

5. Beurteilung der Ergebnisse

Die bisher mit dem vollständig gefüllten Reaktor aus der zugegebenen organischen Substanz erzielten Methanerträge liegen günstig im Vergleich zu Werten, die an anderen Stellen unter ähnlichen Betriebsbedingungen erreicht worden sind und über die in einer neueren Übersichtsarbeit berichtet wird [11]. Offensichtlich wirkt sich das Abfließen von Faulschlamm, hervorgerufen durch die Zunahme des im Reaktor befindlichen Gasvolumens bei Einsetzen der Abbaureaktion, nicht nachteilig aus. Da die Aufenthaltszeit des Gases im Reaktor mit der Zähigkeit des Fluids zunimmt, ist zu erwarten, daß bei Vergärung von Substraten mit höheren Trockensubstanzgehalten größere Faulschlammengen verdrängt werden. In weiteren Versuchen soll daher der Einfluß des Trockenmassegehalts der Zugabe auf den Verdrängungsvorgang und in Zusammenhang damit auf den Austrag von unvollständig abgebauter organischer Substanz ermittelt werden.

Die Versuche reichen auch noch nicht aus, um mit hinreichender Sicherheit aussagen zu können, daß mit der gewählten Anordnung einer partiellen Umwälzung auch andere Substrate, deren physikalische Eigenschaften von denen der bisher verwendeten wesentlich abweichen, in der beabsichtigten Weise im Reaktor bzw. durch diesen geführt werden können.

6. Zusammenfassung

Im Hinblick auf die Bearbeitung von Mischsubstraten, die ein breites Spektrum von Stoffkomponenten aufweisen und die sich in ihrem Abbauverhalten und in ihren physikalischen Eigenschaften unterscheiden können, wurde eine neuartige Gestaltung der Stoffführung in einem Biogasreaktor untersucht. Die besonderen Kennzeichen sind die aufwärtsgerichtete Längsdurchströmung des Reaktors mit partieller Umwälzung in zwei Zonen und die vollständige Füllung des Faulraums mit Austritt des Faulschlammes am obersten Punkt des Reaktors. Erste Versuche an einem Reaktor mit einem Volumen von 6 m³ zeigten, daß die Verdrängung von Faulschlamm durch das bei der Abbaureaktion freiwerdende Gas die Methanproduktion nicht beeinträchtigt. Andererseits konnte mit der gewählten Anordnung jegliche störende Ansammlung von Schwimmstoffen im Reaktor vermieden werden. Das Prinzip wird inzwischen auch an einem Reaktor mit einem Volumen von 100 m³ erprobt.

Weitere Versuche sollen über das Betriebsverhalten des Systems bei Einsatz von trockenmassereichen flüssigen Substraten Auskunft geben.

Schrifttum

- [1] *Reinhold, F. u. W. Noack*: Laboratoriumsversuche über die Gasgewinnung aus landwirtschaftlichen Stoffen. In: *Liebmann, H.* (Hrsg.): Gewinnung und Verwertung von Methan und Mist. S. 252/68. München: Verlag R. Oldenbourg, 1956.
- [2] *Schuchardt, F.*: Untersuchungen zum Gärverhalten von tierischen Exkrementen und Pflanzen. *Grundl. Landtechnik* Bd. 31 (1981) Nr. 2, S. 42/47.
- [3] *Badger, D.M., M.J. Bogue u. D.J. Stewart*: Biogas production from crops and organic wastes. *New Zealand Journal of Science* Bd. 22 (1979) S. 11/20.
- [4] *Bryant, M.P.*: The microbiology of anaerobic degradation and methanogenesis with special reference to sewage. In: *Schlegel, H.G. u. J. Barnea* (Hrsg.): Microbial energy conversion. S. 107/117. Göttingen: Verlag Erich Goltze KG, 1976.
- [5] *Schoberth, S.*: Mikrobielle Methanisierung von Klärschlamm, Chemie-Biologie-Potential. In: Bundesministerium für Forschung und Technologie (Hrsg.): Biologische Abfallbehandlung, Klärschlamm – Stand und Aussichten. S. 87/135. Jülich: Projektträger Biotechnologie, 1978.
- [6] *Sahm, H. u. S. Schoberth*: Mikrobielle Umsetzung von pflanzlichen Rückständen. Jahresbericht 1978/79 der Kernforschungsanlage Jülich, S. 55/64.
- [7] *Ghosh, S., J.R. Conrad u. D.L. Klass*: Anaerobic acidogenesis of wastewater sludge. *J. Water Poll. Contr. Federation* Bd. 47 (1975) Nr. 1, S. 30/45.
- [8] *Fan, L.T., L.E. Erickson, J.C. Baltes u. P.S. Shah*: Analysis and optimization of two-stage digestion. *J. Water Poll. Contr. Federation* Bd. 45 (1973) Nr. 4, S. 591/610.
- [9] *Cohen, A., R.J. Zoetemeyer, A. van Deursen u. J.G. van An del*: Anaerobic digestion of glucose with separated acid production and methane formation. *Water Research* Bd. 13 (1979) S. 571/80.
- [10] *Baader, W.*: Das FAL-Biogasprojekt. *Grundl. Landtechnik* Bd. 31 (1981) Nr. 2, S. 37/41.
- [11] *Lettinga, G.*: Anaerobic digestion for energy saving and production. Abstracts Intern. Conference Energy from Biomass, Brighton, 4./7. Nov. 1980.

