

Der Arbeitsvorgang beim Dämpfen

Durch die feste Kombination von Haube und Dämpflege wird ein schnelles und bequemes Arbeiten ermöglicht. Um den Dampf rationell auszunutzen zu können, ist ein kontinuierlicher Arbeitsablauf beim Dämpfen notwendig. Dieser wird erreicht, indem man stets mit zwei Hauben dämpft.

Zuerst wird die Vorform bis zum Rand mit Erde gefüllt. Nach leichtem Andrücken der Ränder mit einem Rechen wird sie abgehoben, so daß die Erde als „Kuchen“ dasteht. Die Haube wird nun einfach über den „Kuchen“ gestülpt und kann an die Dämpfanlage angeschlossen werden. Angenommen die Dämpfzeit beträgt für eine Haube 40 min, so wird nach dem Anschließen der ersten Haube die Form gefüllt, abgehoben und nach 20 min die zweite Haube aufgesetzt und angeschlossen. Die Vorform wird wieder fertigmacht und nach weiteren 10 min wird die erste Haube von der inzwischen durchgedämpften Erde abgehoben und auf die dritte Füllung der Vorform gesetzt. Durch die Vorformung der Erde erreicht man, daß die Zeit für das Füllen und Wegräumen nicht von der Dämpfzeit abgeht. Alle 20 min muß eine Vorform gefüllt und die gedämpfte Erde weggeräumt werden. Bei einem Fassungsvermögen der Hauben von $0,75 \text{ m}^3$ müssen so $4,5 \text{ m}^3$ in der Stunde bewegt werden. Die Tafel I macht den Arbeitsablauf besonders deutlich.

Der Kessel, der bei der beschriebenen Anlage als Dampfkessel benutzt wurde, ist ein Blankenburg-Allesbrenner mit einer Leistung von 92400 Kcal. Die Tagesleistung beträgt etwa 17 m^6 .

Bei dieser Dämpfanlage handelt es sich um eine stationäre. Daher ist es zweckmäßig, die Erdehaufen, die für die Dämpfung

Tafel I

Zeit	Haube I	Vorform	Haube II
7 ⁰⁰			
7 ²⁰		↗ 1. Füllung	
7 ⁴⁰	Aufsetzen auf 1. Füllung ↘	2. Füllung	
8 ⁰⁰	1. Füllung fertig ↗	3. Füllung	↘ Aufsetzen auf 2. Füllung
8 ²⁰	Umsetzen auf 3. Füllung ↘	4. Füllung	2. Füllung fertig ↗
8 ⁴⁰	3. Füllung fertig ↗	5. Füllung	↘ Umsetzen auf 4. Füllung
9 ⁰⁰	Umsetzen auf 5. Füllung ↘	6. Füllung	4. Füllung fertig ↗
9 ²⁰	fertig ↓	↓	↓

vorgesehen sind, in der Nähe des Dämpfplatzes zu lagern. Man erspart sich dann einen unnötigen Transport der Erde. Günstiger im Einsatz ist zweifellos die fahrbare Anlage. Für einen mittleren Betrieb ist jedoch die Anschaffung einer solchen im allgemeinen zu kostspielig, wenn man von der geringen Nutzungszeit ausgeht. Bei Kombination von Gewächshausheizung und Dämpfanlage entstehen verhältnismäßig geringe Anschaffungskosten, die sich nur auf den beschriebenen Umbau der Kessel und die Anschaffung der Dämpfhauben beziehen. Auch die Unterhaltungskosten erfordern keinen zusätzlichen Aufwand, da sie ja mit denen der Heizanlage zusammenfallen. A 2253

Untersuchungen zur wirtschaftlichen Speicherung von Biogas

Von Dipl.-Ing. S. NEULING, Institut für Landtechnische Betriebslehre der TH Dresden DK 628.338 : 631.371

Der Bau mehrerer Versuchsanlagen in unserer Republik zeigte, daß die Bau- und Anlagekosten für Anlagen zur Humus- und biologischen Gasgewinnung sehr hoch liegen. Diese Kosten betragen z. B. bei einer mesophil arbeitenden Biogasanlage je nach ihrer Größe etwa 800 bis 1000 DM/GVE.

