

In allen Betrieben mit intensiver Viehhaltung besteht ein hoher Bedarf an Elektroenergie für den Lüfterbetrieb. Es handelt sich dabei um einen Verbraucher, der bei geringem Leistungsbedarf eine hohe Benutzungsdauer aufweist und über einen Gasmotor-Generator in Verbindung mit einer Wärme-Kraft-Kopplung versorgt werden kann. Für einen Schweinebestand von 300 GV liegt der Leistungsbedarf für die maximale Lüftrate im Sommer (Sommerzone ≥ 26 °C) bei etwa 11 kW [5, 6]. Dieser Normwert wird jedoch in der Praxis oft überschritten, da die Ställe hinsichtlich einer optimalen Lüftung Mängel aufweisen. Durch einen Generator mit der Ausgangsleistung von 14 kW, der im 300 GV-Betrieb kontinuierlich betrieben werden könnte, sind im Jahr knapp 90000 kWh einzusparen [5]. Da außerdem noch eine Wärmeleistung von 40 kW, die nur zum Teil als Prozessenergie benötigt wird, zur Verfügung steht, ist die Verstromung des Gases für derartige Betriebe eine interessante Möglichkeit der Biogasverwertung.

4. Zusammenfassung

Aus einer Analyse der verschiedenen Formen der Nutztierhaltung können das charakteristische Substratangebot und die Möglichkeiten der Gasverwertung abgeleitet werden. Es ergibt sich damit eine Entscheidungshilfe zur Bewertung der unterschiedlichen Betriebsformen hinsichtlich der Biogastechnik.

In milchviehhaltenden Betrieben steht in Abhängigkeit vom Stallsystem Festmist und Jauche, Flüssigmist oder Tiefstallmist als Substrat zur Verfügung. Durch den Weidegang können sich Schwankungen im Substratanfall ergeben.

Bei Entmistungssystemen, mit denen der Dung täglich aus dem Stall gelangt, ist eine Einpassung der Biogasanlage in die bestehende Verfahrenskette ohne weiteres möglich. Andernfalls muß für eine Zwischenlagerung des Substrates und des Faulschlammes zusätzliche Speicherkapazität geschaffen werden.

In milchviehhaltenden Betrieben liegen die Gasverwertungsmöglichkeiten primär in der Wärmebedarfsdeckung für den Haushalt.

Bei größeren Beständen kann Biogas für die Heu-Belüftungstrocknung eingesetzt werden. Betriebe mit intensiver Schweinemast oder Geflügelhaltung können mit der Erzeugung von Elektroenergie über Wärme-Kraft-Kopplung einen höheren Gasnutzungsgrad erzielen.

Die derzeit entwickelten Anlagensysteme ermöglichen ausschließlich eine Vergärung von Stoffen in flüssiger oder pumpfähiger Phase. Eine weitergehende Betrachtung zur betriebstechnischen Einordnung von Biogasanlagen ist daher erst dann möglich, wenn auch für die Feststoffvergärung geeignete Verfahrenslösungen zur Verfügung stehen.

Schrifttum

- [1] Orth, H. W.: Verbraucher von Biogas und ihr Einfluß auf die Auslegung einer Biogasanlage. Grundl. Landtechnik Bd. 31 (1981) Nr. 2, S. 60/64.
- [2] Baader, W., E. Dohne u. M. Brenndörfer: Biogas in Theorie und Praxis. KTBL-Schrift Nr. 229, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 1978.
- [3] Keiser, H. v.: Planungsdaten für die Heutrocknung. RKL, Kiel, 1977.
- [4] Heyl, L. v., M. Ayik u. J. Boxberger: Elektrischer Leistungsbedarf und Energieverbrauch verschiedener Arbeitsverfahren der landwirtschaftlichen tierischen Produktion und energiewirtschaftliche Folgerungen. Forschungsbericht des Instituts und der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik der TU München, Freising-Weihenstephan, VDEW, Frankfurt/M., 1975.
- [5] Heyl, L. v.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfs wichtiger Bereiche der Rinder- und Schweinehaltung. AEL-Bericht 2/1975, Essen.
- [6] DIN 18910: Klima in geschlossenen Ställen. Berlin u. Köln: Beuth-Vertrieb 1974.

Verbraucher von Biogas und ihr Einfluß auf die Auslegung einer Biogasanlage

Von Hans W. Orth, Braunschweig-Völkenrode*)

Mitteilung aus dem Institut für Technologie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

DK 631.862:662.767.1:658.232

Durch die Gewinnung und den Einsatz von Biogas aus anaeroben Prozessen können andere Energieträger im landwirtschaftlichen Bereich substituiert werden. Während Biogas meist kontinuierlich anfällt, sind bei den möglichen Verbrauchern, sei es nun Wärme oder Elektrizität, große jahreszeitliche oder tägliche Schwankungen des Bedarfs festzustellen. Einen Einblick in den Energiebedarf verschiedener Verbraucher und seine Schwankungen geben Daten aus dem Schrifttum. Methoden zur weitergehenden einzelbetrieblichen Analyse der Bedarfsstrukturen sind noch zu entwickeln.