Zur betriebstechnischen Einordnung von Biogasanlagen

Von Hans Helmut Würch, Braunschweig-Völkenrode*)

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

DK 631.862:662.767.1:658.232

Der Viehhaltung eines landwirtschaftlichen Betriebes fällt hinsichtlich des Einsatzes der Biogastechnik eine Schlüsselrolle zu.

Aus der Art der Tiere, der Bestandsgröße und der Halteform ergibt sich ein in Beschaffenheit, Menge und

zeitlicher Verteilung charakteristisches Substrat- und damit Energieangebot. Von der Form der Nutztierhaltung wird andererseits auch die betriebliche Energiebedarfsstruktur bestimmt. Damit werden die Möglichkeiten der Gasverwertung eingegrenzt. An diesen Vorgaben haben sich die Anforderungen an die Ausführung einer Biogasanlage zu orientieren. Die Zusammenhänge werden schwerpunktmäßig am Beispiel milchviehhaltender Betriebe dargestellt.

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

1. Einleitung

Angesichts der Vielfalt landwirtschaftlicher Betriebsbedingungen erfordert der Einsatz einer Biogasanlage eine genaue Analyse des jeweiligen Betriebes. Wie jedes andere technische Gerät muß auch eine Biogasanlage in Funktion und Größe den betrieblichen Gegebenheiten angepaßt werden.

Obwohl Biogas im Prinzip aus nahezu allen natürlichen organischen Substanzen erzeugt werden kann, bieten sich als Substrate zunächst solche Stoffe an, die ohne besonderen Bereitstellungsaufwand im Betrieb verfügbar sind. Dies sind die Rückstände aus der Tierproduktion sowie das Einstreumaterial. Pflanzliche Rest- und Abfallstoffe, die zum Zweck der Gaserzeugung gesammelt, transportiert und evtl. auch aufbereitet werden müssen, kommen in viehhaltenden Betrieben erst in zweiter Linie zum Einsatz. Ähnliches gilt für den Einsatz eigens zur Energiegewinnung angebaute Pflanzen, da hier neben einem erheblichen Arbeitsaufwand zusätzliche Nutzungskosten zu veranschlagen sind. Um diese Kosten zu senken, ist auch ein Anbau der "Energiepflanzen" als Zwischenfrucht zu denken.

Primär ist zunächst in den Tierexkrementen und der entsprechenden Einstreu das Substratpotential für die Biogasgewinnung zu sehen. Verstärkt wird die Bedeutung der Biogastechnik für die Viehhaltung noch durch Nebenziele, die den Nutzen aus der Energiegewinnung übersteigen können. Hier ist die Geruchsminderung der Exkremente durch die anaerobe Behandlung anzuführen, die bei entsprechenden behördlichen Umweltschutzaufgaben den Landwirt von alternativen, betriebskostenaufwendigen Dungbehandlungsmethoden befreien kann.

Daneben sind, im Gegensatz zu aeroben Dungbehandlungsmethoden oder konventioneller Dungrotte, keine Stickstoffverluste zu erwarten. Es können also Düngemittel eingespart werden.

Wie in Bild 1 dargestellt ist, ergeben sich ausgehend von der Form der Viehhaltung, also der Art der gehaltenen Tiere und der Bestandsgröße, typische Aufstallungsformen und Entmistungssysteme, die auf die Menge der anfallenden Substrate, die zeitliche Verteilung des Anfalls und die Substratbeschaffenheit Einfluß haben. Ebenso wird die betriebliche Energiebedarfsstruktur vom Viehbestand beeinflusst.

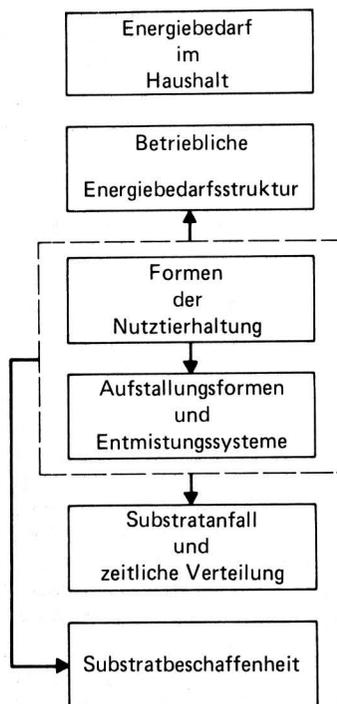


Bild 1. Rahmenparameter der Biogaserzeugung.

