

rung unserer LPG werden. Die technische Grünfütterung ist in Verbindung mit einem ausreichenden Zwischenfruchtanbau die größte wirtschaftseigene Futtermittelreserve. Mit ihr sind wir in der Lage, jegliche Abhängigkeit von betriebsfremdem Kraffutter zu beseitigen und Höchstleistungen in der Viehwirtschaft zu erreichen. Die Gesundheit unseres Viehbestandes, die heute auf Grund der einseitigen Fütterung oft stark leidet, könnte infolge des höheren Mineralstoff- und Vitamingehalts des Trockenfutters wesentlich verbessert werden. Es geht heute nicht allein darum, nur Futter für die Leistungsfütterung zu schaffen (das künstlich getrocknete Grünfutter erfüllt diese Forderung durchaus). Es geht im besonderen darum, die Fruchtbarkeit und die Gesundheit unserer Viehbestände zu verbessern. Das künstlich getrocknete Grünfutter wird in Verbindung mit einer richtigen Viehhaltung wesentlich dazu beitragen.

Ich bin überzeugt, daß die künstliche Grünfütterung immer mehr an Bedeutung gewinnen und die übliche Bodentrocknung nach und nach verdrängen wird. Bis zur weiteren Verbreitung der künstlichen Trocknung müssen die Betriebe zur leicht anzuwendenden Reutertrocknung übergehen.

Es ist Pflicht jeder LPG und jedes landwirtschaftlichen Betriebes, das vorhandene Futter so schnell und so verlustlos wie möglich zu bergen. Der Gewinn für uns alle wird darin bestehen, daß wesentlich mehr tierische Produkte als bisher anfallen und dazu beitragen, die Lebenslage unserer werktätigen Menschen weiter zu verbessern.

Literatur

Seidel, K.: Die Trocknung von eiweißreichen Grünmassen. Praxis und Forschung für den fortschrittlichen Landwirt. Oldenburg (1955) H. 2. A 2152

Diskussion

Zur Frage des Eigenenergiebedarfes von landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Von M. POCH, Institut für landwirtschaftliches Versuchs- und Untersuchungswesen der DAL, Jena-Zwätzen
(Direktor: Prof. F. Kertscher)

DK 628.338: 631.371

Bei dem lebhaften Interesse, das der Biogasgewinnung von seiten unserer LPG und VEG entgegengebracht wird, ist es sehr zu begrüßen, daß unsere Wissenschaftler in den Forschungsstellen immer wieder zu diesem Problem Stellung beziehen und dabei der Klärung noch bestehender unterschiedlicher Auffassungen ernsthaft zustreben. Unter diesem Gesichtswinkel ist der anschließende Diskussionsbeitrag zu werten, der als Stellungnahme zum Aufsatz „Der Wärmeaufwand für den Betrieb von Biogasanlagen“ von Dipl.-Ing. S. Neuling (Heft 6/1955, S. 203) angesehen werden darf. Die Thematik entspricht außerdem auch einigen Abschnitten der Abhandlung von Prof. Dr. S. Rosegger auf S. 388 dieses Heftes. Wir bitten unsere interessierten Leser, ihre Meinung zu diesen Fragen ebenfalls an dieser Stelle zu äußern.

Die Redaktion

Im nachstehenden Aufsatz sind unsere wärmetechnischen Berechnungen und Überlegungen wiedergegeben, die als Grundlage für den Bau unserer Biogasanlage in Freienbessingen (1953) gedient haben. Die recht günstig ausgefallenen, Versuche der thermophilen Vergärung von Stallmist veranlaßten uns, auch die thermophile Arbeitsweise beim Bau von Biogasanlagen für die Landwirtschaft in Erwägung zu ziehen. Von einer Bruttoleistung von 200 m³ Biogas/Tag ausgehend wurde die mesophile mit der thermophilen Faulung theoretisch verglichen.

Unsere Faulversuche hatten ergeben, daß je m³ Nettofaulraum in 24 Stunden

- a) bei 30 bis 32° C (mesophil) Gärtemperatur 0,810 Nm³ Biogas und
- b) bei 50 bis 52° C (thermophil) Gärtemperatur 1,570 Nm³ Biogas

im Durchschnitt gewonnen werden konnten [1]. Um also 200 Nm³ Gas täglich erzeugen zu können, sind unter Einschluß einer entsprechenden Größe an Gassammelraum folgende Volumina an Faulraum notwendig:

- Für a) 280,0 m³ mit einer Oberfläche von 237,0 m² und
- für b) 150,0 m³ mit einer Oberfläche von 156,5 m².

