

am besten geeignet ist und auf eine lineare Regressionsfunktion zurückgeführt werden kann. Die Gülleart (Rinder- oder Schweinegülle) und die Konzentration (TS-Gehalt) sind von entscheidendem Einfluß, so daß analog zu o. g. TS-Bereichen die folgenden Temperaturfunktionen ermittelt und im Bild 1 dargestellt wurden:

– Wasser und Dünggülle mit $TS \leq 3\%$ (Kurve 1)

$$\alpha_T(\vartheta) = 1,7210 \exp(-0,02686 \vartheta) \quad (3)$$

$$(B = 0,9957)$$

– Schweinegülle mit $TS > 3\%$ (Kurve 2):

$$\alpha_T(\vartheta) = 1,3953 \exp(-0,01650 \vartheta) \quad (4)$$

$$(B = 0,9617)$$

– Rindergülle im Bereich $3\% < TS \leq 10\%$ (Kurve 3):

$$\alpha_T(\vartheta) = 1,4518 \exp(-0,01838 \vartheta) \quad (5)$$

$$(B = 0,9539)$$

– Rindergülle mit $TS > 10\%$ (Kurve 4):

$$\alpha_T(\vartheta) = 1,2759 \exp(-0,01187 \vartheta) \quad (6)$$

$$(B = 0,8617)$$

Gülle mit höherem Wassergehalt zeigt eine größere Temperaturabhängigkeit. Während sich bei Schweine- und Rindergülle im Bereich $3\% < TS < 10\%$ kaum Unterschiede ergeben, ist die Temperaturzahl bei TS-reicher Rindergülle aufgrund der spezifischen Struktureigenschaften deutlich geringer. Klar erkennbar ist auch, daß der Temperatureinfluß bei niedrigen Temperaturen größer ist als bei $\vartheta > 20^\circ\text{C}$. Über das Verhältnis

$$\frac{\alpha_T(\vartheta_1)}{\alpha_T(\vartheta_2)} = \frac{\tau(\vartheta_1)}{\tau(\vartheta_2)} \quad (7)$$

kann eine Korrektur auf jeden beliebigen Temperaturwert im Bereich $0 < \vartheta < 50^\circ\text{C}$ vorgenommen werden. Die Temperaturfunktion nach Gl. (2) ist vom Fließgesetz unabhängig und ermöglicht eine einfache Korrektur der Fließkennwerte, wie z. B. bei Anwendung des Ostwald/de Waele-Ansatzes

$$\tau(\vartheta) = k(\vartheta) \dot{\gamma}^n \quad (8)$$

$$k(\vartheta) = \alpha_T(\vartheta) k(20^\circ\text{C}) \quad (9)$$

Der Fließexponent n ist demnach konstant und nicht von der Temperatur abhängig.

Am Beispiel einer Schweinegülle mit $TS = 8\%$ [2] soll der Temperatureinfluß bei Förderung durch ein Rohr mit $d = 150\text{ mm}$ verdeutlicht werden (Bild 2). Bei einer Temperaturveränderung von $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$ auf $\vartheta_2 = 10^\circ\text{C}$ erhöht sich z. B. der Reibungs-

