

~ 5:1 gekühlt und das erwärmte Kühlwasser in den Kühlwasserspeicher wieder zurückgeleitet (s. Bild 14), dessen Inhalt sich dadurch entsprechend erwärmt und die Temperatur der gekühlten Milch im Laufe des Kühlprozesses in Abhängigkeit von der Zeit linear ansteigen läßt. Vom Nutzinhalt des Kühlwasserspeichers im Verhältnis zur Leistung des Flächenkühlers ist die Steigung der Temperaturgeraden  $t_{M_2}$  und die erreichbare Temperatur der Mischmilch nach dem Kühlprozeß abhängig. Diese wird bei Verwendung des Rührwerks im Speicher, zweistündigem Betrieb – hier also Kühlung von ~ 1700 l Milch über einen 1000-l-Flächenkühler – und einer Anfangstemperatur der gekühlten Milch von + 5° C bei etwa + 12° C liegen. Hierzu wäre dann noch ~ 1° C zu rechnen, dessen Ursache im Wärmeinhalt der Tankhülle usw. liegt. Wird andererseits die Wasserschichtung im Kühlwasserspeicher ausgenutzt, d. h. während des Kühlprozesses das Rührwerk abgeschaltet und das zulaufende erwärmte Kühlwasser möglichst sorgfältig auf den Nutzinhalt des Kühlwasserspeichers aufgeschichtet, so sind unter sonst gleichen Bedingungen Temperaturen der Mischmilch von etwa + 10° C erzielbar, d. h. der Neigungswinkel der  $t_{M_2}$ -Geraden wird verringert. Eine mit Eisspeicherung und die Verdampferschlange durchgeführte Meßreihe zeigte mit eingeschaltetem Rührwerk einen weiter verkleinerten Neigungswinkel der  $t_{M_2}$ -Linie, so daß unter gleichen Bedingungen Temperaturen der Mischmilch von + 8,5° C zu erwarten sind. In diesem Falle ergab der Betrieb ohne Rührwerk Neigungswinkel der  $t_{M_2}$ -Linie wie bei Wasserkühlung mit Rührwerk ohne Eisspeicherung.

Aus dem Kurvenablauf ist weiterhin zu ersehen, daß zu Beginn des Kühlprozesses zwischen der Temperatur des Kühlwassers am Eintritt in den Flächenkühler und der Austrittstemperatur der gekühlten Milch ein Temperatursprung von ~ 3° C besteht, der nach 10 bis 20 min auf ~ 1,5° C zurückgeht und dann etwa konstant bleibt.

Die Meßreihen empfehlen, daß bei einem einstufigen Kühlprozeß und unter sonst normalen Bedingungen

1. der Kühlwasserspeicher für den Endausbau einer Anlage etwa den zweifachen Nutzinhalt im Verhältnis zur zu kühlenden Milchmenge erhalten und seine Gestaltung einer guten Wasserschichtung entgegenkommen soll;
2. während des Kühlprozesses das Rührwerk bei Wasserkühlung abgeschaltet, bei Wasserkühlung mit Eisspeicherung möglichst eingeschaltet werden sollte;
3. eine Kühlwasserumwälzpumpe mit etwa der zwei- bis dreifachen Leistung gegenüber der stündlich zu kühlenden Milchmenge genügt.

Prof. Dr. agr. S. ROSEGGER, Potsdam-Bornim

## Der Entwicklungsstand von Biogasanlagen und Perspektiven für die landwirtschaftliche Praxis<sup>1)</sup>

### 1. Einleitung

Mit der Errichtung neuer landwirtschaftlicher Großbetriebe treten die Probleme der Mechanisierung der Hof-, Stall- und Vorratswirtschaft immer mehr in den Vordergrund des Interesses. Während ein Großteil der Feldarbeiten durch die Entwicklung neuer und moderner Maschinen bereits wirtschaftlich mechanisiert werden konnte, wandte man sich den Fragen der Mechanisierung der Hof-, Stall- und Vorratswirtschaft erst in den letzten Jahren verstärkt zu.

In diesem Arbeitsbereich der landwirtschaftlichen Produktion nehmen die Arbeiten in der Stallmistwirtschaft einen großen Raum ein. Während die Schwemmentmistung als praxisreif bezeichnet werden kann, ist es noch nicht gelungen, ein in jeder

Die Entwicklung der Milchkühlanlagen in der Landwirtschaft bedarf weiterer Untersuchungen, insbesondere im Hinblick auf die Frage der Ausnutzung der Eisspeicherung oder der Kombination von Eiswasser und normalem Brunnenwasser. So ließe es sich durchaus denken, daß der Kühlprozeß zu Beginn mit dem gespeicherten Kühlwasser vorgenommen wird und nach Erreichen einer bestimmten Wassertemperatur im Speicher automatisch auf Brunnenwasserkühlung umschaltet, das dann für andere Zwecke genutzt werden könnte.