Eine Analyse der Faktoren, die die Bau- und Montagekosten von Biogasanlagen besonders beeinflussen, ergibt, daß vor allem die Speicherorgane für das gewonnene Biogas kostenmäßig sehr hoch liegen. Eine direkte Abnahme des Gases durch die Verbraucher ist verfahrenstechnisch nicht möglich. Die Technologie der Erzeugung von Biogas bedingt den periodisch auftretenden stoßweisen Gasanfall vorwiegend beim Zerstören der Schwimmdecken und beim Aufheizen des Faulgutes, während der Verbrauch keineswegs so stoßweise wie der Gasanfall erfolgt.

Eine kritische Betrachtung der gebauten Biogasanlagen ergab, daß die Gasspeicherorgane in betrieblicher und verfahrenstechnischer Hinsicht mit der Gaserzeugung und dem Gasverbrauch nicht immer genau abgestimmt sind.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, Wege zur genaueren Bemessung von Biogas-Speicherorganen zu finden und durch einen Vergleich der Speichermöglichkeiten die wirtschaftlichste Speicherung, die eine Senkung der Anlagekosten ermöglicht, festzustellen.

1 Untersuchungen über die notwendige Gasbehältergröße

An der Biogasversuchsanlage des Instituts für Landtechnische Betriebslehre wurde die erzeugte Gasmenge gemessen und mit dem Energieverbrauch des landwirtschaftlichen Versuchsbetriebes der TH verglichen. Um die normalen Verhältnisse bei der Erzeugung von Biogas für den untersuchten Betrieb zu berücksichtigen, wurden die an der Versuchsanlage ermittelten Werte für eine normale Anlage umgerechnet. Während die Versuchsanlage zur Untersuchung verschiedener verfahrenstechnischer Fragen mit drei Faulräumen verschiedener Abmessungen arbeitet, die außerdem für Versuche mit Abwässern der chemischen Industrie stark überdimensioniert sind, wurde für die vergleichende Betrachtung von Erzeugung und Verbrauch eine normale Biogasanlage mit zwei Faulräumen gleicher Abmessungen für 50 GVE zugrunde gelegt.

Die Verbrauchsmessungen wurden bewußt in einer Jahreszeit mit geringem Energieverbrauch bei relativ günstigen klimatischen Verhältnissen für die Erzeugung von Biogas durchgeführt, um die für die Speicherung des anfallenden Gases ungünstigsten Bedingungen zu berücksichtigen.

In Bild 1 sind die gemessenen Verbrauchswerte mit der erzeugten nutzbaren Energie über eine Zeit von 14 Tagen zu-

sammengestellt. Um die einzelnen Energieformen direkt miteinander vergleichen zu können, wurde als gemeinsame Bezugsgröße eine Umrechnung auf kcal unter Berücksichtigung der entsprechenden Wirkungsgrade beim Ersatz der einzelnen Energieformen durch Biogas vorgenommen.

Eine Auswertung dieser Messungen ergibt hinsichtlich der Verbrauchsart eine günstige Verwendung des Biogases als Brennstoff. Die Verwendung von Gas zur Erzeugung elektrischer Energie ist nicht wirtschaftlich, weil die relativ kleinen Gasmengen zur Deckung der elektrischen Grundlast nicht genügen. Aus den dargestellten Meßergebnissen kann leicht auf eine günstige Verwendung des Biogases als Kraftstoff geschlossen werden. Insbesondere kann man dadurch die Tage ohne nennenswerten Energieverbrauch durch Speicherung des Biogases in den Hochdruckflaschen gut überwinden. Es darf aber in diesem Zusammenhang nicht übersehen werden, daß die Gas erzeugungskurve für die überwiegende Zeit des Jahres keinesfalls so günstig wie im untersuchten Zeitraum liegt. Eine Verwendung des Biogases als Schlepperkraftstoff erscheint außerdem aus den bekannten Gründen nicht empfehlenswert [1].