Die angegebenen Oberflächen stellen bei diesem Inhalt für zylindrische, beiderseits geschlossene Behälter ein Minimum dar, da das Verhältnis von Behälterhöhe zum Radius sich wie 2:1 verhält. In der Praxis wird nicht immer dieser Form der Vorzug zu gewähren sein, weil gerade bei Faulräumen mit mehreren 100 m³ Inhalt statische Momente einen entscheidenden Einfluß gewinnen können und auch die Arbeitsweise der Einrichtung zur Bekämpfung der Schwimmdecke berücksichtigt werden muß.

Mit Rücksicht auf die starke Wärmeleitung des Erdreiches wurden unsere Gärbehälter als Hochsilos ausgebildet und stehen zu ebener Erde [2].

Um die obengenannte Gasproduktion aufrechtzuerhalten, müssen täglich folgende Frischmismengen zugeführt werden:

- a) 15 kg mit 20% Trockensubstanzgehalt = 3 kg Trockenmasse
- b) 30 kg mit 20% Trockensubstanzgehalt = 6 kg Trockenmasse

Diese Mistmengen müssen auf die entsprechende Faultemperatur erwärmt werden. Als Ausgangstemperatur soll mit Berücksichtigung evtl. vorhandener Entfernungen vom Stall zur Biogasanlage und der Abkühlung des Häckselmistes auf diesem Wege mit +10° C im Durchschnitt angenommen werden. Die Differenz zwischen der Ausgangstemperatur und der Gärtemperatur sei mit Δt_a bezeichnet.

Um die frisch zuzuführende Substanz aufheizen zu können, bedient man sich eines doppelten Kreislaufes, denn bei einer Erwärmung im pumpfähigen Zustand mit 10 bis 14% Gehalt an Trockenmasse würde man fast das Doppelte an Energie benötigen. Diese Arbeitsweise erfordert jedoch einige Erfahrung und befindet sich in völliger Übereinstimmung mit den Bestrebungen beim Betrieb von städtischen Klärgasanlagen, wo man ein möglichst starkes Eindicken des Frischschlammes zu erreichen versucht, um Heizenergie zu sparen.

Als spezifische Wärme des Frischmistes soll der Wert 1,0 kcal · kg⁻¹ · grad⁻¹ angenommen werden, obwohl er auf Grund des organischen Anteiles zwischen 0,90 und 0,95 kcal · kg⁻¹ · grad⁻¹ liegt. Die täglich je m³ Faulraum zuzugebende Menge an Trockensubstanz ist für verschiedene Stoffe unterschiedlich und richtet sich je nach deren Gasergiebigkeit und Halbwertzeit [3]. Unter Halbwertzeit versteht man den Zeitraum, in dem die Hälfte der aus einem Substrat erzeugbaren Biogasmenge gewonnen wird.

Nun muß bei einer Wärmebilanz noch der Wirkungsgrad der Beheizungseinrichtung einberechnet werden. Bei Gasfeuerung kann im Durchschnitt mit 80% vom unteren Heizwert gerechnet werden. Der untere Heizwert je m³ Biogas möge im Mittel 5000 kcal/Nm³ betragen. Er ist jedoch von der Gärtemperatur und von der Beschickungstechnik abhängig.

Der Energieaufwand zum Betrieb einer Biogasanlage umfaßt:

- a) die Wärmemenge zum Aufheizen des Frischmistes,
- b) den Wärmebedarf zum Ausgleich der Ausstrahlungsverluste und
- c) die Energie für die mechanischen Arbeitsgänge.

In der nachstehenden Berechnung sollen a) und b) untersucht werden.

Die Wärmemenge zum Aufheizen des zu vergärenden Materials (Q_a) läßt sich nach der Formel

$$Q_a = \frac{M \cdot \gamma \cdot c_p \cdot \Delta t_a}{\mu} \quad (1)$$

finden.

Darin sind:

- M Masse des aufzuheizenden Materials
- γ spezifisches Gewicht dieses Materials
- c_p seine spezifische Wärme [kcal · kg⁻¹ · grad⁻¹]
- Δt_a Wärmedifferenz zwischen +10° C und der Faultemperatur
- μ Wirkungsgrad der Heizung ($\mu = 0,8$).

Damit je m³ Faulraum die genannte Frischmistmenge auf die entsprechende Gärtemperatur aufgeheizt werden kann, sind bei mesophiler Faulung ... 375 kcal/Tag und bei thermophiler Faulung . 1500 kcal/Tag aufzuwenden.

Diese Grundlast muß der Haushalt jeder Biogasanlage tragen; sie ist im wesentlichen konstant und könnte nur durch Verbesserung des Wirkungsgrades der Heizung oder durch Verringerung des Wassergehaltes des Beschickungsmaterials vermindert werden.

Die Ergänzung der Ausstrahlungsverluste des Faulrauminhaltes ist nötig, damit eine möglichst gleichbleibende Wärme erhalten wird und somit der Gärprozeß ungestört ablaufen kann. Die Wärmeverluste eines Faulbehälters sind abhängig vom Inhalt, von der Oberfläche, von der Isolation, vom Temperaturgefälle zwischen Inhalt und dem umgebenden Medium, sowie vom Außenmedium.