Zusammengefaßt kann gesagt werden, daß die Milchkühlanlage im zentralen Milchhaus der LPG Brehna ihre Bewährungsprobe bestanden hat und im Produktionsprozeß genutzt wird. Sie gibt die Möglichkeit, nach Belieben und gegebenen äußeren Bedingungen Mittag-, Abend- und Morgenmilch zu kühlen oder gekühlt zu mischen.

Über weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Milchgewinnung in den Ställen, ihrer Behandlung im zentralen Milchhaus der LPG Brehna und den Reinigungsfragen sei später berichtet.

### Literatur

- [2] SCHULZ, M. E.: Molkereilexikon, 3. Auflage, S. 635.
- [3] SEELEMANN / WEGENER: Beeinflussung der Milch durch Desinfektionsmittel. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 8 (1956) H. 4, S. 381.
- [4] THIEME / FINZEL: Vorschläge zur Normung und Vergütung der Arbeit in der Viehwirtschaft in VEG und LPG. Die Deutsche Landwirtschaft H. 8 (1957) S. 369.
- [5] Milk Dealer, Milwaukee, 45 (1956) 8, S. 184. Farm bulk milk tank cooling expanding fast.
- [6] PERSONS, Merton S.: Milk cans versus bulk tanks. Agric. Situation, Washington 39 (1955) 10, S. 14.
- [7] LANGE, H.: Die Kühlung der Milch beim Erzeuger. Deutsche Agrartechnik 7 (1957) H. 5, S. 197, oder Deutsche Milchwirtschaft 4 (1957) H. 7, S. 145.
- [8] WÄLZHOLZ: Rationelle Energiewirtschaft in Molkereien. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte H. 2 (1955) S. 173. A 2890

### Anmerkung der Redaktion

Die ökonomischen Überlegungen des Autors über den Anteil der milchwirtschaftlichen Entwicklung und der Kühlung an den gesamten Erzeugungskosten je Liter Milch sind ohne Zweifel sehr interessant. Der Leser fragt nun allerdings, wie hoch die gesamten Erzeugungskosten absolut liegen. Erst bei Kenntnis dieser Werte kann er nämlich übersehen, ob die im Beispiel dargestellte milchwirtschaftliche Einrichtung wirtschaftlich vertretbar ist bzw. ob beispielsweise seine LPG sich diesen Aufwand leisten kann. Eine solche Untersuchung würde den Rahmen des Themas sprengen, das der Autor behandelte, sie sollte aber trotzdem recht bald durchgeführt werden – gleichviel von welcher Stelle –, um klare Verhältnisse zu schaffen.

Hinsicht bewährtes und empfehlenswertes Biogasverfahren in der landwirtschaftlichen Praxis anzuwenden. In fast allen europäischen Ländern wird an diesem Problem geforscht. Auch in den Staaten des sozialistischen Lagers wird seit etwa zwei Jahren verstärkt an der Entwicklung von Anlagen zur biologischen Gasgewinnung gearbeitet. Erkennlich wird diese Arbeit dadurch, daß in der Sowjetunion, der Tschechoslowakischen Republik und in der Volksrepublik Ungarn Versuchsanlagen gebaut wurden. Polen bekundete ebenfalls mehrfach sein Interesse an der Entwicklung von Biogasanlagen.

In den westeuropäischen Staaten, vor allem in Westdeutschland, wo die Entwicklung von Biogasanlagen für die Landwirtschaft ursprünglich aufgegriffen wurde, scheint die Entwicklung vorläufig zu einem gewissen Abschluß gekommen zu sein. Die mittelbäuerliche Betriebsstruktur und die günstige Energielage dieser Länder setzen der Einführung solcher An-

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten am 18. und 19. September 1956 auf der wissenschaftlichen Jahrestagung des Institutes für Landtechnik, Potsdam-Bornim, der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin.

lagen in diesen Betrieben auf breiterer Grundlage aus Gründen der Wirtschaftlichkeit gewisse Grenzen, während eine Reihe von Anlagen auf Großbetrieben errichtet wurden und mit befriedigenden Ergebnissen arbeiten.

In der Deutschen Demokratischen Republik befassen sich mehrere wissenschaftliche Institute ebenfalls mit der Erforschung der Zusammenhänge der biologischen Gasgewinnung in der Landwirtschaft und der Entwicklung solcher Anlagen für die landwirtschaftliche Praxis. Ohne Zweifel wurden große Fortschritte erzielt; es ist jedoch bisher nicht gelungen, die Versuchsanlagen zu praxisreifen Anlagen umzugestalten.