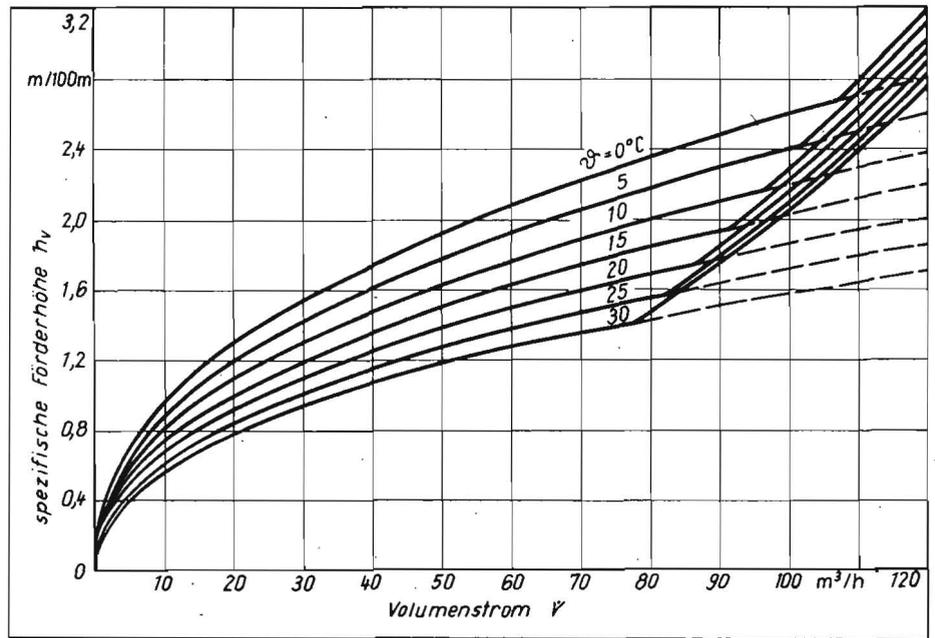


Bild 2. Temperaturabhängiger Druckverlust bei laminarer und turbulenter Rohrströmung von Schweinegülle ($TS = 8\%$, $d = 0,15\text{ m}$)

druckverlust im Rohr um 18%. Die Rohrkennlinien zeigen, daß analog zur temperaturabhängigen Viskosität auch der Übergang zur turbulenten Strömung bei unterschiedlichen Durchsätzen erfolgen muß. Das gezeigte Berechnungsmodell nach den Gln. (1) und (2) ist auch für andere Medien anwendbar, wenn die o. g. Voraussetzungen der Stetigkeit des Fließverhaltens zutreffen. Allerdings ist der angegebene Geltungsbereich einzuhalten.

4. Zusammenfassung

Der Temperatureinfluß auf das Fließverhalten von Gülle und damit auf die Druckverluste beim Rohrtransport ist von großer Bedeutung. Zur Qualifizierung der Bemessungsgrundlagen wurden systematische Fließkurvenuntersuchungen mit Rinder- und Schweinegülle im Temperaturbereich $0 < \vartheta < 50^\circ\text{C}$ durchgeführt. Mit Hilfe einer vom Fließgesetz unabhängigen Temperaturzahl $\alpha_T(\vartheta)$ und eines einfachen Berechnungsansatzes kann die Temperaturabhängigkeit des Fließverhaltens verallgemeinert dargestellt werden. Entsprechende Regressionsfunktionen werden angegeben. Diese Berechnungsmethode gilt auch für andere Medien.

Damit sind die Voraussetzungen für eine genauere Bemessung von Gölledruckrohrleitungen durch die Berücksichtigung extremer Betriebszustände gegeben, und die Temperaturfehler bei der Fließkurvenaufnahme können einfach korrigiert werden.

Literatur

- [1] Türk, M.: Das Fließverhalten von trockensubstanzreicher Schweinegülle. agrartechnik, Berlin 36 (1986) 1, S. 31–33.
- [2] Türk, M.; Hörnig, G.; Eckstädt, H.: Bemessung von Gölledruckrohrleitungen. FZM Schlieben/Bornim, Arbeitsmaterial 1984.
- [3] Rost, U.: Das Viskositäts-Temperatur-Verhalten von Flüssigkeiten. Kolloid-Zeitschrift, Darmstadt 142 (1955) 2/3, S. 132–150.
- [4] Hesse, H.-U.; Hummel, H. G.: Untersuchungen zum Einfluß der Temperatur auf Dichte, pH-Wert und Viskosität einer Schweinegülle mit hohem Trockensubstanzgehalt. Wiss. Zeitschr. der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Math.-Naturwiss. Reihe, 29 (1980) 6, S. 85–88.
- [5] Ehrmann, G.; Robens, G.; Wagner, M. H.: Rheometrie hochpolymerer Schmelzen – kritische Betrachtung und Ergebnisse. Kunststoffe, München 64 (1974) 9, S. 463–469. A 4556

Inbetriebnahme eines Stationärmotors 4 VOG 14,5/12 SRW mit ungereinigtem Biogas

Dipl.-Ing. G. Reinhold, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL der DDR, Bereich Jena

Dipl.-Ing. G. Pfeiffer, KDT/Dr.-Ing. I. Irmscher, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg,

Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion

Ing. R. Jäkel, KDT, Kooperative Abteilung Melioration und organische Düngung Vippachedelhausen, Bezirk Erfurt