Der Energiebedarf des Haushalts ist dagegen unabhängig vom landwirtschaftlichen Betrieb zu sehen, weil er, abgesehen von den baulichen und klimatischen Gegebenheiten, ausschließlich von der Familiengröße und dem Wohnkomfort bestimmt wird.

Die für die technische Gestaltung und Bemessung einer Biogasanlage entscheidenden betrieblichen Gegebenheiten leiten sich also aus der Tierproduktion ab. Eine Analyse der Nutztierhaltung und der entsprechenden Aufstallungsformen und Entmistungssysteme ermöglicht Aussagen darüber, ob mit vorhandenen Verfahrenslösungen die im jeweiligen Betrieb anfallenden Substrate verarbeitet werden können oder welche Substrate für eine bestimmte Verfahrenslösung geeignet sind. Nur so kann das über Biogas zur Verfügung stehende Energiepotential ermittelt werden.

2. Aufstallungsform und Substratangebot

2.1 Milchviehhaltung

Die Aufstallungsformen bei der Milchviehhaltung lassen sich in Anbindeställe und Laufställe untergliedern. Dabei sind Anbindeställe vorwiegend bei kleineren Bestandsgrößen anzutreffen. Während früher die Anbindeställe überwiegend in Form des Lang- bzw. Mittellangstandes mit eingestreuter Liegefläche und Kotplatte gebaut wurden, findet man in neueren Stallanlagen den Kurzstand mit Gummimatte und Gitterrost. Bei eingestreuten Anbindeställen findet bereits auf der Kotplatte eine Trennung der flüssigen Exkremente von Kot und Einstreu statt. Während der Harn über die Jaucherinne in eine Grube abfließt, wird der Festmist entweder von Hand oder mit mechanischem Gerät wie z.B. Klappschieber aus dem Stall auf die Dungstätte gefördert. Beim einstreulosen Kurzstand fällt der Mist als Kot-Harngemisch in flüssiger Form an und gelangt in der Regel als Schwemm- oder Treibmist kontinuierlich aus dem Stall. Außerhalb des Stalles wird er entweder von einer Vorgrube in einen oberirdischen Lagerbehälter gepumpt oder fließt direkt in eine unterirdische Güllegrube.

Beide Formen des Anbindestalls stellen also bezüglich Substratbeschaffenheit und Beschickungstechnik unterschiedliche Anforderungen an ein Biogassystem. Die Gemeinsamkeiten bestehen darin, daß das Substrat quasi-kontinuierlich aus dem Stall ausgetragen wird und vielfach sommerlicher Weidegang üblich ist. Während dieser Zeit ist dann ein Einbruch hinsichtlich des Substratangebots zu erwarten.

Für größere Milchviehbestände setzen sich wegen arbeitswirtschaftlicher Vorteile, insbesondere beim Melken, zunehmend Laufställe in Form von Boxenlaufställen durch. Bei Stallneubauten wird diese Form der Aufstallung gegenüber anderen Systemen eindeutig bevorzugt. Der Liege-, zum Teil auch der Freßbereich ist vom Kotbereich getrennt, wobei der Kotbereich zugleich die Lauffläche darstellt. Die Reinigung dieser Lauffläche kann auf verschiedene Weise erfolgen.

Bei einer Festbodenlauffläche ist die mechanische Entmistung mit dem Flachschieber ein gebräuchliches Verfahren. Das Kot-Harngemisch, dem allerdings auch geringe Mengen an Einstreu- oder Futterresten beigemischt sein können, wird einmal täglich aus dem Stall in eine Vorgrube gefördert.

Bei einem Spaltenbodensystem mit Treib- oder Schwemmentmistung werden Kot und Harn ständig ausgetragen und ebenfalls einer Vorgrube zugeführt. Die Biogasanlage kann hier zwischen Vorgrube und Güllespeicher geschaltet werden. Ungünstige Verhältnisse liegen dann vor, wenn das Kot-Harngemisch unter dem Spaltenboden im Stall verbleibt und in Intervallen von mehreren Monaten abgepumpt wird. Die Einbindung einer Biogasanlage wäre hier nur dann möglich, wenn der Lagerraum unter dem Spaltenboden die Funktion einer Vorgrube übernimmt und lediglich teilweise gefüllt wird. Für die Lagerung des Faulschlammes ist dann zusätzliche Speicherkapazität zu schaffen.