Die intensive Forschungsarbeit auf diesem Gebiet führte zum Bau verschiedener Versuchsanlagen, die allerdings nicht über einen bestimmten technischen Stand hinaus entwickelt werden können. Diese Anlagen sind vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit aus für die landwirtschaftliche Praxis nicht vertretbar. Die daraus gewonnenen neuen wissenschaftlichen

Humuswirtschaft – in der sich stets erneuernden Energie durch das Pflanzenwachstum. Genauso abwegig wie der soeben widerlegte Einwand wäre die Meinung, durch die Biogasanlagen den Energiebedarf nicht nur für die Landwirtschaft decken zu können, sondern darüber hinaus auch noch für die übrige Volkswirtschaft Energie zu liefern.

Großbritannien rechnet für das Jahr 1965 mit einem Steinkohlenbedarf von 230 bis 260 Mill. t. Entsprechend den voraussichtlichen Fördermöglichkeiten ergibt sich ein jährlicher Fehlbetrag in Höhe von 20 bis 30 Mill. t Steinkohle. Wollte man diese fehlende Energiemenge durch Biogas abdecken, müßte man jährlich rund 26 bis 37 Md. Nm<sup>3</sup> (Normkubikmeter) nutzbares Biogas erzeugen. Bedenkt man, daß Großbritannien 9729000 ha LN und einen Viehbesitz von 7950000 GV besitzt [2], das heißt, unter Ausnutzung der gesamten Stallmist-erzeugung zur Biogasgewinnung maximal nur 3,86 Md. Nm<sup>3</sup> Nutzbogas erzeugen kann, dann wird erkennbar, wie not-

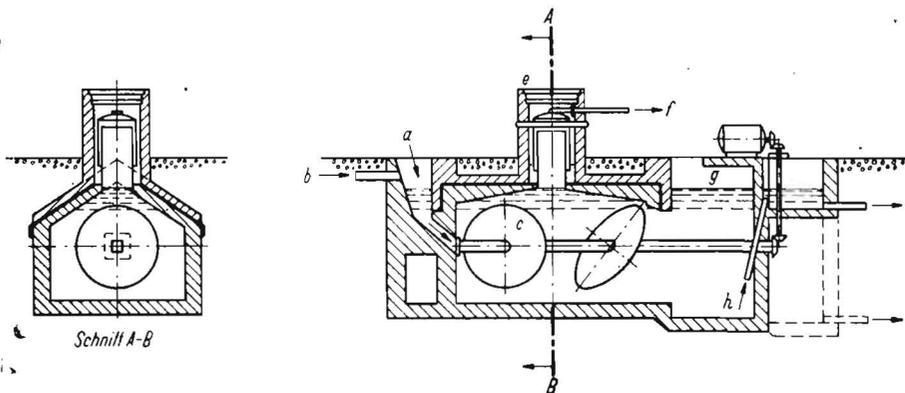


Bild 1. Schema einer Biogasanlage nach dem System „Darmstadt“  
*a* Öffnung für Stallmisteinschub, *b* Jauchezuleitung, *c* Rührtrichter, *d* Gasdom, *e* Gasleitung zum Niederdruckgasbehälter, *f* Gasentnahmeföffnung für ausgefaulten Stallmist, *g* Verbindungsrohrleitung für Jauche und Faulwasser zwischen Faulraum und Jaucheüberlauf, *h* Leitung zur Jauchegrube für ablaufendes Faulwasser und ablaufende Jauche

Erkenntnisse bedingen den Bau einer Großanlage, die unter den Verhältnissen der Praxis arbeiten soll.

Nach wie vor stehen die energetischen Fragen im Vordergrund des Interesses. Erst durch die Senkung des Eigenenergiebedarfs der Anlagen und die Gewähr einer sicheren Verwendung der erzeugten Nutzgase wird es möglich sein, die Wirtschaftlichkeit von Anlagen zur biologischen Gasgewinnung in der Landwirtschaft überzeugend zu beweisen.

So notwendig dieser Nachweis für die Einführung von Biogasanlagen in die landwirtschaftliche Praxis ist, darf keineswegs übersehen werden, daß die biologischen und betriebswirtschaftlichen Fragen für die zukünftige Entwicklung weitaus wichtiger sind. Eine unmittelbare Zusammenarbeit zwischen Biologen, Betriebswirtschaftlern und Technikern muß für die Zukunft gefordert werden, um einerseits den technischen Fortschritt bei der Entwicklung von Biogasanlagen durch die biologische und betriebswirtschaftliche Forschung berücksichtigen zu können und um andererseits den Technikern aus den biologischen Erkenntnissen die Entwicklungsrichtung aufzuzeigen.