Bei Verwendung des anfallenden nutzbaren Biogases als Brennstoff kann ohne Einschaltung eines Fremdverbrauchers

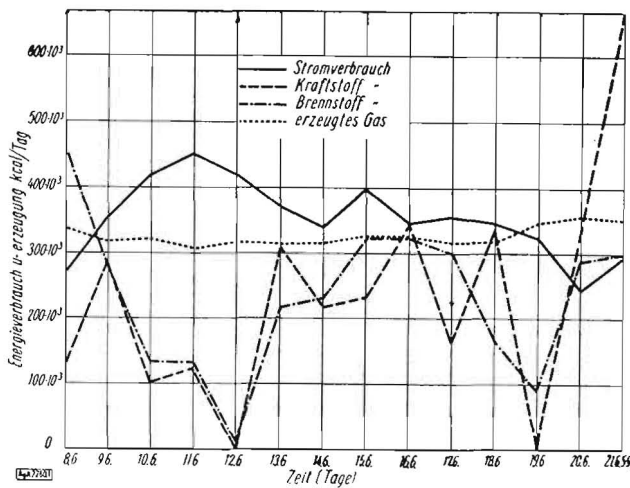


Bild 1. Energieverbrauch und nutzbare erzeugte Energie eines landwirtschaftlichen Betriebes mit einem Viehbesatz von 62,0 GVE/100 ha bei gaußjähriger Stallhaltung während der Hackfruchtperiode und Heuernte

das Biogas an den Tagen mit sehr geringem Eigenenergieverbrauch des Betriebes wirtschaftlich als Niederdruckgas nicht gespeichert werden. Für normale landwirtschaftliche Betriebe liegen die Verhältnisse allerdings wesentlich günstiger, da ein Teil des Viehes sich während der Sommerzeit im Weidegang befindet und zusätzliche in der Biogasanlage zu verarbeitende organische Stoffe kaum noch zur Verfügung stehen dürften. Damit senkt sich die Gaserzeugungskurve, und man kann durch eine entsprechende Arbeitsplanung des Betriebes ein Angleichen des Brennstoffverbrauches an die Erzeugung erreichen. Liegt jedoch tatsächlich einmal die Erzeugung während einiger Tage wesentlich höher als der Verbrauch, dann ist ein Abblasen des Biogases in die Atmosphäre immer noch wirtschaftlicher als der Bau sehr großer Gasbehälter, die unter für die Erzeugung ungünstigeren klimatischen Bedingungen (kältere Jahreszeiten) niemals ausgenutzt werden können. In Bild 2 ist für einen typischen Tag innerhalb des untersuchten Zeitraumes der stündliche Verbrauch der stündlichen Biogaserzeugung gegenübergestellt. In die Brennstoffverbrauchswerte des Betriebes wurden die notwendigen Gasmengen zur Deckung des Wärmeaufwandes der Biogasanlage mit einbezogen. Es ergibt sich deutlich ein stoßweiser Gasanfall beim Zerstören der Schwimmdecken zu Beginn und Ende der Arbeitszeit. Der hohe Brennstoffverbrauch in der Zeit von 7 bis 11 Uhr ist eine Folge des Aufheizens der Faulräume der Biogasanlage.

Aus den beschriebenen und in den Bildern 1 und 2 dargestellten Untersuchungsergebnissen läßt sich der Schluß ziehen, daß die Gasbehälter von Biogasanlagen ein Fassungsvermögen von 80% bis 110% der täglich maximal möglichen erzeugbaren Biogasmenge besitzen sollen. Ein Fassungsvermögen unter 80% der erzeugbaren Gasmenge ist wegen der mangelnden Reserve an Gasbehälterraum nicht zu empfehlen, während ein Fassungsvermögen über 110% der erzeugbaren Gasmenge wirtschaftlich kaum vertretbar sein dürfte. Für kleinere landwirtschaftliche Betriebe muß dabei das Gasbehältervolumen nach dem oberen Grenzwert zu gewählt werden, weil sich bei diesen Betrieben eine entsprechende Angleichung des Verbrauchs an die Erzeugung schwieriger und unvollkommener durchführen läßt als bei landwirtschaftlichen Großbetrieben.

Innerhalb dieser Untersuchung soll nicht versäumt werden, auf die Arbeiten Jean Laigrets vom Pasteur-Institut in Tunis hinzuweisen, dem es gelungen sein soll, organische Abfälle, u. a. auch tierischen Dünger, in flüssigen Kraftstoff (Petroleum) und Gas abzubauen [2]. Wenn auch diese Versuche durch andere Forscher bisher nicht bestätigt werden konnten, verdient diese Arbeit doch Beachtung, weil dadurch den Biogasanlagen eine besondere volkswirtschaftliche Bedeutung zukommen würde.