*) Dr.-Ing. H. W. Orth ist wissenschaftlicher Oberrat am Institut für Technologie (Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Baader) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

1. Einleitung

Zur Auslegung von Biogasanlagen muß neben der Kenntnis der biotechnischen Wechselwirkungen und des Angebots an zu vergärendem Substrat nach Menge, Art und zeitlicher Verteilung auch eine Analyse des Energiebedarfs und der Substitutionsmöglichkeiten durch Biogas vorliegen. Der aus Angebot und Verbrauch resultierende Nutzungsgrad des Biogases bestimmt über Investitionskosten und eingesparte Energiekosten die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage entscheidend.

Dies gilt allgemein für alle Anlagen, kommt jedoch dort insbesondere zum Tragen, wo aufgrund der Energiebedarfsstruktur zeitlich große Schwankungen und somit kleine Nutzungsgrade zu erwarten sind. Bei kommunalen Anlagen liegen im allgemeinen günstige Bedingungen vor, da z.B. bei Kombination mit aeroben Behandlungsverfahren mit dem Betrieb der Gebläse eine Dauerabnahme von eigenerzeugter Elektrizität gegeben ist (s. z.B. [1]).

Bei der Auslegung landwirtschaftlicher Biogasanlagen ist die sorgfältige Analyse der vorhandenen Energiebedarfsstruktur erforderlich. Die hierauf aufbauende Prüfung der Substitutionsmöglichkeiten durch Biogas sollte aber auch leicht zu verwirklichende Veränderungen dieser Struktur mit in Betracht ziehen.

Da allgemein gültige Lösungen bzw. Ergebnisse nicht zu erwarten sind, ist aufbauend auf einer Vielzahl von Einzelangaben eine Methode zur Ermittlung der Energiebedarfsstrukturen zu entwickeln, welche es erlaubt, für einen Einzelbetrieb aus möglichst wenig Angaben einen ausreichenden Überblick zu gewinnen.

Im vorliegenden Beitrag werden im Schrifttum genannte Daten, welche als Ausgangspunkt für eine derartige Methode dienen sollen, zusammengetragen und teilweise umgerechnet.

2. Verbrauch von Energie

Durch das bei einem anaeroben Prozeß entstehende Biogas lassen sich nach entsprechenden Umwandlungsverfahren im Prinzip alle im landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzten Energieformen ersetzen. Neben der Abschätzung der gegebenenfalls erforderlichen Leistungen und Energiemengen sind zusätzlich die Umwandlungswirkungsgrade zu berücksichtigen, Bild 1.

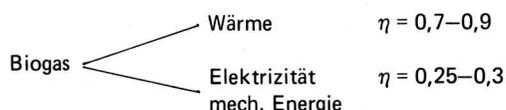


Bild 1. Wirkungsgrade bei der Umwandlung von Biogas in andere Energieträger; nach [2, 3, 4].

2.1 Verbrauch von Gas

Die direkte Nutzung des Biogases, kontinuierlich in der entstehenden Menge, ist ein wünschenswertes Ziel, das evtl. realisierbar ist durch Einsatz des Gases zur Erzeugung chemischer Rohstoffe.

Kurzfristig realisierbar erscheint eher der Transport von Gas zu benachbarten Abnehmern, welche dann selbst eine Umwandlung in Wärme oder Strom vornehmen, oder aber nach entsprechender Anpassung die Einspeisung in Gasverbundsysteme.

In einer derartigen Konfiguration kann die Eigenversorgung mit Prozeßwärme durch Verbrennung einer Teilgasmenge geschehen, das Heizsystem braucht nur auf die Anlagenbedürfnisse nach Größe und Art zugeschnitten zu sein; eine Speicherung von Gas ist nur bei zeitlich unterschiedlichem Energiebedarf erforderlich und kann im allgemeinen kleinvolumig sein.

2.2 Verbrauch von Wärme

Wegen der einfachen Umwandlung von Gas in Wärme ist die Substitution von Brennstoffen zur Wärmeerzeugung die meist gewählte Einsatzvariante.

Wärme wird im landwirtschaftlichen Betrieb vielfältig eingesetzt, Bild 2.

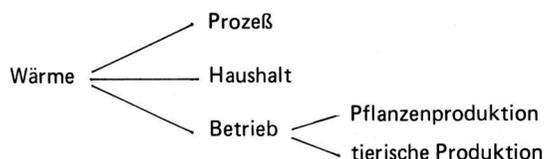


Bild 2. Verwendung von Wärme.