Vielfach wird der Einwand erhoben, daß durch die neuere Entwicklung in der Energiewirtschaft – vor allem durch die Anwendung der Atomkraft – in absehbarer Zeit überaus billige Energie in genügendem Maße zur Verfügung stehen wird und sich aus diesem Grund die Forschungsarbeit an Biogasanlagen nicht lohne. Solche Einwände können nur in völliger Verkennung der Lage gemacht werden. Nach MÜNZINGER [1] ist für die nächsten Jahrzehnte nicht damit zu rechnen, daß Atomenergie billiger als Energie aus Braunkohlevorkommen erzeugt werden kann. Es wird außerdem stets notwendig sein, neben Atomkraftwerken, die als Grundlastkraftwerke arbeiten werden, Spitzenkraftwerke mit fossilen Brennstoffen zu betreiben. Die große Bedeutung der biologischen Gasgewinnung liegt – abgesehen von den Vorteilen der lückenlosen Mechanisierung der Stallmistwirtschaft und der Verbesserung der

wenig für die Energiewirtschaft eines Landes die Entwicklung von Atomkraftwerken trotz der höheren Erzeugungskosten je Energieeinheit ist.

Wenn an dieser Stelle zu den Fragen der Humuswirtschaft in Verbindung mit Biogasanlagen keine Stellung genommen wird, so deshalb, um Berufenen, die an diesen Problemen seit längerer Zeit arbeiten, das Wort hierzu zu überlassen. Unsere Forschungsarbeiten über Biogasgewinnung beziehen sich naturgemäß mehr auf technische Probleme.

## 2. Der Erkenntnisstand bisheriger Verfahren zur biologischen Gaserzeugung in der Landwirtschaft

Aufbauend auf die ersten erfolgreichen Versuche zur biologischen Gasgewinnung in Südfrankreich und Nordafrika haben sich mehrere deutsche Wissenschaftler und Techniker der Konstruktion und Projektierung dieser Anlagen für die Landwirtschaft zugewandt. Als Ergebnis der Arbeiten kennen wir heute im wesentlichen vier verschiedene Verfahren der Biogasgewinnung:

1. Verfahren nach SCHMIDT-EGGERSGLÜSS;
2. Gärkanalverfahren (System Darmstadt);
3. das aus Frankreich bekannte Verfahren MASSAUX;
4. Verfahren nach LIEBMANN zur Ausfäulung von Mist bei natürlichem Feuchtigkeitsgehalt.

### Verfahren Schmidt-Eggersgluß

Das Verfahren SCHMIDT-EGGERSGLÜSS hat sich bisher in der landwirtschaftlichen Praxis am besten bewährt. Fast sämtliche Großanlagen Westdeutschlands arbeiten mit Erfolg nach diesem Prinzip. Dagegen sind Kleinanlagen nach diesem Verfahren weniger bekannt. Das Verfahren arbeitet auf der Grundlage der Verflüssigung des Stallmistes. Die Zerstörung der Schwimmdecken erfolgt mit dem von der Defu entwickelten Spülkopf. Mit dieser zur Zerstörung von Schwimmdecken äußerst wirkungsvollen Vorrichtung ist es möglich, die Faul-

raumbelastungen bis zu 4,5 kg org. Masse/m<sup>3</sup> Faulraum und Tag vorzunehmen. Es wird angegeben, daß bei 30% Abbau der organischen Substanz durch mesophile Faulung (30 bis 32° C) folgende Gasleistungen bei den einzelnen Faulraumbelastungen erreicht werden:

B = organische Masse/m <sup>3</sup> Faulraum/Tag [kg]	Gasleistung Biogas/m <sup>3</sup> Faulraum/Tag [Nm <sup>3</sup> ]
1	0,27
2	0,50
3	0,82
4	1,09
5	1,36

Der Wärmeaufwand als Eigenbedarf der Biogasanlage ist nach dem Verfahren SCHMIDT-EGGERSGLÜSS leider nicht immer genau angegeben. Eine rechnerische Ermittlung der Wärmeverluste konnten wir von diesen Anlagen nicht durchführen, weil uns die isolierenden Wanddicken der Behälter unbekannt sind. Durch die Art der technologischen Verarbeitung der abzubauenen organischen Substanz in Verbindung mit einer Schwemmentmistanlage bietet das Verfahren günstige Voraussetzungen für die Mechanisierung der Stallmistkette. Die betriebs- und arbeitswirtschaftlichen Vorteile, die sich daraus ergeben, sind augenscheinlich. Das Verfahren wirkt sich auf den Boden humusmehrend und stickstoffhaltend aus. Die Anlagen nach diesem Verfahren sind vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit aus nur als größere Anlagen vertretbar und weniger geeignet für Kleinbetriebe.

#### Gärkanalverfahren

Das bekannteste Verfahren nach dem Gärkanalprinzip ist das von REINHOLD entwickelte System „Darmstadt“. Die am weitesten entwickelte Anlage dieser Art ist die des Bauern BERTALOTH in Rohrbach bei Darmstadt.