2 Möglichkeiten für die Speicherung von Biogas

Neben der richtigen Bemessung der Biogas-Speicherorgane interessiert besonders die Frage des technisch und wirtschaft-

lich günstigsten Speicherverfahrens. Ausschlaggebend ist für die Beantwortung dieser Frage die unbedingte Betriebssicherheit bei geringster Wartung und kleinen Anlagekosten für die Speicherräume. Im folgenden sollen die hauptsächlichsten Verfahren verglichen werden.

2.1 Nasse Gasbehälter

Für Biogasanlagen wurden bisher fast ausschließlich nur einhübrige nasse Niederdruckgasbehälter verwendet. Die Wasserbecken wurden sowohl in Eisenbeton als auch in Stahl ausgeführt. Mehrhübrige Teleskopbehälter sind bisher noch nicht für Biogasanlagen verwendet worden.

Als Nachteil der nassen Behälter muß bei einer kritischen Betrachtung die im Winter notwendige Beheizung der Wasserbecken zur Vermeidung des Einfrierens der Glocke gewertet werden. Einfache Glockenbehälter werden vorwiegend durch eine Umlauf-Warmwasserheizung des Wasserbeckens gegen Einfrieren im Winter geschützt, während bei den mehrhübrigen Niederdruckgasbehältern eine Beheizung durch Dampf als Tassenheizung notwendig ist. Sowohl Warmwasser als auch Dampf stehen durch die Biogasanlage für die Beheizung der Behälter zur Verfügung. Allerdings wird in den meisten Fällen eine längere Warmwasser- oder Dampfleitung nicht zu vermeiden sein. Durch die Entnahme von Warmwasser oder Dampf

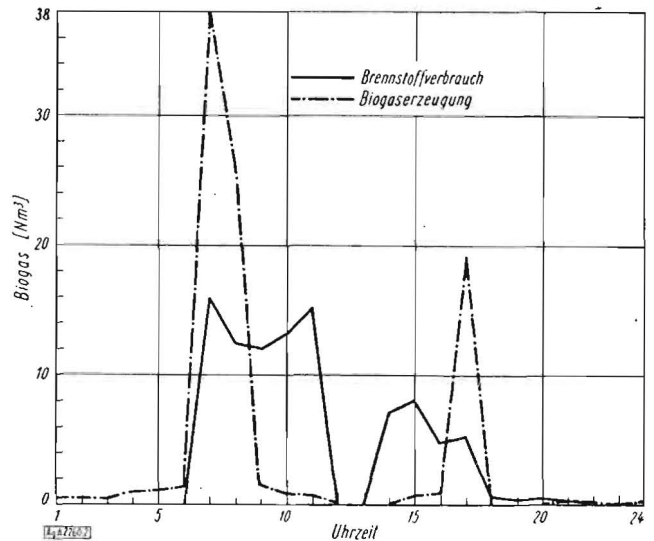


Bild 2. Brennstoffverbrauch und Biogaserzeugung eines landwirtschaftlichen Betriebes mit einem Viehbesatz von 62,0 GVE/100 ha während eines Tages

aus der Biogasanlage wird an strengen Wintertagen der Anlagenwirkungsgrad der Biogasanlage weiter verschlechtert. Außerdem ist durch die notwendige Beheizung des Wasserbeckens eine zusätzliche Pflege und laufende Kontrolle durch den Maschinenmeister der Biogasanlage unvermeidlich.

Die Fertigungs- und Montagekosten je m³ Speicherraum für einhübrige nasse Niederdruckgasbehälter steigen mit kleiner werdendem Fassungsvermögen erheblich an (Bild 3). Es zeigt sich an dieser Kostenanalyse erneut, daß Biogasgroßanlagen wirtschaftlicher als Kleinanlagen gebaut und betrieben werden können. Eine Senkung der Fertigungs- und Montagekosten durch eine einfachere Konstruktion ist kaum möglich, wenn nicht die Betriebssicherheit gefährdet und andererseits die Arbeitsschutzbestimmungen eingehalten werden sollen.