2.2.1 Prozeßwärme

Obwohl die Prozeßwärme nicht als betrieblicher Verbraucher anzusprechen ist, soll der Bedarf hier analysiert und aufgeführt werden, da die Überschußproduktion an Energie durch den Prozeßenergieanteil bestimmt wird; Maßnahmen, die sich z.B. auf eine Reduzierung dieses Anteils auswirken, machen sich direkt in einem größeren Gasangebot bemerkbar.

Prozeßwärme wird benötigt, um das Frischsubstrat auf Prozeßtemperatur zu erwärmen und um die Wärmeverluste von Behälter und Zuleitung zu decken.

Der Wärmebedarf zum Aufheizen des Frischsubstrates hängt ab von der zu erwärmenden Masse, seiner spezifischen Wärme – im allgemeinen ist die des Wassers anzusetzen – sowie der Temperaturdifferenz zwischen Reaktor und Frischsubstrat:

$$Q_s = m c_p (\vartheta_R - \vartheta_S)$$

Bild 3 zeigt, daß für den mesophilen Bereich je nach Substrattemperatur erhebliche Wärmemengen zur Aufheizung benötigt werden. Diese Mengen sind wesentlich größer als die Mengen, die zur Abdeckung der Transmissionsverluste erforderlich sind, wie aus Bild 3 hervorgeht, das die Transmissionsverluste für verschiedene k-Werte der Isolierung und eine Aufenthaltszeit von 20 Tagen zeigt, gemäß der Beziehung

$$Q_{TR} = k A (\vartheta_R - \vartheta_0) t$$

k-Werte von $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ entsprechen hierbei einer Isolierung mit Mineralfasermatten in einer Stärke von 15–20 cm.

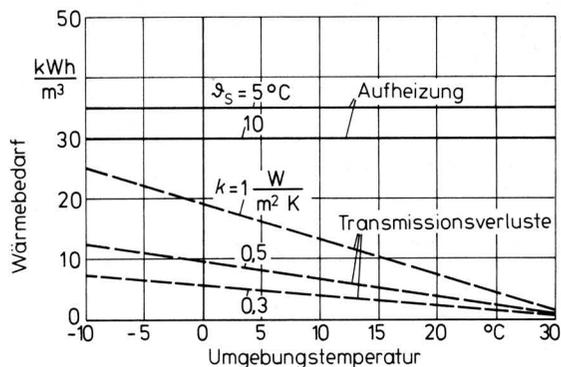


Bild 3. Prozeßwärmebedarf, bezogen auf das Frischsubstratvolumen, für unterschiedliche Substrattemperaturen und Wärmedurchgangskoeffizienten in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur; Reaktortemperatur 35 °C ; ϑ_s Frischsubstrattemperatur, volumenbezogene Oberfläche des Reaktors $1,2 \text{ m}^2/\text{m}^3$, Aufenthaltszeit 20 d.

Die Transmissionsverluste, bezogen auf die Volumeneinheit, sind über die Wahl größerer Reaktoren wesentlich zu senken, wie es für zylindrische Reaktoren Bild 4 aufzeigt. Der Darstellung liegt ein Verhältnis Höhe/Durchmesser = 1 zugrunde, da für diesen Wert beim Zylinder die volumenbezogene Oberfläche ein Minimum wird. Während der Durchmesser mit der 3. Wurzel des Volumens ansteigt, sinkt die volumenbezogene Oberfläche um nahezu 50 %, wenn die Behältergröße nicht ca. 100 m^3 , sondern $500\text{--}600 \text{ m}^3$ beträgt. Die obere Kurve bezieht hierbei die gesamte Oberfläche des Reaktors ein, während die untere unterstellt, daß die obere Kreisfläche des Zylinders aufgrund der zusätzlich isolierenden Wirkung von Schaum und Gasschicht bei der Wärmeableitung vernachlässigt werden kann.

Die zur Aufheizung und zur Deckung der Transmissionsverluste benötigten Wärmemengen variieren mit der Substrat- und der Außentemperatur. Ausgehend von Monatsmitteltemperaturen der Außenluft [5] und geschätzten Substrattemperaturen, ergibt sich

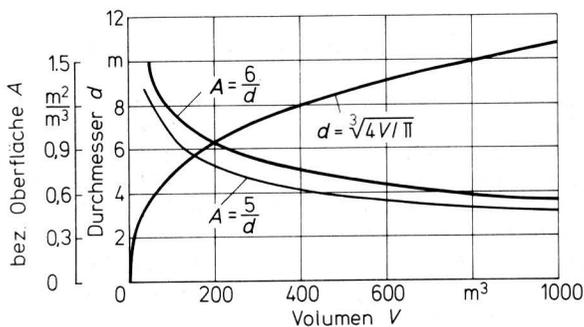


Bild 4. Volumenbezogene Oberfläche A und Durchmesser d in Abhängigkeit vom Volumen bei zylindrischen Behältern mit $h = d$.

dann eine Aufteilung der extern nutzbaren und intern benötigten Anteile gemäß **Bild 5** mit dem bekannten Maximum der als Netto-Energie verfügbaren Gasmenge im Sommer.