Mit dieser Anlage wurden folgende Ergebnisse erzielt: Bei einer Faulraumbelastung von  $B = 3,0$  kg org. Masse/m<sup>3</sup> Faulraum und Tag hat sich eine Gasleistung von 0,56 Nm<sup>3</sup> Biogas/m<sup>3</sup> Faulraum und Tag bei einer Faultemperatur von 25° C ergeben. Im Vergleich zu den Angaben nach SCHMIDT-EGGERSGLÜSS erzielt dieses Verfahren eine geringere Gasleistung durch die Zerstörung der Schwimmdücke mit einem mechanischen Rührwerk.

Bei den Kleinanlagen nach dem System Darmstadt (Bild 1) besitzt der Gärkanal in allen uns bekannten Fällen quadratischen oder rechteckigen Querschnitt. Wahrscheinlich wurde dieser Querschnitt aus der Überlegung heraus gewählt, daß die Schalung gerader Betonwände wesentlich billiger auszuführen ist als eine liegende Ringschalung. Die Verwendung eines rechteckigen oder quadratischen Querschnittes für den Gärkanal ist aber nur für den Fall gerechtfertigt, daß keine Fertigbetonteile – etwa in der Form von wärmedämmten Schleusenringen – verwendet werden können.

In Bild 2 haben wir die Oberflächen von Gärkanälen mit quadratischem und rundem Querschnitt bei gleichen Volumina gegeneinander vergleichsweise dargestellt. Es ist deutlich erkennbar, daß besonders mit wachsendem Volumen und größeren Längen das Verhältnis Oberfläche: Volumen günstiger wird. Damit ergibt sich nach der bekannten Beziehung für den Wärmedurchgang ( $Q = K \cdot F \cdot \Delta t \cdot Z$ ) durch die kleinere Oberfläche bei rundem Querschnitt ein geringerer Wärme-

durchgang gegenüber Gärkanälen mit rechteckigem oder quadratischem Querschnitt. Die durch diese Maßnahme erwirkte Verringerung des Wärmedurchganges liegt entsprechend den zum Vergleich herangezogenen Werten für das Gärkanalvolumen und die Länge des Gärkanals zwischen 3,60 bis 10,18%. Für den praktischen Betrieb bedeutet das unter sonst gleichen Bedingungen eine entsprechende Verringerung der unvermeidlichen Wärmeverluste.

In der Tschechoslowakischen Republik hat man mit einer neuen Anordnung (Bild 3) versucht, den Eigenwärmeaufwand dadurch zu senken, daß nur der Mist in den Gärkanal eingebracht wird. Es entfällt daher die sonst notwendige Aufheizung der Jauche und des Schmutzwassers. Der Mist wird aus dem Stall mit einer Kettenkratzer-Entmistungsanlage auf Wagen

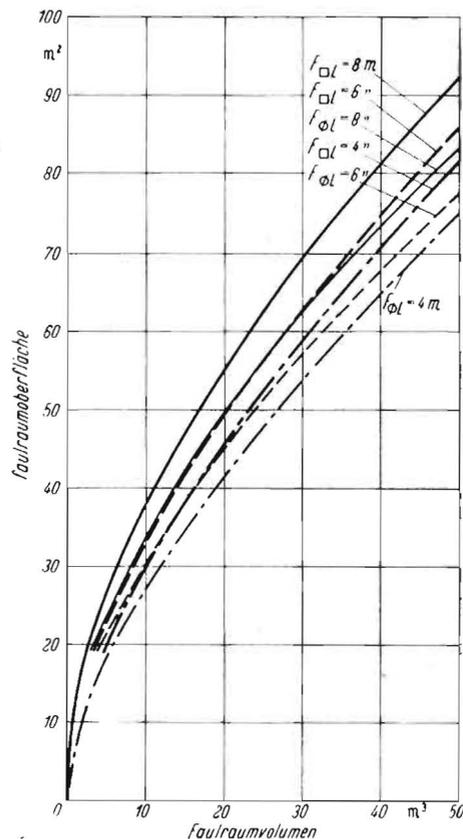


Bild 2. Vergleich der Oberflächen von Faulräumen mit quadratischem und rundem Querschnitt

transportiert. Diese Wagen werden zur etwas abseits gelegenen Biogasanlage gefahren und über eine Schleuse zur Sohle des Gärkanals abgesenkt. Über die Zeit der Faulung wird dieser Wagen mit Mist langsam durch den unter Terrain liegenden Faulraum gezogen. Nach Ausfäulung wird dieser Wagen ebenfalls über eine Schleuse wieder herausgehoben und zur Stapelmistplatte gefahren. Die Entladung des Wagens an der Dunglege erfolgt mit einem Kran. Die Stapelung und Verteilung auf dem Feld erfolgen in der Art und Weise, wie sie für Betriebe ohne Schwemmentmistung und Biogasanlage üblich ist. Zweifelsfrei wird es durch diese Anordnung gelingen, den Energieeigenbedarf der Anlage wesentlich zu senken. Allerdings ist