Verwendete Formelzeichen

B	m ³ /h	absoluter Kraftstoffverbrauch
b _s	m ³ /kWh	spezifischer Kraftstoffverbrauch
H ₀	MJ/m ³	unterer Heizwert
n	min ⁻¹	Drehzahl
p	MPa	Öldruck
P _e	kW	Nutzleistung (mechanisch)
P _{opt}	kW	Höchstleistung
Q _s	MJ/h	Wärmeverbrauch des Motors
q _s	MJ/kWh	spezifischer Wärmeverbrauch

T	°C	Kühlwassertemperatur
W _{el}	kWh	Elektroenergie
ε	–	Verdichtungsverhältnis
η _e	–	mechanischer Wirkungsgrad
η _w	–	Wirkungsgrad Kühlwassererwärmung
η _{ges}	–	Gesamtwirkungsgrad (mechanische Energie plus Kühlwasserwärme)

1. Problemstellung

Mit der zunehmenden Verschärfung der Rohstoff- und Energiesituation gewinnt seit den siebziger Jahren die alternative Energiegewinnung immer mehr an Bedeutung [1]. In der Landwirtschaft bietet sich dazu neben der Wärmerückgewinnung aus der Milch und der Stallabluft die Erzeugung von Biogas an.

Landwirtschaftliche Biogasanlagen sind oft allein auf die Erzeugung von Wärmeenergie orientiert. Der Bedarf an Wärmeenergie von seiten der Verbraucher unterliegt jedoch erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen. Bei mit Biogas betriebenen Heizanlagen ist z. B. der Energiebedarf im Sommer wesentlich geringer als im Winter. Diese Diskrepanz zwischen der nahezu konstanten Gaserzeugung und dem variierenden Gasverbrauch wird durch unterschiedliche saisonal bedingte Prozeßgasanteile noch verstärkt. Ein Teil der erzeugten hochwertigen Energie wird somit keiner Nutzung zugeführt, und die Ökonomie der Biogaserzeugung verschlechtert sich. Deshalb ist nach Lösungswegen zur sinnvollen Verwertung des Gasüberschusses zu suchen, zumal eine Langzeitspeicherung von Biogas aus ökonomischen Gründen ausscheidet.

In der Biogasanlage Vippachedelhausen, Bezirk Erfurt, wurde der Einsatz einer Gasmotor-Generator-Kopplung untersucht, weil

- erstens die hierbei erzeugte Elektroenergie eine vielseitig verwendbare Energieform darstellt und
- zweitens die Motorabwärme (Kühlwasser- und Abgaswärme) zur Aufrechterhaltung des biologischen Prozesses gut nutzbar ist.

2. Beschreibung der Biogasanlage und des Gasmotors

Die Großversuchsanlage (GVA) Biogas Vippachedelhausen wurde im Jahr 1982 als erste großtechnische Anlage der Landwirtschaft in Betrieb genommen. Das angewendete Verfahren zur Biogaserzeugung wurde in Zusammenarbeit von Mitarbeitern des VEB Komplett Chemieranlagen Dresden, der

Technischen Hochschule „Carl Schorlemmer“ Leuna-Merseburg und der Kooperativen Abteilung-Melioration und organische Düngung (KAMOD) Vippachedelhausen entwickelt. Die GVA, von Breitschuh u. a. in [2] beschrieben, produziert z. Z. zwischen 800 und 1200 m³/d Biogas mit einem Heizwert von 24,5 bis 26,5 MJ/m³. Der H₂S-Gehalt des Gases liegt zwischen 0,1 und 0,6% Volumenanteil.

Die Gasverwertung erfolgte bisher ausschließlich in einem Warmwasserautomaten zur Erzeugung von Wärmeenergie. Nach Bedarf wird die gewonnene Wärmeenergie partiell zum Beheizen des Reaktors verwendet. Die Anlage verfügt über keine Gasspeicherkapazität. Eine Angleichung der im Tagesablauf schwankenden Gaserzeugung an den Gasbedarf der Verbraucher ist somit nicht realisiert.