Bei den hier unterstellten Daten, insbesondere der geringen, auf die organische Trockenmasse bezogenen Gasmenge von nur $0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$, werden im Winter bis zu $2/3$ des Gases für die Bereitstellung der Prozesswärme benötigt; durch Steigerung der bezogenen Gasmenge auf z.B. $0,3 \text{ m}^3/\text{kg}$ wird dieser Anteil schon auf 40 % gesenkt.

Zur Senkung der Prozessenergie sollte neben einer guten Isolierung vor allem eine bezüglich der Substrattemperatur günstige Anordnung der Zwischenlagerbehälter für das Substrat beachtet werden. Da sowohl der Energiebedarf zum Aufheizen wie auch der zur Deckung der Transmissionsverluste unabhängig vom Anteil umsetzbarer organischer Trockenmasse im Substrat ist, muß es zur Erzeugung möglichst großer Energiemengen ein Ziel der technischen Entwicklung sein, möglichst hohe Konzentrationen zu verarbeiten und die organische Masse soweit wie möglich abzubauen.

Mit zunehmender Reaktortemperatur steigt auch der Bedarf an Prozesswärme, d.h. die Fermentation bei höheren Temperaturen hat nur dann Vorteile, wenn durch entsprechend hohe tägliche Gasmengen und kürzere Verweilzeiten insgesamt gesehen die Netto-Energieproduktion ansteigt.

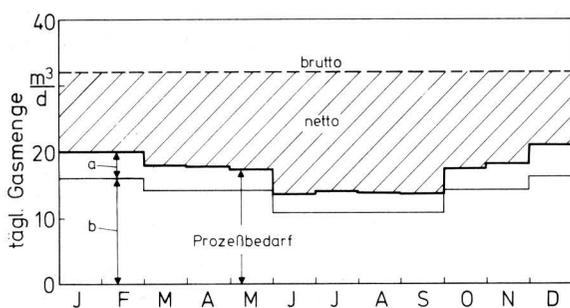


Bild 5. Tägliche Gasmenge und ihre Aufteilung in Abhängigkeit von der Jahreszeit; Rinderbestand 40 GV, auf organische Trockenmasse bezogene Gasmenge $0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$, Reaktorvolumen 40 m^3 , volumenbezogene Oberfläche $1,2 \text{ m}^2/\text{m}^3$, $k = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- a Gasmenge zur Deckung der Transmissionsverluste
- b Gasmenge für die Substraterwärmung

2.2.2 Hauswärmebedarf

Biogas kann zur Deckung des Wärmebedarfs bei der Heizung, der Warmwasserbereitung sowie beim Kochen eingesetzt werden. Hierbei wird der Bedarf für die beiden letztgenannten nur gering sein. Bei einer Familiengröße von 3–4 Personen und einem mittleren täglichen Verbrauch an warmem Wasser von 70 l je Person ergibt sich unter Berücksichtigung eines Wirkungsgrades von 70 % eine benötigte Gasmenge von $3\text{--}4 \text{ m}^3/\text{d}$ für die Warmwasserbereitung und ca. $0,5\text{--}0,7 \text{ m}^3/\text{d}$ für das Kochen.

Der Bedarf für die Wohnraumheizung ist dagegen groß, er ist abhängig von der Wohnfläche und der Isolierung des Gebäudes. Ausgehend von guter Isolierung nach [6] mit einer auf die Wohnfläche bezogenen maximal erforderlichen Heizleistung von 116 W/m^2 bzw. 128 W/m^2 , ergibt sich bei ca. 3000 Gradtagen (Summe der Produkte aus den verschiedenen Temperaturdifferenzen Raumtemperatur – Außenlufttemperatur und den zugehörigen Zeitdauer-Werten) oder ca. 1800 Vollbetriebsstunden [5] der Energie- und Gasbedarf je m^2 Wohnfläche zu 210 bzw. 230 kWh jährlich und 40 bzw. 45 m^3 Gas ($\mu = 0,85$); hochgerechnet auf vorhandene Wohnflächen zwischen 120 und 250 m^2 , also Gasmengen von $5000\text{--}10000 \text{ m}^3$.

Zur Bemessung einer Biogasanlage ist diese Angabe der gesamten Gasmenge noch ohne Bedeutung, erst die Angabe der täglich benötigten Mengen ergibt eine Bemessungsgrundlage.