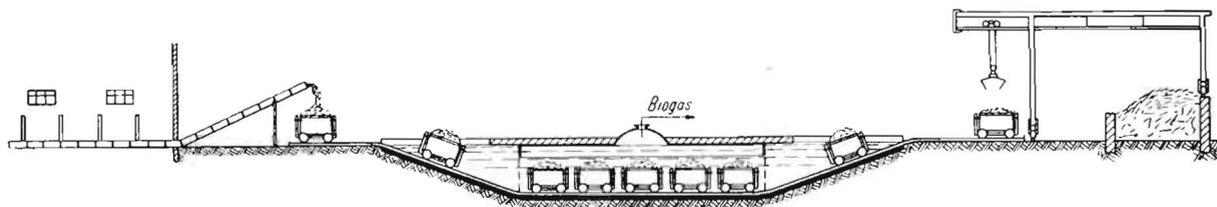


Bild 3. Biogasgroßanlage nach dem Gärkanalprinzip

noch nicht abzusehen, inwieweit eine Nachfüllung der Gärflüssigkeit erforderlich wird, um den für die Vergärung optimalen Stickstoffgehalt von rund 1000 mg/l nicht zu überschreiten. Die benötigten Faulraumvolumina werden ebenfalls durch dieses Verfahren gesenkt. Wir können uns trotzdem mit diesem Vorschlag nicht voll einverstanden erklären, weil die arbeitswirtschaftlichen Vorteile der Biogasanlage hierdurch nicht gewährleistet sind, denn durch die Entmistung mit der Kratzerkette und den Transport der Wagen können erhebliche Störungen auftreten. Das Einfrieren der Kratzerkette und eine starke Abkühlung des zu transportierenden Mistes dürften nur durch besondere Mittel und Maßnahmen, die sich erhöhend auf die Baukosten auswirken, zu vermeiden sein. Arbeitswirtschaftlich ergeben sich weiter nach diesem Verfahren große Nachteile, weil die übliche Stallmiststapelung und -ausbringung auf das Feld mit Stallmiststreuern beibehalten wird.

#### Verfahren Massaux

Dieses Verfahren hat bisher in Deutschland vorwiegend aus zwei Gründen keinen Eingang gefunden:

1. Die Wärmehaltung der Faulräume ist unter unseren klimatischen Bedingungen ungenügend. Selbst bei zusätzlicher Isolierung der Faulraumwände ergeben sich schlechte Wärmebilanzen, weil die wärmeabgebende Oberfläche im Verhältnis zum Faulraumvolumen gegenüber den anderen Verfahren äußerst ungünstig ist.

2. Der Arbeitsaufwand zur Beschickung und Entleerung dieser Anlagen ist auf manueller Grundlage nicht vertretbar, und auf mechanischem Weg sind die Kosten zu hoch. Das Verfahren konnte sich daher nicht durchsetzen.

#### Verfahren Liebmann

Bei diesem von LIEBMANN, STRELL und GÖTZ entwickelten Verfahren werden die organischen Stoffe bei ihrem natürlichen Feuchtigkeitsgehalt abgebaut. Der Stallmist durchwandert in etwa 30 Tagen einen über Terrain stehenden Faulraum von oben nach unten. Die Entnahme des ausgefaulten Mistes erfolgt durch eine Transportschnecke. Eine Beheizung des Faulraumes ist möglich. Die sich am Boden des Faulraumes sammelnde Flüssigkeit wird außerhalb erwärmt und durchrieselt den in der Gärung befindlichen Stallmist des Faulraumes.

Wie beim Verfahren MASSAUX befriedigt die Wärmehaltung der Faulräume aus den erwähnten Gründen nicht vollkommen. Gewisse Schwierigkeiten entstehen bei diesen Anlagen durch den notwendigen gasdichten Verschluss der Beschickungsöffnung. Dieses Verfahren konnte bisher für die landwirtschaftliche Praxis keine Bedeutung gewinnen. Es bleibt abzuwarten, in welchem Maß die Forschungsarbeiten an diesem Verfahren zu Verbesserungen führen, die es ermöglichen, auf neuen Grundlagen Produktionsanlagen zu konstruieren.

### 3. Erkenntnisse aus neuen Versuchsanlagen

In der Deutschen Demokratischen Republik wurde erstmalig von KERTSCHER der Biogasedanke aufgegriffen [3]. Ihm gebührt das Verdienst, die erste Versuchsanlage in Freienbessingen errichtet zu haben. Wenn auch diese Anlage nicht allen Erwartungen entsprach, so konnten doch wertvolle Erfahrungen zum Bau weiterer Biogasanlagen gesammelt werden.