Der Tiefstall, früher in einigen Landschaften das übliche Stallsystem, spielt heute bei der Milchviehhaltung keine Rolle mehr. In der Form des Tieflaufstalls ist er aber bei der Jung- und Mast-

viehhaltung immer noch von Bedeutung. Liege-, Lauf- und Freßfläche sind eingestreut, und täglich wird auf den sich ansammelnden Dung eine neue Strohschicht aufgebracht. Wegen des außerordentlich hohen Strohbedarfs, der bis zu 12 kg pro Tier und Tag erreicht, hat sich dieses Verfahren allerdings nur in Einzelfällen durchsetzen können. Die Entmistung des Stalles erfolgt mit dem Frontlader in Abständen von mehreren Monaten. Das Substratangebot ist also gegenüber den Anbindeställen diskontinuierlich und der Trockensubstanzgehalt wesentlich höher. Durch die lange Lagerzeit ist ein bereits im Stall erfolgreicher, mit Freisetzung von Wärme verbundener, aerober Abbau der organischen Komponente zu berücksichtigen. Dies kann sich negativ bei der Gasausbeute bemerkbar machen. In jedem Fall erfordert die Nutzung von Tiefstallmist für die Biogasgewinnung eine weitere Substratspeicherung außerhalb des Stalles. Die betrieblichen Voraussetzungen für die Biogasgewinnung sind bei diesem Stallsystem mithin sehr ungünstig.

Die in Bild 2 aufgeführten Stallsysteme für Milchvieh weisen also erhebliche Unterschiede hinsichtlich des Substratangebotes auf. Das Substrat fällt entweder als Festmist mit Jauche, als Flüssigmist oder als Tiefstallmist an. Während Festmist und Jauche quasi kontinuierlich und Flüssigmist in Abhängigkeit vom Stallsystem entweder kontinuierlich oder diskontinuierlich anfällt, steht Tiefstallmist nur diskontinuierlich zur Verfügung.

Bedingt durch unterschiedliche Einstreuungen, und auch tierart-spezifisch schwankt der Trockensubstanzgehalt des Substrates. Er liegt beim Tiefstallmist über 25 %, während der Mist aus einem Anbindestall weniger als 20 % Trockenmasse aufweist. Durch Mitvergärung der ablaufenden Jauche kann der Trockenmasseanteil weiter gesenkt werden.

Die derzeit entwickelten Anlagensysteme ermöglichen ausschließlich eine Vergärung von Stoffen in flüssiger bzw. pumpfähiger Phase. Festmist oder gar Tiefstallmist würde also nur bei entsprechender Verdünnung geeignet sein. Prinzipiell ist jedoch auch eine Feststoffvergärung denkbar; diese befindet sich jedoch noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium.

	STALLSYSTEM	SUBSTRATANFALL	BESCHAFFENHEIT
Anbindestall	Mittellangstand	kontinuierlich	Festmist + Jauche
	Kurzstand	kontinuierlich	Festmist + Jauche Flüssigmist
Laufstall	Tiefstall	diskontinuierlich	Festmist
	Boxenlaufstall	kontinuierlich diskontinuierlich	Flüssigmist

Bild 2. Stallsysteme und Substratangebot bei der Milchviehhaltung.

In Betrieben mit Milchviehhaltung oder Jungviehaufzucht, bzw. Milchviehhaltung im Verbund mit Jungviehaufzucht können sich jahreszeitliche, durch den Weidegang der Tiere bedingte Schwankungen im Substratanfall ergeben. In Bild 3 ist der Substratanfall bei verschiedenen Formen der Milchviehhaltung dargestellt. Während im Tiefstall und im Boxenlaufstall mit Güllelager unter dem Spaltenboden die Exkremente nur in großen Zeitabständen aus dem Stall entfernt werden und kurzzeitig große Mengen anfallen, verteilt sich in den anderen Fällen der Dunganfall gleichmäßig über das Jahr. Je nachdem, ob die Tiere während der Weidezeit auf der Weide oder im Stall gemolken werden und dort auch über Nacht – bis zum nächsten Melken – verbleiben, ergibt sich in dieser Zeit ein mehr oder weniger starker Einbruch in der Substratanlieferung.

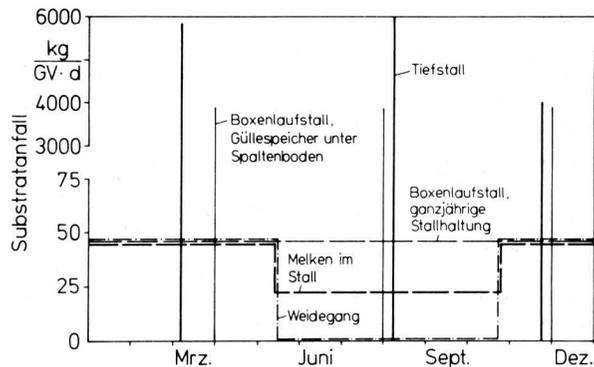


Bild 3. Substratanfall bei verschiedenen Formen der Milchviehhaltung.