Für den täglichen Gasbedarf ergibt sich aufgrund der Änderungen der Außentemperatur eine entsprechende jahreszeitliche Verteilung. Ausgehend wiederum von den Werten für die Gradtage und ihrer Verteilung übers Jahr, verändert sich der Bedarf z.B. bei einem jährlichen Gesamtverbrauch von 6000 m^3 von $2\text{--}3 \text{ m}^3/\text{d}$ in den Sommermonaten bis hin zu nahezu $30 \text{ m}^3/\text{d}$ in den kalten Monaten Dezember bis Februar. Bei der Bemessung von Anlagen muß somit entschieden werden, ob der Spitzenbedarf oder ob ein mittlerer Bedarf abgedeckt werden soll. In letzterem Fall ist zwar ein kleineres Reaktorvolumen, aber auch ein zweites Heizsystem erforderlich.

2.2.3 Wärmebedarf im Betrieb

Ein Wärmebedarf existiert in der tierischen Produktion im Bereich Warmwasserversorgung sowie Stallheizung und in der pflanzlichen Produktion bei der Trocknung von Halmgut und Getreide.

Während im Hausbereich, ausgehend z.B. von der Familiengröße, noch allgemeingültige Aussagen über die Größenordnung des Verbrauchs gemacht werden können, ist dieses für den betrieblichen Verbrauch praktisch nicht möglich. Zu vielfältig sind die Einflußgrößen, welche den Verbrauch bestimmen. So wirken sich im Bereich Stallheizung Tierart, Tiergewicht, Haltungsform und Stallbauweise auf die Wärmebilanz des Stalles und einen evtl. Zusatzheizbedarf aus.

Im allgemeinen kann davon ausgegangen werden, daß in Abferkel- und Aufzuchtställen ein meist geringer Heizbedarf besteht, bei Milchvieh eine Melkstandheizung in Betracht zu ziehen ist.

In der Geflügelhaltung werden wegen der großen Bestände und hohen Haltungstemperaturen erhebliche Wärmemengen benötigt, das Maximum wird bei Biogasmengen von ca. $20\text{--}30 \text{ m}^3/\text{d}$ je 1000 Tiere liegen. Aufgrund der gewünschten hohen Stalltemperaturen und der sich dementsprechend ändernden Verteilung der Werte für die Gradtage ist die jahreszeitliche Schwankung nicht so ausgeprägt wie bei der Wohnraumheizung.

In der Rindviehhaltung besteht ein Bedarf nur zur Warmwasserbereitung. Ausgehend von Verbrauchsmengen nach Ayik [7] kann ein Biogasbedarf von $1\text{--}2 \text{ m}^3$ bei kleinen Herden ($20\text{--}30 \text{ GV}$) bis hin zu $5\text{--}6 \text{ m}^3$ bei Herden von 100 GV errechnet werden.

In der Pflanzenproduktion kann durch Biogas die bisher zu Trocknungszwecken eingesetzte Energie substituiert werden. Obwohl insgesamt gesehen nur Energie entsprechend $0,15 \text{ Mill t Öläquivalent}$ für die Trocknung eingesetzt wird [8], ist für einzelne Betriebe sicherlich der Energiebedarf beachtlich, auch wenn von Jahr zu Jahr witterungsbedingte Schwankungen auftreten.

Für die Warmluftunterdachtrocknung von Heu (40 % Einlagerungsfeuchte) wird der Bedarf bei ca. 100 m^3 je Tonne Trockengut liegen [9, 2], bei der Getreidetrocknung etwa bei $15 \text{ m}^3/\text{t}$.

Wird der tägliche Gasbedarf für übliche Anlagengrößen der Halmgutrocknung bestimmt, so sind Gasmengen von $50\text{--}150 \text{ m}^3$ zu erwarten, bei Getreidetrocknung bei stündlichen Durchsätzen von $2\text{--}3 \text{ t}$ $300\text{--}500 \text{ m}^3$ pro Arbeitstag à 10 Stunden. Extremfall ist die Körnermaistrocknung, die aufgrund des höheren Feuchtegehaltes bei einem Durchsatz von 1 t/h bereits nahezu 1000 m^3 Gas je Arbeitstag benötigt.

Bei der Betrachtung dieser Daten ist zu erkennen, daß es schon schwierig wird, ausreichende Mengen für die Heutrocknung bereitzustellen, daß dies für die Getreide- und Maistrocknung aber kaum zu erreichen ist. Für den Einsatz von Biogas sind deshalb Technologien der Körnertrocknung zu entwickeln, mit welchen das anfallende Erntegut bei Erhaltung der Qualität mit einem geringeren täglichen Energieaufwand, aber einer Streckung der Trocknungsdauer konserviert wird. Hier sei beispielsweise an eine vorgeschaltete Kühlung des Gutes gedacht.