Im Jahr 1985 wurde für die GVA der Einsatz des Gasmotors 4VOG 14,5/12SRW geprüft, der auf Grundlage des Dieselmotors 4VD 14,5/12SRW vom VEB Traktoren- und Dieselmotorenwerk -Schönebeck hergestellt wurde. Die wesentlichen Veränderungen des Gasmotors gegenüber dem Dieselmotor sind:

- Vergrößerung des Brennraumes durch Einbau neuer Kolben (mit großvolumigem Brennraum) und damit verbunden die Verringerung des Verdichtungsverhältnisses von $\epsilon = 17$ auf $\epsilon = 10,5$
- Ersatz der Einspritzanlage durch eine kontaktgesteuerte Spulenzündanlage mit Zündverteiler und Fliehkraftversteller, Einbau von Zündkerzen anstelle der Einspritzdüsen sowie Anbau einer Gaskraftstoff-Luft-Mischeinrichtung mit Drosselklappe [3].

Zum Gaszuführungssystem gehören ein Kondenswasserabscheider, Magnetventile sowie ein Gasdruckregelventil. Der Drehzahlregler der Einspritzpumpe des 4VD ist mit der Drosselklappe der Gas-Luft-Mischeinrichtung gekoppelt. Der ursprüngliche Abgaskrümmerr wurde gegen einen Abgaskrümmerr mit Wasser-Wärmeübertrager ausgetauscht. Nach [3] ist der Betrieb des verwendeten Gasmotors prinzipiell mit allen brennbaren Gasen möglich, wobei die erzielbare Motorleistung vom Heizwert und vom Gemischheizwert des verwendeten Gases abhängt. Zur Zeit liegen vom Hersteller nur konkrete Ergebnisse für den Betrieb mit Erdgas (50% CH₄) und Holzgas vor. Dabei wurden ohne Lüfter folgende Höchstleistungen erreicht:

- $n = 1500 \text{ min}^{-1}$,
 $P_{eH} = 57 \text{ kW}$, $q_e = 11,3 \text{ MJ/kWh}$
- $n = 2000 \text{ min}^{-1}$,
 $P_{eH} = 64 \text{ kW}$, $q_e = 13,4 \text{ MJ/kWh}$.

In der GVA Vippachedelhausen wird Biogas mit einem durchschnittlichen Methangehalt von 70% erzeugt. Entsprechend diesem Methangehalt hat das Gas einen Heizwert von rd. $H_u = 25 \text{ MJ/m}^3$.

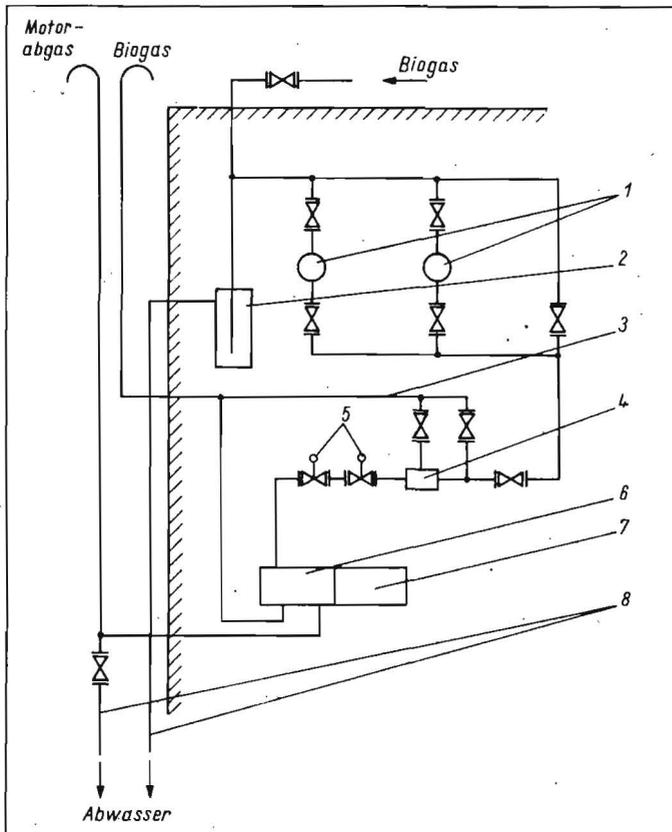
Wird der Motor mit Biogas (CH₄-Gehalt 70%) bei $n = 1500 \text{ min}^{-1}$ betrieben, betragen

- der spezifische Biogasverbrauch $b_g = 0,45 \text{ m}^3/\text{kWh}$
- der absolute Gasverbrauch $B = 25,65 \text{ m}^3/\text{h}$
- der spezifische Wärmeverbrauch $q_e = 11,3 \text{ MJ/kWh}$.