An der Technischen Hochschule Dresden wurde im Jahre 1954 ebenfalls eine Anlage zur biologischen Gasgewinnung errichtet. Innerhalb des Vergleichs verschiedener Verfahren zur Gewinnung von Biogas haben wir unter anderem verschiedene Mittel zur Zerstörung von Schwimmdecken untersucht. Die Vergleichsuntersuchungen zeigten, daß das Verfahren von SCHMIDT-EGGERSGLÜSS, die Schwimmdecke im Faulraum durch einen Spülkopf zu zerstören, außerordentlich wirkungsvoll ist [4]. Wir konnten unter Verwendung eines Spülkopfes nach SCHMIDT-EGGERSGLÜSS Versuche mit Faul-

raumbelastungen bis zu etwa 4,2 kg org. Masse/m<sup>3</sup> Faulraum und Tag durchführen bei einer Gaserzeugung in Höhe von 1,18 m<sup>3</sup> Biogas/m<sup>3</sup> Faulraum und Tag bei 24% Abbau der organischen Masse.

Als in der Bedienung wesentlich einfacher und sicherer zeigte sich jedoch das Verfahren der „Pacific Flush Tank Company“ und das Verfahren der Druckvergärung mit zeitweiliger Entspannung [5]. Allerdings war es nicht möglich, mit hohen Faulraumbelastungen wie beim Verfahren SCHMIDT-EGGERSGLÜSS zu arbeiten. Die Wirksamkeit der beiden genannten Verfahren ist nur bei Faulraumbelastungen bis zu maximal etwa 2,5 kg org. Masse/m<sup>3</sup> Faulraum und Tag gewährleistet. Es ist jedoch zu empfehlen, nicht mit diesen hohen Belastungen zu arbeiten, sondern die Faulraumbelastung auf etwa 2,0 kg org. Masse/m<sup>3</sup> Faulraum und Tag zu beschränken. Die Gaserzeugung entspricht etwa den Werten, wie sie beim Verfahren SCHMIDT-EGGERSGLÜSS unter entsprechenden Verhältnissen erzielt werden. Es bleibt abzuwarten, ob es gelingt, durch die neuen Methoden und Anordnungen die Wirksamkeit der beschriebenen Mittel zur Zerstörung der Schwimmdecken weiter zu verbessern bei gleichzeitiger Erhöhung der Gasaus-

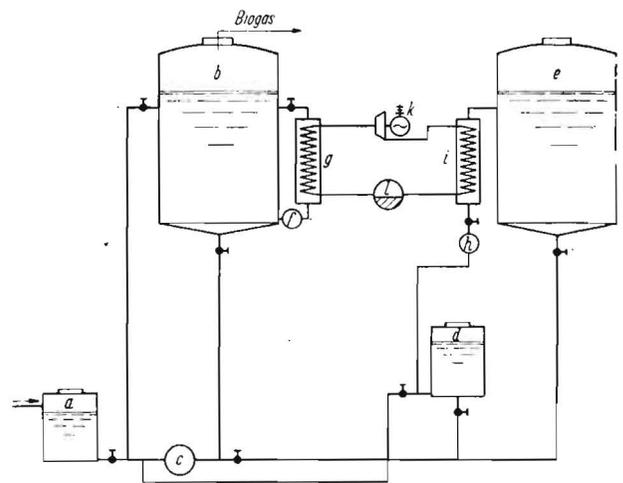


Bild 4. Schema einer Wärmepumpe für Biogasanlagen. a Mischgrube, b Faulraum, c Zentralpumpe, d Zwischenbehälter, e Düngeschlamm, i Umlaufpumpe, g Verflüssiger, h Umlaufpumpe, i Verdampfer, k Kältemittelverdichter, l Kältemittelbehälter

beute. Auf Grund der aus den vorgenommenen Versuchen gemachten Erfahrungen kann abschließend ein besonderes Verfahren nicht empfohlen werden. Es ist weiterhin notwendig, von Fall zu Fall entsprechend den gegebenen Verhältnissen das günstigste Verfahren durch einen kritischen Vergleich aller Möglichkeiten zu ermitteln und anzuwenden.

Beim Betrieb der Biogasanlage der Technischen Hochschule Dresden ergab sich, daß die Flüssigkeitsstandkontrolle eines Faulraumes nicht sicher genug arbeitete. Durch eine Verstopfung des Meßrohres durch die Schwimmdecke kam es zur Absprengung der Behälterdecke eines Faulraumes, da selbst armerter Beton dem Pumpendruck von etwa 5 m WS nicht standhalten kann.