Biogas kann technisch gesehen sehr einfach zur Erzeugung von Wärme genutzt werden. Analysen des entsprechenden Bedarfs zeigen, daß Verbraucher mit einem jahreszeitlich konstanten Bedarf an Wärme, wie z.B. die Warmwasserbereitung, im allgemeinen nur kleine Mengen benötigen. Größere Verbraucher wie z.B. die Wohnhausheizung werden die Dimensionen einer Biogasanlage bestimmen.

Allen skizzierten Großverbrauchern gemeinsam ist, daß jahreszeitlich unterschiedliche, mit ausgeprägten Spitzen versehene Anforderungen gestellt werden. Abhängig von wirtschaftlichen Randbedingungen ist somit, ausgehend von der Wärmebedarfsstruktur für jeden einzelnen Betrieb, zu entscheiden, welche Abnehmer, gegebenenfalls welcher Spitzenbedarf, abzudecken ist.

Grundsätzlich sollte aus der Sicht der Energiegewinnung das produzierte Gas soweit wie möglich einer Nutzung zugeführt werden.

Das in Bild 6 wiedergegebene Beispiel stellt dem in einem 40 GV-Betrieb anfallenden Bedarf an Gas für den Hausbereich die aus den Exkrementen gewinnbare Gasmenge, nach Abzug der Prozeßwärme (vergl. Bild 5), gegenüber. Bei der geringen auf die organische Trockenmasse bezogenen Gasmenge von $0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$ ist der Gas- oder Energieüberschuß so gering, daß der Bedarf der Hausheizung nur zu etwa einem Drittel abgedeckt werden kann, allerdings das entstehende Gas auch während der gesamten Heizperiode vollständig genutzt wird. Mit einer Erhöhung der bezogenen Gasmenge auf $0,3 \text{ m}^3/\text{kg}$ steigt auch die Bedarfsdeckung auf etwa $2/3$ an, in der Übergangszeit ist ein Überschuß an Gas zu verzeichnen.

Liegt eine ganzjährige Stallhaltung vor, so entsteht in beiden Fällen der bekannte Gasüberschuß, der in dem gezeigten Beispiel für die Heutrocknung genutzt werden könnte, aber nicht die dort benötigte Energie insgesamt abdecken können. Die hier dargestellten Säulen stellen den zeitlichen Bereich der Heutrocknung dar; im Einzelfall wird die genannte Periode sicherlich nicht voll genutzt werden, so daß der Nutzungsgrad des Biogases etwas ungünstiger als hier dargestellt sein wird.

Je größer eine Biogasanlage ist, um so größer ist auch das Energieangebot zur Wärmeerzeugung und damit auch die Schwierigkeit der ganzjährigen Anpassung an entsprechende Verbraucher. Während der Heizperiode ist ein Verbund mehrerer Verbraucher denkbar und auch technisch realisierbar, während für den sommerlichen Überschuß neben der teilweisen Verwendung in der Trocknung unbedingt weitere Anwendungsfälle gesucht werden müssen, um den Gasnutzungsgrad zu erhöhen.

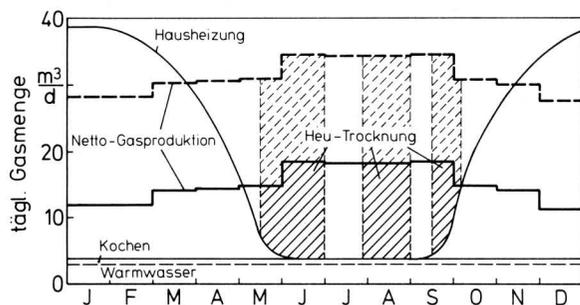


Bild 6. Tägliche verfügbare Gasmenge im Vergleich mit dem Gasbedarf verschiedener Verbraucher (Beispieldaten nach Bild 5).

Auf organische Trockenmasse bezogene Gasmenge
 --- $0,3 \text{ m}^3/\text{kg}$
 — $0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$

2.3 Verbrauch von mechanischer und elektrischer Energie

Die Verwendung des Gases als Treibstoff in Gasmotoren zur Erzeugung von mechanischer und elektrischer Energie wird in Zukunft zunehmende Bedeutung erlangen. Bei entsprechender Abnahme der Energie, im eigenen Bereich oder über das Netz, kann das entstehende Gas vollständig hierfür Verwendung finden. Zur Zeit ist aus preislichen Gründen nur die Verwendung im eigenen Bereich von Interesse, so daß eine Analyse des Elektroenergieverbrauchs für den einzelnen Betrieb vorgenommen werden muß. Bisher vorliegende Arbeiten [7, 10] weisen die Vielfalt unterschiedlicher Elektroenergieverbraucher aus, was sich in Einschaltzeiten, Belastungsmaxima, Anschlußwerten und sowohl täglichen wie auch jahreszeitlichen Schwankungen ausdrückt, so daß allgemeine Verbrauchsdaten nicht angegeben werden können.