Auf der Basis einer definierten Verfahrenslösung für die Biogaszeugung, einer bestimmten Verweilzeit und eines bestimmten Methananteils des Gases, läßt sich aus den anfallenden Dungmengen das Energiepotential als die Energiemenge, die über Biogas aus der organischen Trockensubstanz freigesetzt werden kann, errechnen. Entsprechende Verfahrenslösungen und abgesicherte Daten über die Gasausbeute liegen bisher allerdings nur für den Flüssigmist vor.

Das in Bild 4 aufgetragene Netto-Energiepotential ergibt sich in Abhängigkeit von der Monatsmitteltemperatur und einem mittleren Prozeßenergiebedarf von 30 % aus dem Gasertrag von 0,35 m³/kg (bezogen auf organische Trockensubstanz) bei einem Methananteil von 60 %.

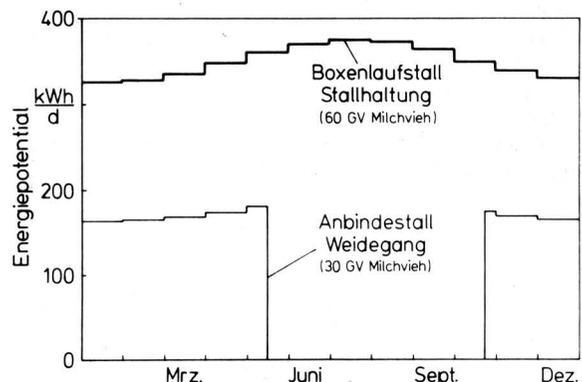


Bild 4. Netto-Energiepotential bei zwei verschiedenen Formen der Milchviehhaltung.

2.2 Sonstige Viehhaltung

Grundsätzlich gilt auch für die übrigen Formen der Nutztviehhaltung, daß die jeweiligen Rückstände entweder als Festmist und Jauche, Flüssigmist oder Tiefstallmist anfallen. Bei verschiedenen Tierarten zeichnen sich bei größeren Beständen zunehmend Standardisierungstendenzen im Stallbau ab. Da die arbeitswirtschaftlichen Vorteile bei der strohlosen Aufstallung sehr groß sind, findet man bei intensiver Bullen- und Schweinemast fast ausnahmslos Flüssigmistsysteme. Der Dung gelangt entweder kontinuierlich aus dem Stall in eine Vorgrube und wird in regelmäßigen Intervallen in einen Güllespeicher gefördert oder lagert unter dem Stallboden.

Die weiblichen Jungrinder, die in der Regel im Verbund mit dem Milchvieh als Nachzucht gehalten werden, stehen in kleinen und mittleren Beständen meistens in eingestreuten Ställen. Hier ist auch der Tiefstall eine verbreitete Stallform. Im Sommer fällt wegen des Weidegangs kein Dung im Stall an.

In der Sauenhaltung gibt es zwar sowohl für tragende wie auch für säugende Sauen einstreulose Haltungsverfahren; üblich sind jedoch zumindest bei säugenden Sauen eingestreute Buchten, die täglich entmistet werden.

In der Geflügelhaltung herrscht bei Legehennen die Käfighaltung vor. Die Exkremente werden in flüssiger bzw. halbfester Form täglich mit Kotbändern oder Kotschiebern aus dem Stall gefördert. Bei einigen Stallformen lagern sie jedoch längere Zeit unter den Käfigen im Stall; der Dungastrag ist dann wie beim Tiefstallsystem diskontinuierlich. Das gilt auch für die meisten Stallformen bei der Junghennenaufzucht und Hähnchenmast. Hier ist die Bodenhaltung das übliche Verfahren. Die Exkremente sammeln sich mit der Einstreu während der Aufzucht- bzw. Mastperiode an. Der Austrag erfolgt also entsprechend den Umtriebszeiten bei der Junghennenaufzucht in vier- bis fünfmonatigen Abständen und bei der Hähnchenmast etwa alle sechs Wochen.

Verglichen mit Rinder- oder Schweineflüssigmist, weist Hühnergülle einen etwa doppelt so hohen Trockenmasseanteil auf. Das erfordert im Hinblick auf eine Biogasanlage leistungsfähige Pumpen und Rührwerke. Dies gilt auch mit Rücksicht auf Sedimente, die sich aufgrund des hohen Futter-Mineralstoffanteils bilden können. Biogasanlagen müssen dem jeweiligen Viehbestand angepaßt werden.