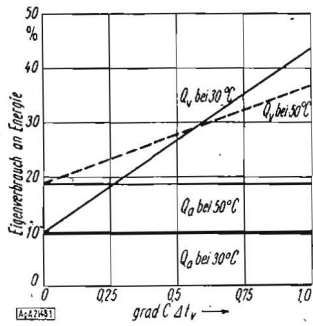


Bild 1

Die Energie, die täglich aufgewendet werden muß, um die ursprüngliche Faultemperatur wieder herzustellen (Q_v), läßt sich am leichtesten durch Messung des Temperaturabfalles des Gärsiloinhaltes (Δt_v) innerhalb von 24 Stunden bestimmen

$$Q_v = \frac{M \cdot \gamma \cdot c_p \cdot \Delta t_v}{\mu} \quad (2)$$

Beträgt z. B. die Δt_v eines Faulraumes 0,7° C/Tag, dann sind zur Wiederherstellung der Ausgangstemperatur 875 kcal/m³ seines Inhaltes erforderlich.

Umgekehrt kann man den notwendigen Isolationswert eines beliebigen Behälters errechnen, wenn Δt_v und die niedrigste anhaltende Außentemperatur (in unserer geographischen Breite - 20° C) bekannt sind. Den Isolationswert (J) findet man nach folgender Beziehung

$$J = \frac{s}{\lambda} = \frac{O \cdot \Delta t \cdot z}{Q} \quad (3)$$

wobei Q = M · γ · c_p · Δt_v ist.

Darin sind:

- s Dicke der Isolierschicht eines bestimmten Isolierstoffes
- λ Wärmeleitfähigkeit dieses Isolierstoffes [kcal · m⁻¹ · h⁻¹ · grad⁻¹]
- O Oberfläche des Faulbehälters
- Q täglich ausgestrahlte Energie [kcal].

Die notwendige Dicke der Isolierschicht findet man, indem man den Isolationswert mit der Wärmeleitfähigkeit des verwendeten Isolierstoffes multipliziert.

Als Grundlage eines Vergleiches zweier bei verschiedenen Temperaturen arbeitenden Biogasanlagen kann nur die gleiche Leistung, in unserem Falle 200 Nm³ Biogas/Tag, dienen. Entsprechend der zu Anfang aufgeführten Daten sind bei Betonausführung der Gärbehälter und 20 cm Wanddicke folgende Betonmassen nötig:

- mesophil arbeitender Faulsilo 47,400 m³ und
- thermophil arbeitender Silo 31,200 m³.

Damit beide Faulbehälter den gleichen täglichen Temperaturabfall (Δt_v) aufweisen, sind bei Verwendung von „Piatherm“ als Isoliermittel mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,03 kcal · m⁻¹ · h⁻¹ · grad⁻¹ folgende Isolierdicken und Mengen an Isolierstoff erforderlich (Tafel 1).

Tafel 1

Art der Gärung	Isolierschicht [cm]	Materialverbrauch	
		[m ³]	[kg]
mesophil	3,38	8,010	120,15
thermophil	5,85	9,140	137,30

Da diese Isolierung den Betonsilo einschließt, ist die Masse des Betons bei der Ergänzung der Wärmeverluste mit zu bewerten, was bei der nachstehenden Berechnung auch geschehen ist. Die Bilanz der beiden Anlagen mit je 200 m³ Biogas Tagesleistung, was rund 1000000 kcal entspricht, zeigt Tafel 2.

Es verbleiben demnach an Nettoenergie bei der mesophilen Arbeitsweise 66,85% des erzeugten Biogases, während bei der thermophilen 68,67% nutzbringend verwendet werden können.

Stellen wir nun beide Anlagen einander gegenüber, so kann man feststellen, daß einem Mehrverbrauch von 1,13 m³ Isolierstoff im Werte von etwa 120,— DM, eine Ersparnis von 16,200 m³ Beton gegenübersteht. Aber nicht nur diese baulichen Einsparungen sind zu verzeichnen, sondern auch die Energiebilanz ist unter bestimmten Verhältnissen günstiger.

Tafel 2

	Mesophile Gärung		Thermophile Gärung	
	[kcal]	[%]	[kcal]	[%]
Bruttotagesleistung	1000 000	100,00	1000 000	100,00
Aufheizung des Frischmistes Q _a =	93 750	9,38	187 500	18,75
Ausgleich der Verluste Q _v =	237 737	23,77	125 825	12,58
Gesamter Eigenbedarf	331 487	33,15	313 325	31,33

Da jedoch ein Beispiel noch längst keinen Überblick von den wirklichen Verhältnissen vermittelt, ist das Bild 1 beigelegt worden.