Der Gasmotor 4VOG 14,5/12SRW wurde mit einem Generator vom Typ DGK 1037-4/R aggregiert. Der Generator ist eine bürstenlose, eigenerregte Synchron-Innenpolmaschine mit elektronischer Zusatzregelung. Bei einer Nenndrehzahl von 1500 min^{-1}

Bild 1. Anschlußschema des Gasmotors;

- 1 Gasuhren, 2 Kondenswasserabscheider, 3 Entlüftungsleitung, 4 Druckminderer, 5 Magnetventile, 6 Biogasmotor, 7 Generator, 8 Entwässerungsleitung

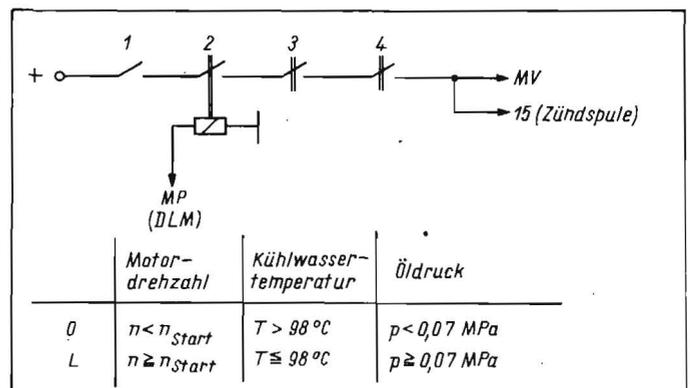


Tafel 1. Versuchsergebnisse mehrerer Belastungszustände [4] ($n = 1500 \text{ min}^{-1}$)

Parameter	aggregierte Last					
	12,5 kW	19,0 kW	25,0 kW	31,0 kW	37,5 kW	
W_{el}	kWh	13,87	20,48	25,85	33,37	42,0
P_e	kW	15,67	23,1	29,20	37,7	47,45
B	m ³ /h	12,35	14,52	16,85	19,6	22,4
Q_e	MJ/h	289,0	339,8	394,2	458,6	524,1
η_e		0,195	0,245	0,266	0,296	0,326
b_g	m ³ /kWh	0,71	0,56	0,51	0,47	0,42
Q_w	MJ	95,37	110,4	115,4	135,0	-
η_w		0,33	0,325	0,293	0,294	-
η_{ges}		0,525	0,57	0,559	0,59	-

Bild 2. Ansteuerung der Magnetventile;

- 1 Zündschalter, 2 Motordrehzahlüberwachung, 3 Kühlwassertemperaturkontrolle, 4 Öldrucküberwachung



(50 Hz) erbringt der Generator eine Nennleistung von 37 kVA. Bei Beachtung des Generatorwirkungsgrades von 0,885 im o. g. Betriebspunkt wird eine Antriebsleistung von rd. 42 kW benötigt. Eine vollständige Motorauslastung ist damit nicht gegeben.

3. Beschreibung der Versuchsanlage und des Versuchsablaufs

3.1. Versuchsanlage

Der Gasmotor wurde mit dem Generator gekoppelt und auf einen Grundrahmen montiert. Die Gaszuleitung erfolgte am Aufstellungsort durch ein 2"-Rohr. Im Bild 1 ist das Anschlussschema des Gasmotors dargestellt. Der Gasdruckregler und die Magnetventile sind starr am Grundrahmen befestigt. Der verwendete standardgemäße ZT 300-Kühler mußte auf dem Grundrahmen verschoben werden, um die Volumenstrommessung zwischen Kühler und Motor im Kühlwasserrücklauf zu ermöglichen. Als Luftfilter wurde ein Trockenfilter verwendet.

Die vom Generator abgegebene elektrische Leistung kann mit Hilfe eines Strom- und Spannungsmessers bestimmt werden. Weiterhin wurde ein Drehstromzähler installiert, der den Verbrauch der Abnehmer festhält.

3.2. Realisierung der Sicherheit beim Motorbetrieb

Während der Aufstellung des Gasmotors 4VOG 14,5/12SRW wurde ein hohes Maß der Sicherheitstechnik angestrebt. Der Probetrieb erforderte eine ständige Aufsicht durch eine Bedienperson.