3. Möglichkeiten der Gasverwertung*)

3.1 Milchviehhaltung

Für einen Betrieb mit einem Milchviehbestand von 60 GV ist in Bild 5 der betriebliche Wärmebedarf dargestellt. Er beschränkt sich auf die Warmwasserbereitung, die Melkstandheizung und die Heutrocknung. Selbst bei einem sehr großzügig bemessenen Energiebedarf werden für die Melkstandheizung und Warmwasserbereitung nur geringe Energiemengen benötigt [2]. Bei der Belüftungstrocknung von Heu dagegen sind bei einer Einlagerungsfeuchte von 40 bis 50 %, einer Luftanwärmung um 10 bis 20 °C und einer Chargengröße von 120 dt, täglich etwa 350 m³ Biogas erforderlich [3]. In einem 60 GV-Betrieb stehen jedoch nicht einmal 20 % dieser Menge zur Verfügung. Um das Gasangebot besser mit dem Energiebedarf abzustimmen, ist es erforderlich, das Trockengut stärker vorzuwelken und über einen längeren Zeitraum mit geringerer Luftanwärmung zu trocknen. Wie in Bild 5 dargestellt, ergibt sich bei einer Einlagerungsfeuchte von 30 bis 40 %, einer Luftanwärmung von 4 °C und einer Chargengröße von 120 dt, ein Biogasbedarf von 80 m³ bzw. 500 kWh/d. Die Trocknungsdauer würde sich jeweils über eine Woche erstrecken [2]. Trotzdem übersteigt hier der Energiebedarf noch die mit der Gasmenge verfügbare Energie. Lediglich über eine geringere Chargengröße wäre eine Bedarfsdeckung möglich. Dafür müßten allerdings arbeitswirtschaftliche Nachteile akzeptiert werden. Eine interessante Variante wäre dann der Gebläseantrieb mit Gasmotor, wobei die Motorabwärme zur Luftanwärmung dient. Über den gesamten Jahresablauf gesehen, kann jedoch nur ein kleiner Teil der zur Verfügung stehenden Energiemenge im landwirtschaftlichen Betrieb für Wärmebedarfszwecke eingesetzt werden. Dies gilt auch für andere Formen der Nutztierhaltung.

In Bild 6 ist das Netto-Energiepotential für zwei Betriebe mit unterschiedlichen Milchviehbeständen (vgl. Bild 4) dem Wärmebedarf des landwirtschaftlichen Haushalts gegenübergestellt. Zugrundegelegt wurde in beiden Fällen ein 6 Personen-Haushalt mit 150 m² Wohnfläche und geringem spezifischen Wärmebedarf (116 W/m²) [2].

Der Betrieb mit 60 Milchkühen hätte selbst im Januar genügend Gas, um seinen Wärmebedarf vollständig mit Biogas abzudecken. Bei 30 Milchkühen mit Weidegang reicht das Gas lediglich zur Deckung von etwa 60 % des Wärmebedarfs aus. Hier wäre ein bivalentes Heizsystem erforderlich.

*) siehe hierzu auch den Beitrag von Orth [1]

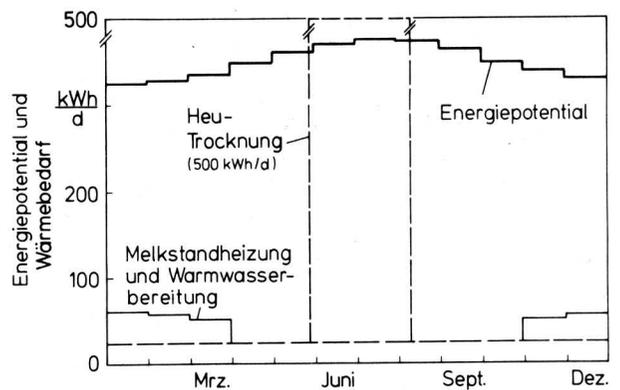


Bild 5. Netto-Energiepotential und betrieblicher Wärmebedarf bei ganzjähriger Stallhaltung von 60 GV Milchvieh.

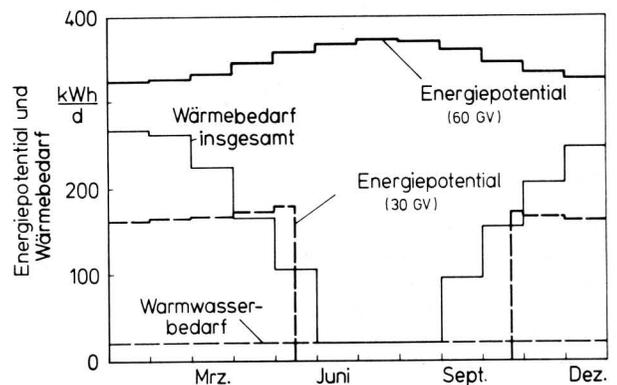


Bild 6. Netto-Energiepotential und Wärmebedarf im landwirtschaftlichen Haushalt bei zwei verschiedenen Formen der Milchviehhaltung.