Eine ähnliche Tendenz wie bei der Kostenanalyse ergibt sich bei einer Betrachtung des Materialverbrauches für den Bau von Niederdruckgasbehältern. Die notwendigen Stahlmengen je m³ Speicherraum liegen bei kleinen Behältern bedeutend höher. Auch in dieser Hinsicht muß der Bau von Biogasgroßanlagen befürwortet werden.

2.2 Wasserlose Gasbehälter

Als wasserlose Gasbehälter werden bei Gaserzeugungsanlagen vorwiegend Scheibengasbehälter eingesetzt. Eine durch Füh-

rungsrollen waagrecht geführte Scheibe wird bei diesen Behältern entsprechend der Gasmenge und dem Gasdruck auf und ab bewegt. Der gasdichte Abschluß dieser Scheibe gegen die vieleckige Behälterwand wird durch eine Flüssigkeitsdichtung mit wasserfreiem Teer oder Teeröl erreicht. Eine Beheizung der Gasbehälter ist also nicht notwendig.

Trotz des erwähnten Vorteiles durch den Fortfall der bei nassen Behältern notwendigen Becken- und Tassenheizung kann

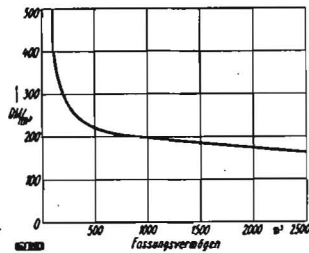


Bild 3. Fertigungs- und Montagekosten je m³ Speicherraum für einhübnge nasse Niederdruckgasbehälter mit verschiedenen Fassungsvermögen

der Einsatz von Scheibengasbehältern für Biogasanlagen nicht befürwortet werden. Scheibengasbehälter bedingen eine größere Aufmerksamkeit bei der Bedienung durch das Hochpumpen der bei der Abdichtung durchsickernden Teermengen aus dem Sammelbehälter in den Verteiler. Der notwendige Stahlverbrauch ist bei Scheibengasbehältern ebenfalls noch zu hoch und im Interesse der Volkswirtschaft bei breiter Anwendung von Biogasanlagen nicht zu vertreten.

2.3 Hochdruckgasbehälter

Seit einigen Jahren haben sich Hochdruckgasbehälter für Gaserzeugungsanlagen durchsetzen können. Diese Hochdruckbehälter arbeiten im allgemeinen mit einem Betriebsdruck von 8 bis 10 atü und besitzen ein Freigasvolumen von 10000 bis 100000 m³. Als spannungsgünstigste Form wird fast ausschließlich die Kugelform von den Herstellerbetrieben gewählt.

Als Vorteil der Hochdruckgasbehälter sind ihre geringen Abmessungen bei relativ hohem Fassungsvermögen zu werten. Außerdem fallen die bei Niederdruckgasbehältern unvermeidlichen beweglichen Teile fort. Nachteilig ist jedoch insbesondere für Biogasanlagen die Notwendigkeit eines entsprechenden Verdichters. Das anfallende Biogas muß durch einen Verdichter von den Faulräumen abgesaugt und in die Kugelhochdruckbehälter gedrückt werden, während andererseits für den Verbrauch des Biogases als Brennstoff eine Druckminderung durch entsprechende Drosselorgane auf 100 bis 500 mm WS nicht zu vermeiden ist. Verdichter und Drosselorgane verlangen im Betrieb eine besondere Wartung, so daß mit dieser Speichermöglichkeit - abgesehen davon, daß außerdem besondere Einrichtungen und verschärfte Sicherheitsvorschriften für verdichtetes Gas vorliegen - für Biogasanlagen nicht gerechnet werden kann.

2.4 Speicherung in Hochdruckflaschen

Bei der Verwendung des anfallenden Biogases als Schlepperkraftstoff liegt eine Speicherung des Gases in den Hochdruckflaschen mit einem Betriebsdruck von 300 bis 350 atü nahe und kann für diesen Verwendungszweck wirtschaftlich benutzt werden. Bei Speicherung des Gases in den Hochdruckspeicherflaschen ist allerdings ein Niederdruckgasbehälter ebenfalls noch notwendig. Bei einer ausschließlichen Verwendung des anfallenden Gases als Brennstoff ist die Speicherung in Hochdruckflaschen und anschließende Entspannung noch unwirtschaftlicher als bei den Kugelhochdruckgasbehältern und muß abgelehnt werden. Dieses Speicherverfahren ist nur bei fast ausschließlichem Verbrauch des Biogases als Kraftstoff für Großanlagen anwendbar.

