächshäusern	kein Aggregat bekannt
Stromerzeugung	Eigenbedarf	Netzersatzanlage
Treibstoffersatz	Eigenbedarf	stationäre und mobile Gasmotoren
sonstige Technologien, z. B. — Flammenjäten (auf Feld) — Wachstumsförderung	Literaturangaben	keine Aggregate bekannt

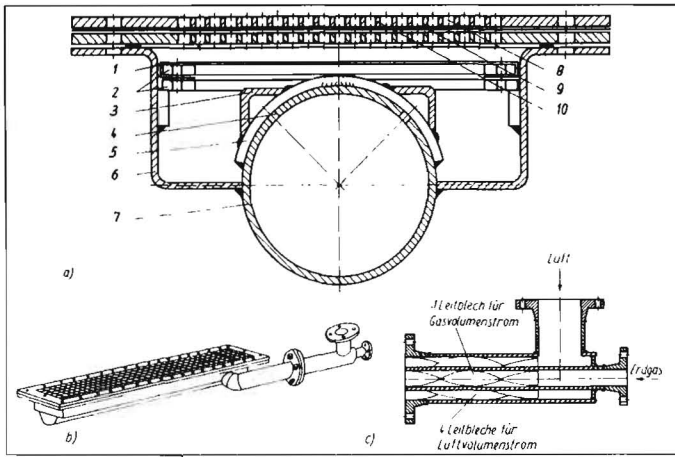


Bild 3

Kastenbrenner, Typ KB;

a) Querschnitt

1 Verteilersieb, 2 Spannrahmen, 3 Prallwinkel, 4 Verteileröffnungen, 5 Distanzstück, 6 Brennerkasten, 7 Verteilerrohr, 8 Ausströmöffnungen, 9 Rückschlagsieb, 10 Brennerplatte

b) Gesamtansicht mit Mischeinrichtung

c) Mischeinrichtung

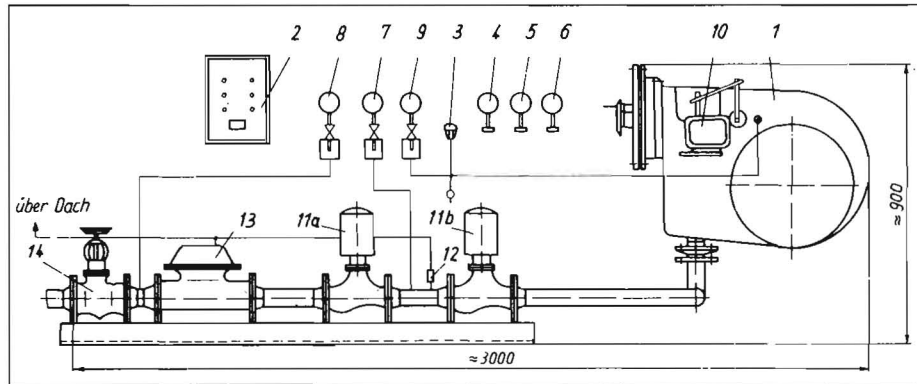
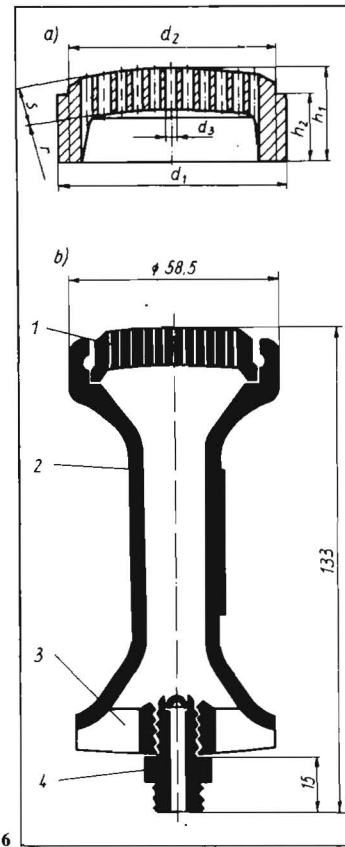


Bild 4. Blockgasfeuerung, Typ MGF 650;

1 Lüfter/Brennerblock, 2 Steuergerät, 3 Luftdruckwächter, 4 Temperaturfühler (Ein/Aus-Regelung), 5 Temperaturfühler (Teillast/Vollast-Regelung), 6 Temperaturfühler (Grenzwertüberschreitung), 7 Gasdruckwächter (max., 0 bis 10 kPa), 8 Gasdruckwächter (min., 0 bis 10 kPa), 9 Luftdruckmesser (0 bis 4 kPa), 10 Stellantrieb Gas/Luft, 11 Elektromagnetventil NW 80, 12 Elektro-Magnetventil NW 4, 13 Gasdruckregler NW 80, 14 Handabsperrventil NW 80

Bild 5. Einheitswirbelstrombrenner, Typ EWB;