Möglichkeiten der Gasverwendung zur Wärmebedarfsdeckung bestehen also im 60 GV-Betrieb für die Warmwasserbereitung in Haushalt und Betrieb, die Wohnhaus- und Melkstandheizung und die Heutrocknung. Beim 30 GV-Betrieb mit Weidegang beschränken sich die Einsatzmöglichkeiten von Biogas auf die Wohnhausheizung und Warmwasserbereitung. Bei einer Umstellung auf Sommerstallhaltung wäre nur geringfügig mehr Fremdenergie durch Einsatz von Biogas einzusparen, da Betriebe dieser Größenklasse in der Regel nicht über eine Heubelüftungsanlage verfügen und, mit Ausnahme des Wärmebedarfs im September und Oktober, während der Weidezeit nur ein geringer Energiebedarf zur Warmwasserbereitung besteht. Für beide Betriebe stellt mengenmäßig der Wärmebedarf des Haushalts den größten Anteil am Gesamtwärmebedarf dar. Die Wärmebedarfsstruktur der Betriebe ist also im wesentlichen unabhängig vom Betriebssystem zu sehen.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit von Biogas ist die Erzeugung von Elektroenergie mit Wärme-Kraft-Kopplung. Wegen des höheren Investitionsaufwandes gegenüber der Wärmebereitstellung, kommt sie nur für Betriebe in Frage, die auf diese Weise einen höheren Gasnutzungsgrad erzielen und bereits mit der Abwärme des Gasmotor-Generator-Satzes einen großen Teil ihres Wärmeenergiebedarfs decken können. Die Wirtschaftlichkeit hängt dann von den Möglichkeiten der Elektroenergieverwertung im Betrieb ab. Für den 30 GV-Betrieb, der bereits mit der Wärmebedarfsdeckung einen guten Gasnutzungsgrad erreicht, scheidet die Erzeugung von Elektroenergie aus. So wurde in Bild 7 lediglich der 60 GV-Betrieb betrachtet.

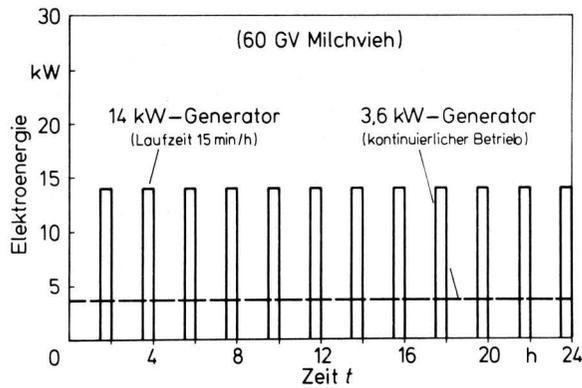


Bild 7. Verfügbare elektrische Leistung bei Nutzung des Biogases vom 60 GV-Milchviehbestand zur Erzeugung von Elektroenergie.

Da die Prozeßenergie für die Biogasanlage über die Motorabwärme bereitgestellt wird, kann sämtliches Gas zur Stromerzeugung genutzt werden. Die zur Verfügung stehende Gasmenge würde allerdings bei kontinuierlichem Betrieb eines Gasmotors nur für eine Generatorleistung von 3,6 kW ausreichen. Derartige Geräte mit Wärme-Kraft-Kopplung sind bisher nicht auf dem Markt. Die untere Grenze stellt derzeit ein Aggregat mit einer Generatorleistung von 14 kW dar. Im Intervallbetrieb könnte es stündlich etwa für 15 min betrieben werden.

Verbraucher, die bei relativ geringer Anschlußleistung eine hohe Benutzungsdauer aufweisen, sind die Aggregate im Bereich der Milchgewinnung sowie die Stalllüfter, **Bild 8**. Hier wäre die Verwertung der Elektroenergie am günstigsten, denn Verbraucher mit hoher Anschlußleistung und geringer Benutzungsdauer, wie z.B. die Güllepumpe, erfordern große Gasmotor-Generator-Sätze, die bei kurzen Betriebszeiten insgesamt nur schlecht ausgenutzt werden.

Aus **Bild 8** wird deutlich, daß bei einem periodischen Intervallbetrieb des Generators nur geringe Strommengen eingespart werden können. Sinnvoller wäre es hier, das Gas für Bedarfsspitzen zu speichern und in diesen Zeiten den Generator kontinuierlich zu fahren. Da aber auch dann nur geringe Strommengen eingespart werden, ist die Elektroenergieerzeugung keine aussichtsreiche Möglichkeit für den Einsatz von Biogas in Betrieben mit Milchviehhaltung.

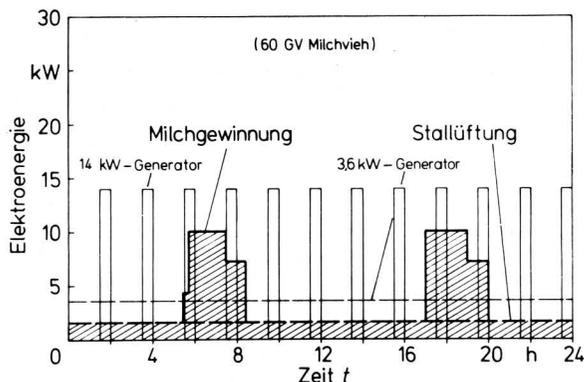


Bild 8. Aus Biogas erzeugte Elektroenergie und betrieblicher Bedarf an Elektroenergie für den 60 GV-Milchviehbestand.