3 Entwurf eines Biogas-Speichersackes

Die untersuchten Speicherverfahren können im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und betriebswirtschaftliche Belange für Biogasanlagen nicht befriedigend angewendet werden. Allen Verfahren sind neben der bei mangelnder Wartung in Frage gestellten Funktionssicherheit beim Einsatz von Biogasanlagen in landwirtschaftlichen Betrieben relativ hohe Herstellungs- und Montagekosten gemeinsam. Entsprechend den Forderungen, die an die Gasspeicherräume von Biogasanlagen zu stellen sind, wurde in unserem Institut ein neuartiges Speicherorgan für Niederdruckbiogas entworfen, das zur Diskussion gestellt wird.

In Bild 4 ist der entworfene Biogas-Speichersack mit einem Fassungsvermögen von 200 m³ dargestellt. Als neuartiges Bauelement soll zur Speicherung des Biogases ein Gasspeichersack aus doppelt gummiertem Baumwollgewebe Verwendung finden. Um einen annähernd gleichbleibenden Verbraucherenddruck von 100 mm WS zu gewährleisten, wird dieser Gassack mittels einer Dachkonstruktion mit Führungsrollen geführt und durch Gewichte auf der Dachkonstruktion belastet. Ein höherer Druck als 100 mm WS kann aus Gründen der Haltbarkeit des Gewebes nicht erzielt werden. Bei Schutz des Speichersackes vor Witterungseinflüssen wird von den Herstellerbetrieben des Gassackes eine Haltbarkeit des Gewebes bei täglich einmaligem Hochfahren ohne besondere Pflegemaßnahmen von etwa 6 Jahren garantiert. Danach muß der Gassack mit einem neuen Gummischutzanstrich versehen werden.

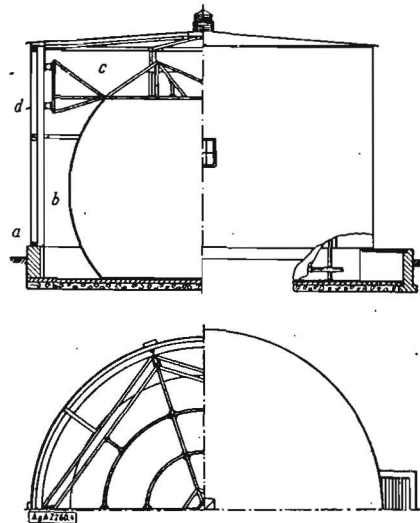


Bild 4. Entwurf eines Biogas-Speichersackes mit 200 m³ Fassungsvermögen
a Fundament mit Führungsgerippe, b Speichersack, c Dachkonstruktion, d Verschalung

Die Befestigung des Gassackes kann durch Lederriemen an der Dachkonstruktion und an den im Fundamentboden eingelassenen Ösen schnell und leicht erfolgen. Zum Schutz des gummierten Baumwollgewebes ist der Speichersack mit dünnwandigen Eternitplatten verschalt.

Bei der Konstruktion des Speichersackes wurden die einschlägigen Sicherheitsvorschriften sinngemäß angewendet [3]. Auf Grund der erfolgten Konstruktion eines Speichersackes für 200 m³ Biogas kann mit einer beträchtlichen Einsparung an wertvollen Stahlblechen bei gleichzeitiger bedeutender Kostensenkung entsprechend dem Fassungsvermögen gerechnet werden.

Literatur

- [1] Rosegger: Energetische Fragen bei der biologischen Gaserzeugung in der Landwirtschaft. - Agrartechnik (1955) H. 10, S. 388 bis 393.
- [2] Fermentation Pétrolique in Cahier Français d'Information, Paris (1949) August.
- [3] Niederdruckgasbehälter, Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb. TGL 31355: 1, Ministerium für Schwerindustrie. A 2280