Die Kurbelgehäuseentlüftung des Motors, die Schnüffelöffnung des Gasdruckreglers und die Entlüftung der Gasleitung sind in ein gemeinsames Entlüftungsrohr geleitet worden (Bild 1). Für den Potentialausgleich wurde der Grundrahmen entsprechend geerdet. Die Ansteuerung der Magnetventile in der Gasstrecke erfolgt so, daß die Abschaltung der Gaszufuhr zum Motor eingeleitet wird, wenn

- der Motor stehen bleibt
- der Öldruck unter 0,07 bis 0,1 MPa abfällt
- die Wassertemperatur 98°C überschreitet
- der Antrieb der Wasserpumpe und der Lichtmaschine (Keilriemenüberwachung) ausfällt (Bild 2).

Bei Stillstand des Motors und geöffneten Magnetventilen kann kein Biogas durch die Gas-Luft-Mischeinrichtung austreten, da der Druckregler mit nach unten hängender Membran eingebaut wurde, so daß er im Unterdruckbereich arbeitet. Sobald der Unterdruck am Gasdruckregler aufgehoben wird, schließt das Ventil, und die Gaszufuhr ist unterbrochen.

3.3. Versuchsablauf

Während der Inbetriebnahme des Gasmotors wurden die 6 radial angeordneten Düsen der Mischeinrichtung schrittweise bis auf 3,5 mm aufgebohrt. Für die einzelnen Düsenbohrungen sind die entsprechenden Einstellungen der Luftzufuhr vorgenommen worden, so daß der Motor die obere Leerlaufdrehzahl erreicht. Bei einer Düsenbohrung von 3,5 mm ist der Motor in der Lage, die Nennleistung des Generators zu erreichen.

Der Motor lief akustisch und mechanisch während der Probelaufe sehr ruhig, so daß auf eine zusätzliche Verankerung verzichtet werden konnte. Zur Bestimmung der Energiebilanz erfolgte der Betrieb des Motors unter quasistationären Belastungszuständen. Die Meßdauer für gleiche Belastungszustände wurde unter Berücksichtigung der verfügbaren Meßtechnik auf 0,5 h festgelegt.

Mit dem vorhandenen Generator war es nicht möglich, den Gasmotor bis an seine Leistungsgrenze zu belasten.

4. Versuchsergebnisse

Der Drehzahlregler des Gasmotors erfüllte die an ihn gestellten Aufgaben:

- stabiler unterer Leerlauf
- stabiler oberer Leerlauf
- stabiler oberer Leerlauf bei Lastabwurf
- Lastanpassung an die elektrische Belastung des Generators.

Die Sicherheitsschaltung der Magnetventile ist funktionsfähig und erfüllt die gestellten Anforderungen. Der Motor hat ein gutes Kaltstartverhalten.

Durch drei Heizgeräte mit je 12,5 kW Nennleistung konnte das Aggregat in mehreren Laststufen eingesetzt werden (Ohmsche Last). In Tafel 1 sind Versuchsergebnisse dargestellt. Diese Ergebnisse sind Mittelwerte, die durch 2- bis 4malige Messungen entstanden sind. Aus meßtechnischen Gründen konnten nur begrenzt Volumenstrommessungen im Kühlkreislauf durchgeführt werden.

Die Abgastemperaturen wurden in Stichproben überwacht. Dabei sind folgende Abgastemperaturen gemessen worden:

- 12,5 kW bis 360°C
- 19,0 kW bis 400°C
- 25,0 kW bis 430°C.

Die Überprüfung der Zündkerzenbilder nach 3 Betriebsstunden und nach Abschluß der Versuche (27 Betriebsstunden) wies jeweils eine ausgeglichene rehbraune bis weiße Färbung auf.

5. Diskussion der Versuchsergebnisse

Der Gasmotor 4VOG 14,5/12SRW erreichte die von ihm abgeforderte Leistung im Teillastbereich. Bei der erreichten Höchstleistung von 42,0 kW war die Gemischdrosselklappe nur halb geöffnet. Um den Motor entsprechend seiner Nennleistung zu belasten, ist die Aggregatierung mit einem Generator von mindestens 50 kVA Nennleistung notwendig. Während des Motorbetriebs war der Lüfter des Kühlsystems mit der Wasserpumpe starr verbunden. Wird die Kühlung des Motors ohne Lüfter realisiert - z. B. durch Einbindung des Motorkühlkreislaufs in den Heizkreislauf des Biogasreaktors -, so kann die Lüfterleistung als Leistungsreserve erschlossen werden.