Unter dem Blickwinkel der eigenen Elektroenergieversorgung ist ein möglichst konstanter Verbrauch über einen längeren Zeitraum erwünscht, vorhandene Verbraucher sind unter diesem Gesichtspunkt zu betrachten und evtl. über strukturelle Veränderungen im Betrieb neu zu ordnen; die Absicherung der Versorgung bei Spitzenbedarf oder Ausfall der Energieversorgung ist zu prüfen. Bei der Verwertung des Biogases zur Stromerzeugung kann von einem Gesamtwirkungsgrad von 20–30 % ausgegangen werden [4], d.h. es werden bei Biogas mit einem Heizwert von $22 \text{ MJ}/\text{m}^3$ $0,7\text{--}0,8 \text{ m}^3/\text{kWh}$ benötigt.

Als rückgewinnbare Wärme aus dem Motorkühlsystem und dem Abgas wird das 2fache der elektrischen Energie angegeben. Der Rest sind dann Verluste.

Ausgehend von diesen Daten, ist für das bisher gewählte Beispiel (40 GV Rind) in Bild 7 die Aufteilung der täglichen Gasmengen in diese Anteile bei unterschiedlicher bezogener Gasmenge dargestellt und mit der für den Prozeßwärmebedarf erforderlichen Gasmenge verglichen.

Bei Dauerbetrieb des Aggregates kann bei einer auf die organische Trockenmasse bezogenen Gasmenge von $0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$ eine elektrische Leistung von 1,8 kW bzw. 2,6 kW bei $0,3 \text{ m}^3/\text{kg}$ erzeugt werden.

Dies ist eine vergleichsweise kleine Leistung, so daß eine Gaszwischenspeicherung und dann der Betrieb eines größeren Motors sinnvoll erscheint. Außerdem sind Aggregate dieser Größenordnung noch nicht auf dem Markt. Die Abwärmeproduktion reicht in etwa aus, um den Prozeßwärmebedarf zu decken. Bei nicht

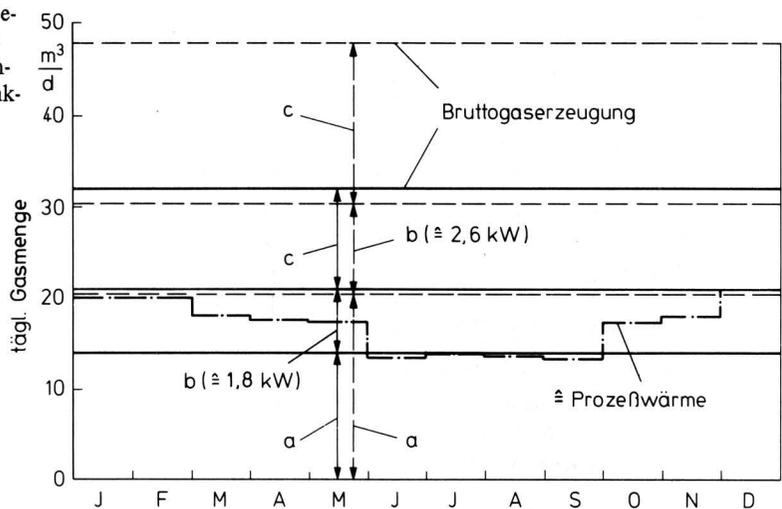


Bild 7. Tägliche Gasmenge und ihre anteilige Zuordnung bei der Elektroenergieerzeugung sowie Vergleich mit der benötigten Prozeßwärme (Daten siehe Bild 5).

a Äquivalent der täglichen rückgewinnbaren Wärme
 b Äquivalent der elektrischen Leistung
 c Äquivalent der Verluste

kontinuierlichem Betrieb ist Wärmeproduktion und Wärmebedarf der Biogasanlage aufeinander abzustimmen, z.B. durch entsprechende Wahl der Zugabezeiten des Frischsubstrates.

Im Einzelfall kann die mechanische Energie direkt für den Antrieb von Pumpen oder Gebläsen genutzt werden. Auch gasmotorgetriebene Wärmepumpen werden sicherlich an Bedeutung gewinnen.

Der Einsatz in mobilen Motoren ist technisch möglich und aus Sicht der Biogasnutzung sehr interessant, scheitert aber bisher an den hohen Kosten für die erforderliche Verdichtung des Gases.

3. Zusammenfassung

Die Gegenüberstellung von Strukturen des Energiebedarfs und des über Biogasanlagen möglichen Energieangebots bildet die Grundlage für die Bemessung einer derartigen Anlage.

Aus dem Schrifttum verfügbare Daten über den Energiebedarf zeigen, daß am ehesten für den Wärmeverbrauch im Hausbereich allgemein gültige Aussagen gemacht werden können. Für alle anderen Verbraucher von Energie, sei es Wärme, Elektrizität oder mechanische Antriebsenergie, sind allgemeingültige Aussagen nicht zu formulieren, da die Strukturen der einzelnen Betriebe zu sehr voneinander abweichen.