Wie **Bild 9** zeigt, ist für den 60 GV-Betrieb mit der Motorabwärme, die bei der Stromerzeugung anfällt, der Wärmebedarf des Haushalts bereits zu einem großen Teil abzudecken. Diese Energie könnte jedoch mit einem gasbefeuerten Heizkessel wesentlich wirtschaftlicher bereitgestellt werden.

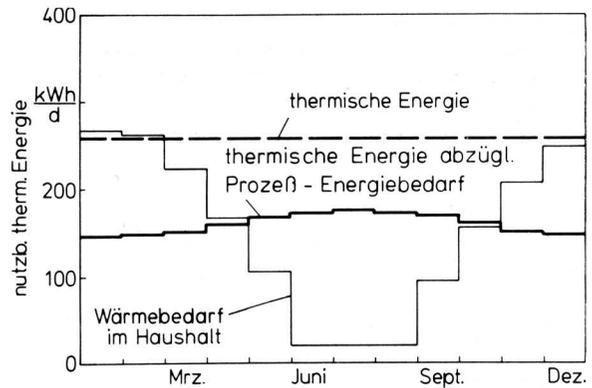


Bild 9. Über Wärme-Kraft-Kopplung bei der Erzeugung von Elektroenergie aus dem Biogas des 60 GV-Milchviehbestandes verfügbare thermische Energie und Wärmebedarf im Haushalt.

Für die angesprochenen Beispiele der Milchviehhaltung zeichnen sich also Einsatzmöglichkeiten für Biogas lediglich im Bereich der Wärmebedarfsdeckung ab. Bei kleinen und mittleren Milchviehbeständen mit Weidegang liegen sie in der Wärmebedarfsdeckung für den landwirtschaftlichen Haushalt, bei größeren Beständen kann der Wärmeenergiebedarf des Betriebes, insbesondere die Heutrocknung, mit einbezogen werden.

3.2 Sonstige Viehhaltung

Ein beträchtlicher Wärmeverbraucher im landwirtschaftlichen Betrieb kann die Stallheizung sein. In Kälber-, Ferkelaufzucht- und Vormastställen sowie bei der Geflügelhaltung muß im Winter geheizt werden. Für einen Vormaststall sind in einer Wintertemperaturzone von $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ bei einer mittleren Heizdauer von 600 Stunden jährlich etwa 400 kWh/GV erforderlich [4]. Dieser Wärmebedarf tritt jedoch zu einer Zeit auf, in der auch der Wärmebedarf des Haushalts am größten ist. Eine bessere Biogasverwertung über die Stallheizung läßt sich also nur dann erzielen, wenn im Winter die verfügbare Gasmenge den Wärmebedarf des Haushalts übersteigt. Damit ist aber ein großer Gasüberschuß im Sommer verbunden. Selbst bei der Hähnchenmast, wo in Abhängigkeit vom Alter der Küken Temperaturen bis zu $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ gefordert werden und demzufolge auch im Sommer geheizt wird, läßt sich dieser Überschuß nur teilweise abbauen.

Zur Beheizung von Ferkelnestern werden üblicherweise Infrarotstrahler eingesetzt. Grundsätzlich können hier auch Gasstrahler verwendet werden. Bei einem Zuchtsauenbestand von 100 Tieren errechnet sich eine Heizleistung von maximal $4\text{--}6\text{ kW}$ [5]. Das würde einer täglichen Gasproduktion von 20 m^3 entsprechen. Auch hier ist im Sommer der Bedarf geringer.

Schweinemastbetriebe, die auf eigener Futtergrundlage mästen, oder Marktfruchtbetriebe mit ausgedehnter Viehhaltung können Biogas bei der Getreidetrocknung einsetzen. Die erforderliche Leistung ist jedoch relativ hoch. So werden bei einem Feuchteentzug von 4 % und einer Trocknerleistung von 20 dt/h während einer 10stündigen Trocknungsdauer 225 m^3 Biogas benötigt [2]. Dazu muß ein Schweinebestand von über 300 GV vorhanden sein. Diesem Schweinebestand entspricht bei ausschließlicher Verwendung des Getreides für die Schweinemast eine Anbaufläche von etwa 400 ha. Bei der oben angeführten Trocknerleistung würde sich also, wenn sämtliches Getreide getrocknet werden muß, die Erntezeit auf 100 Tage erstrecken. Biogas kann demnach bei der Getreidetrocknung nur in Kombination mit einem anderen Energieträger eingesetzt werden. Energetisch vorteilhafter wäre es für einen solchen Mastbetrieb, auf die Feuchtgetreidekonservierung überzugehen.

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 (Somertemperaturzone ≥ 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]).