Q_a ist konstant; Q_v jedoch verändert sich in Abhängigkeit von Δt_v. Liegt demnach der tägliche Temperaturabfall bei weniger als 0,55° C/Tag, dann wird die Bilanz bei mesophiler Faulung günstiger sein, während bei mehr als 0,55° C Δt_v der umgekehrte Fall eintritt.

Die Praxis hat aber gezeigt, daß Temperaturverluste von bedeutend weniger als 0,55° C nur in mehrere 1000 m³ großen Faulräumen städtischer Kläranlagen erreicht werden, wobei im Winter die Faultemperaturen oft noch niedriger liegen als im Sommer [4].

Landwirtschaftliche Biogasanlagen sind bereits als sehr gut isoliert zu bezeichnen, wenn ihr täglicher Wärmeabfall im Jahresmittel 0,5 bis 0,7 C beträgt. In diesem Bereich haben aber mesophile und thermophile Gärung zumindest gleiche Chancen.

Der Vollständigkeit halber ist noch der Kraftaufwand für die mechanischen Arbeiten zu berücksichtigen; er wird sich bei beiden Anlagen im allgemeinen decken, unterschiedlich ist der Energieverbrauch bei der Schwimmdeckenbekämpfung, der bei mesophilen Anlagen mit wasserschlängiger größeren Gärbehältern und weniger intensiver Gasbildung höher sein wird.

Um also ein wirklichkeitsnahes Ergebnis zu erhalten, müssen zumindest die wichtigsten Tatsachen der Biologie und der Technik des Gärprozesses bekannt sein und beachtet werden. Zwar wird die thermophile Faulung in einigen städtischen Kläranlagen bereits erfolgreich angewendet [5, 6], in Anbetracht der zahlreichen, praktisch noch nicht erprobten Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung der Gärungstechnik erscheint es uns aber verfrüht, ein endgültiges Urteil abzugeben, welcher Art der Faulung in Zukunft der Vorzug zu geben sein wird.

Literatur

- [1] Poch, M.: Biogas. Bauernverlag (1953) S. 22.
- [2] Feldmann, F.: Biogas — energiewirtschaftlich gesehen. Landtechnische Forschung (1954) H. 3, S. 69.
- [3] Reinhold, T.: Faulgas aus organischen Stoffen. Gas- u. Wasserfach (1955) H. 6, S. 176 und 177.
- [4] Imhoff, K.: Taschenbuch der Stadtentwässerung. VEB Verlag Technik, Berlin (1954).
- [5] Reinhold, F.: Faulgas aus organischen Stoffen, a. a. O.
- [6] Mohlmann, F. W.: Entwicklung der Abwasserbeseitigung in den USA 1953. Wasserwirtschaft (1954) H. 12. A 2148

Schwemmentmistung – Schubstangenentmistung?

DK 636.083.1

Mit großem Interesse haben wir in unserer MTS den Beitrag von Professor Dr. Rosegger über die Schwemmentmistung¹⁾ gelesen. Er hat meinen Kollegen Agronomen Uhlemann und mich veranlaßt, die im Aufsatz geschilderte Anlage der TH Dresden zu besichtigen. Unsere Auffassung dazu — sie hat sich auch nach nochmaliger Diskussion nicht geändert — ist, daß mit dieser Anlage ein neuer Weg in der Stallentmistung beschritten wurde, der unseren Menschen große Arbeiterleichterung und Zeitersparnis bringt. Wir sind nun der Meinung, daß sie auch gut in Schweineställen verwendet werden kann, weil der Schweinemist nur unter Aufwand größerer Einstreumengen (die meist nicht vorhanden sind) zu einer einigermaßen festen Masse gebunden werden kann. Oder ist die Anlage bei dem geringen Wert des Schweinemistes unrentabel? Eine weitere Frage wäre, welche Wirkung der Schwemmist auf die Struktur des Ackerbodens bzw. die verschiedenen Kulturpflanzen ausübt. Uns interessiert außerdem, wie weit die Schubstangenentmistung für den 60- bzw. 90-Rinderstall Typ LPG (KdT-Tagung am 1. und 2. April 1955 in Leipzig) durchentwickelt wurde. Hat man die Erfahrungen in Etdorf ausgewertet?

Wir bitten die angesprochenen bzw. zuständigen Wissenschaftler, Architekten und Konstrukteure, zu unseren vorstehenden Fragen Stellung zu nehmen, damit vor der endgültigen Festlegung auf ein bestimmtes Entmistungungsverfahren volle Klarheit über alle Zweifel geschaffen wird.

H. Musahl,

AK 2114 Innenmechanisator der MTS Barnitz Krs. Meißen

¹⁾ „Neue Wege in der Stallentmistung“, Deutsche Agrartechnik [1955] H. 6, S. 200 bis 202.