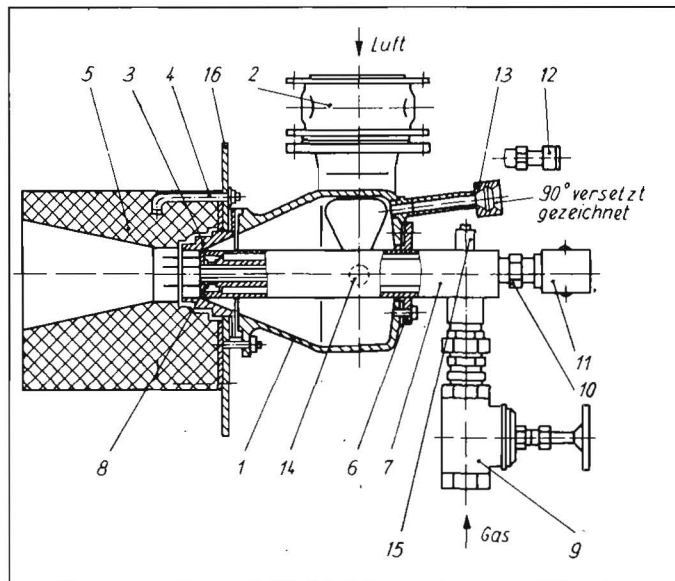
1 Gehäuse, 2 Drosselklappe Luft, 3 Konfusor, 4 Befestigungshaken, 5 Brennerstein, 6 Befestigung Gaslanze, 7 Gaslanze, 8 Lanzenkopf, 9 Einstellorgan Gas, 10 Überwurfmutter, 11 Zünd- und Überwachungseinrichtung, 12 Verschlußolive mit Innenrohr, 13 Schauglas, 14 Meßstutzen Luftanschlußdruck, 15 Meßstutzen Gasanschlußdruck, 16 Ofenbewehrung

Bild 6. Niederdruck-Gas-Einbaubrenner, Typ IG 3/3 N;

a) Mehrloch-Brennerkopf F-R 1 1/2" (TGL 29364);

$d_1 = 1 1/2"$ ,  $d_2 = 4,40$  mm,  $d_3 = 1,25$  mm,  $h_1 = 15$  mm,  $h_2 = 10$  mm,  $r = 240$  mm,  $s = 10$  mm

b) Schematischer Aufbau des IG 3/3 N; 1 Brennerkopf, 2 Brennerkörper, 3 Gasdüsenhalter, 4 Gasdüse



Erprobung an konkreter Anlage

— Einheitswirbelstrombrenner, Typ EWB (Bild 5)

Original: wahlweise für SG, IEG, EEG  
Umstellung: Austausch des Lanzenkopfes

— Industriegasbrenner, Typ IG 3/3 N (Bild 6)

Original: für IEG  
Umstellung: Austausch der Gasdüse.

## 6. Zusammenfassung

Biogase sind, obwohl eine sehr schwankende Zusammensetzung möglich ist, mit der Familie der Erdgase nach Standard TGL 28050/1 verwandt. Eine Anwendung in Erdgasbrennern ist daher nach Umstellung (ggf. auch nur Anpassung) möglich.

Beim Einbau und Betrieb der aufgeführten Brenner in der gewünschten Anwendungsanlage ist aber eine Anpassung der Aggregate

unter Beachtung verbrennungstechnischer Kennwerte vorzunehmen.

## Literatur

- [1] Sonderbrenngase. Bergakademie Freiberg, Sektion Maschinen- und Energietechnik, Forschungsbericht 1979.
- [2] Gas from Garbage: Brooklyn Union Gas Co. tests Recovery of Methane from Landfill. In: Information für die Gaswirtschaft, Freiberg 9 (1979) H. 5.
- [3] Stadtbauer, E. A.; Strauß, V. E.: Biogas-Energie aus Abfall. Bild der Wissenschaft, Stuttgart (1977) H. 10, S. 86—102.
- [4] Bremer, P.: Biogas. Fischer Taschenbuch Verlag GmbH, Frankfurt (Main), Magazin Brennpunkte, 9. Jg., Bd. 13, S. 125 ff.
- [5] Strohbach, W.: Stand und Tendenzen der Ausnutzung des Energieträgers Biogas. ILK-Nr. 20/80, II/80/12, Neustadt 1980.
- [6] Energetische Nutzung organischer Sekundärrohstoffe. Bergakademie Freiberg, Sektion Maschinen- und Energietechnik, Studie 1978.

- [7] Brunner-Klingenspor, E.: Pater Flurin und das Biogas. Mein schöner Garten, Februar 1981, S. 36—40, 94/95.
- [8] Kurth, K.; Kochs, A.: Grundlagen der Gasanwendung. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1979.
- [9] Schuster, F.: Luft/Sauerstoffgehalt und Zündbarkeit von (Gas + Luft + Inerten)-Gemischen. GWF-Gas/Erdgas, München 120 (1979) H. 1, S. 44—46.
- [10] Wieschebrink, G.; Zöllner, W.: Untersuchungen über die Brenneigenschaften und die Austauschbarkeit eigener und importierter Erdgase... Bergakademie Freiberg, Sektion Maschinen- und Energietechnik, Dissertation 1974.
- [11] Gareis, H.-J.: Untersuchungen von Einsatzmöglichkeiten von  $CH_4$ ,  $CO_2$ -Gasgemischen. Bergakademie Freiberg, Sektion Maschinen- und Energietechnik, Belegarbeit 1978.
- [12] Engshuber, M.; Biet, J.: Zur Dimensionierung von Biogasanlagen. Energieanwendung 31 (1982) H. 1, S. 23—27.
- [13] Gasbrennerkatalog 1978. Brennstoffinstitut Freiberg. A 3489