Hier sind Einzelanalysen erforderlich. Um diese Analysen zu erleichtern, muß eine Methodik entwickelt werden, mit welcher sich aus den Einzeldaten der verschiedenen Verbraucher eine für den untersuchten Betrieb zutreffende Verknüpfung erarbeiten läßt, aus der sich Energiebedarf und Substitutionsmöglichkeiten ergeben.

Ein möglichst hoher jahreszeitlicher Gas-Nutzungsgrad erscheint aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus von großer Bedeutung.

Schrifttum

- [1] *Dudley, T.G.*: Sludge digestion and gas utilization in the metropolitan public health division of the Thames Water Authority. Vortrag, "Seminar über Anaerobe Vergärung" des Europarates, Dijon, 11.–19.12.1980.
- [2] *Baader, W., E. Dohne u. M. Brenndörfer*: Biogas in Theorie und Praxis. KTBL-Schrift 229, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag 1978.
- [3] *Dohne, E.*: Stromerzeugung aus Biogas. Landtechnik Bd. 35 (1980) Nr. 8/9, S. 374/76.
- [4] *Picken, D.J. u. H.A. Soliman*: The use of anaerobic digester gas as an engine fuel. Journal Agric. Engng. Res. Bd. 26 (1981) S. 1/7.
- [5] *Reidat, R.*: Klimadaten für Bauwesen und Technik. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 64, Bd. 9, Offenbach (Main): Selbstverlag d. dtsh. Wetterdienstes, 1960.
- [6] Anonym: Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden vom 22.7.1976, BGBl. I. S. 1873.
- [7] *Ayik, M.*: Analyse des elektrischen Leistungsbedarfs wichtiger Bereiche der Milchviehhaltung. AEL-Bericht 1, Essen, 1975.
- [8] MBB: Untersuchung zur Energieeinsparung in der Landwirtschaft. BMFT-Bericht ET (5064 A), Ottobrunn, 1979.
- [9] *Schäfer, R.*: Biologische und technische Grundlagen der Biogaserzeugung und Möglichkeiten der Biogasverwertung. Vortrag, Bayr. Landesanstalt für Landtechnik, Freising, 18.6.1980.
- [10] *Heyl, L. von, M. Ayik u. J. Boxberger*: Elektrischer Leistungsbedarf und Energieverbrauch verschiedener Arbeitsverfahren der landw. tierischen Produktion und energiewirtschaftliche Folgerungen. VDEW-Bericht, Frankfurt, 1975.

Planung von Biogasanlagen zur Energiebereitstellung am Beispiel eines Schweinemastbetriebes

Von Rolf Kloss, Braunschweig-Völkenrode*)

Mitteilung aus dem Institut für Technologie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

DK 631.862:662.767.1:658.232

Die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage wird von den jeweiligen betriebstechnischen Rahmenbedingungen der sehr unterschiedlich strukturierten landwirtschaftlichen Betriebe eingeschränkt und durch die Güte der Planung bestimmt.

Für den Einzelfall sind diese Rahmenbedingungen zu analysieren, und es ist unter diesen Voraussetzungen die in technisch-wirtschaftlicher Hinsicht optimale Biogasanlage zu ermitteln. Diese Lösung ist abschließend einer Bewertung nach ökonomischen Kriterien zu unterziehen.

Eine derartige Entscheidungsvorbereitung erfordert wegen der Vielfalt und Wechselwirkung der zu berücksichtigenden Faktoren eine systematische Vorgehensweise, die am Beispiel der Planung einer Biogasanlage für einen Schweinemastbetrieb erläutert wird.

*) *Dipl.-Ing. R. Kloss* ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Technologie (Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Baader) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

Inhalt

- 1. Einleitung
 - 1.1 Abgrenzung des Anlagenumfangs
 - 1.2 Vorgehensweise bei der Planung einer Biogasanlage
- 2. Anlagenplanung
 - 2.1 Ermittlung des betrieblichen Energiepotentials und Energiebedarfs
 - 2.2 Verfahrens- und Reaktortypauswahl
 - 2.3 Anlagenbemessung unter technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten
 - 2.3.1 Vorüberlegungen
 - 2.3.2 Anlagenbemessung bei gegenüber der bereitstellbaren Energiemenge höherem Energiebedarf
 - 2.3.2.1 Reaktorbemessung auf max. Energiebereitstellung aus einer gegebenen Substratmenge
 - 2.3.2.2 Reaktorbemessung auf max. Energiebereitstellung aus einer gegebenen Trockensubstanzmenge
 - 2.3.3 Anlagenbemessung für beliebige betriebliche Bedingungen
- 3. Zusammenfassung