Die mit dem Gasmotor erreichten effektiven Wirkungsgrade nahe Vollast sind mit der bisherigen Motorleistung bereits größer als der vom Hersteller angegebene effektive Wirkungsgrad.

In der Gesamtbilanz einschließlich der Abwärmennutzung erreichte der Motor bisher Wirkungsgrade zwischen 50 und 60%. Durch die Nutzung der Abgaswärme - der Abgaskühler war in der beschriebenen ersten Betriebsphase nicht in Betrieb - läßt

sich der Gesamtwirkungsgrad noch weiter verbessern. Wird die Wärmemenge des Kühlsystems durch einen Wärmeübertrager dem Heizsystem der GVA zugeführt, so kann die abgeführte Wärme zum Beheizen des Reaktors verwendet werden.

Bei der bisher erreichten Höchstleistung werden rd. 42 kW durch das Kühlsystem abgeführt.

Der Prozeßenergiebedarf der Biogasanlage beträgt im Jahresdurchschnitt 47,5 kW [5]. Somit ist es möglich, in den Sommermonaten allein durch Nutzung der Kühlwasserenergie die technologisch nötige Wärme für die Biogaserzeugung bereitzustellen.

Durch den Versuch wurde weiterhin festgestellt, daß Magnetventile und das Gasdruckregelventil vom Grundrahmen zu lösen und auf einen separaten Rahmen zu montieren sind. Die Magnetventile sind auf dem Grundrahmen zu starken Schwingungen ausgesetzt.

Weitere Untersuchungen sind zur Klärung folgender Probleme vorgesehen:

- Gestaltung des Ansaugsystems nach den Prinzipien der Raum- und Zeitsymmetrie
- sicherheitstechnische Optimierung der Gaskraftstoff-Luft-Mischeinrichtung
- Optimierung des Zündzeitpunkts in den benötigten Kennfeldbereichen und Einsatz einer kontaktlosen Zündanlage
- sicherheitstechnische Überarbeitung der Kurbelgehäusebelüftung und -entlüftung
- Verschleißuntersuchungen (Auswirkungen des H₂S-Gehalts von Biogas)
- Abwärmennutzung über das Kühlsystem, die Abgasanlage sowie eine Motorkapselung
- technologische Einbindung in das gesamte System der Biogasverwertung.

6. Zusammenfassung

Mit der Inbetriebnahme eines Gasmotors in der Biogasanlage Vippachedelhausen wurden die Voraussetzungen zur Erzeugung von Elektroenergie aus Biogas geschaffen. Der auf der Grundlage des ZT 300-Motors entstandene Gasmotor erreichte einen Gesamtwirkungsgrad von 50 bis 60%. Dieser Wirkungsgrad läßt sich durch Nutzung der Abgaswärme noch weiter verbessern. Der Einsatz von Gasmotoren eröffnet die Möglichkeit, den Sommergasüberschuß in Biogasanlagen sinnvoll zu verwerten.

Literatur

- [1] Engshuber, M.; Beyer, G.: Renaissance für Biogas? Technische Gemeinschaft, Berlin 31 (1983) 3, S. 29-31.
- [2] Breitschuh, G.; Neumann, W.; Heibold, V.; Rödel, K.: Inbetriebnahme einer großtechnischen Biogasanlage in der Landwirtschaft. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 11, S. 508-510.
- [3] Anleitung zur Bedienung des Otto-Gas-Motors 4VOG 14,5/12SRW für die Brennstoffe Bio- und Erdgas. Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Dieselmotorenwerk Schönebeck, 1982.
- [4] Pfeiffer, G.: Untersuchungen an einem stationären Biogasmotor 4VOG 14,5/12SRW (DMS). Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1985.
- [5] Ergebnisse und Schlußfolgerungen zur Errichtung und Erprobung der Großversuchsanlage (GVA) Biogas Vippachedelhausen. Entwicklung-Erprobungsgemeinschaft Biogas Berstedt, F/È-Bericht 1984. A 4655