Für das Projekt einer neuen Versuchsanlage haben wir aus diesen Erfahrungen heraus Sollbruchstellen in der Faulraumwand unterhalb der Schwimmdecke oder ähnliche Sicherheitsmaßnahmen vorgesehen. Bei einer unzulässigen Erhöhung des Druckes gegen die Faulraumdecke wird die Sollbruchstelle durchgeschlagen. Der Schaden kann auf diese Weise relativ schnell durch das Einsetzen eines neuen Sollbruchverschlusses behoben werden.

#### Prinzip der Wärmepumpe

An der neu zu errichtenden Biogasanlage in Bornim wird zur Beheizung der Faulräume erstmalig das Prinzip der Wärmepumpe verwirklicht. In Bild 4 wird das Schema dieser Wärme-

pumpenanlage gezeigt. Bei der täglichen Entnahme des ausgefaulten Schlammes aus dem Faulraum wird diese Schlammmenge nicht direkt – wie es für Biogasanlagen bisher üblich war – in die Düngeschlammstilos übergepumpt, sondern in einem isolierten Zwischenbehälter gelagert. Dieser Zwischenbehälter ist so konstruiert, daß die Speicherwärme der Behälterwandungen relativ niedrig bleibt.

Nach der Neubeschickung der Faulräume sinkt die Temperatur bei den gegebenen Verhältnissen um durchschnittlich 2° C. Die Aufheizung des Faulraumes geschieht jetzt dadurch, daß die Wärme des ausgefaulten Schlammes im Zwischenbehälter über einen Ammoniakkreislauf in den Faulraum übertragen wird. Mit einer Hilfspumpe wird das Faulwasser im isolierten Zwischenbehälter durch einen Wärmetauscher in den Düngeschlammstilo gepumpt. Die Wärme des Faulwassers wird in diesem Wärmetauscher (Verdampfer) an das umlaufende Ammoniak übertragen. Das Ammoniak verdampft bei den gegebenen Temperaturen und wird in einem Kältemittelverdichter komprimiert. Die Entspannung und damit die teilweise Verflüssigung des Ammoniaks erfolgt in einem zweiten Wärmetauscher. Durch diesen zweiten Wärmetauscher (Verflüssiger) erfolgt die Abgabe der Wärme an das Faulwasser des Faulraumes. Das verflüssigte Ammoniak gelangt über einen Sammelbehälter erneut zum Verdampfer.

Der Prozeß des Wärmetausches und damit der Aufheizung des Faulraumes soll im Jahresmittel rund 20 Stunden täglich betragen. Damit werden höhere Jahresausnutzungsfaktoren des Verdichters erzielt. Nach Entnahme der Wärme des Faulwassers im isolierten Zwischenbehälter wird in der Temperatur bereits erniedrigtes Faulwasser in dem Zwischenbehälter zurückgelassen. Mit Hilfe dieser Flüssigkeit kann die im Zwischenbehälter verbliebene Schwimmdecke aufgeführt und ebenfalls in den Düngeschlammstilo gepumpt werden.

An dieser Stelle darf nicht versäumt werden, darauf hinzuweisen, daß wir in der Anwendung der Wärmepumpe ein Mittel sehen, die *thermophile Faulung* wirtschaftlicher als bisher zu gestalten. Nach wie vor kann bei Einsatz der alten Verfahren zur Aufheizung des Frischschlammes und zur Deckung der Wärmeverluste durch Dampf oder Warmwasser usw. die thermophile Faulung aus energetischen Gründen nicht empfohlen werden [6].

Bei Anwendung der Wärmepumpe liegen die Verhältnisse jedoch grundsätzlich günstiger, weil die Wärme des ausgefaulten Schlammes erneut zur Beheizung des Frischschlammes ausgenutzt werden kann.

Die Wärmemenge zur Aufheizung des Frischschlammes als Hauptanteil des Eigenwärmebedarfes einer Biogasanlage kann sowohl für die mesophile als auch für die thermophile Vergärung abzüglich der unvermeidbaren Wärmeverluste durch die Wärmetauscher und Rohrleitungen zurückgewonnen werden. Zur Inbetriebnahme einer thermophilen Biogasanlage wird allerdings mehr Wärme benötigt als für eine mesophil arbeitende Anlage.

Neben der Anwendung des Wärmepumpenprinzips für Biogasanlagen zur Herabsetzung des Eigenenergiebedarfes ist nach anderen Mitteln und Methoden zu suchen.

#### Zu einigen Fragen der Gasspeicherung

Da Biogas vorwiegend als Niederdruckgas in landwirtschaftlichen Betrieben verbraucht wird und daher eine Speicherung in Kugelhochdruckbehältern unwirtschaftlich erscheint, werden bei den zur Anwendung kommenden Verfahren fast ausschließlich nasse Niederdruckgasbehälter zur Speicherung des erzeugten Biogases verwendet. Abgesehen davon, daß die Baukosten solcher Behälter sehr hoch liegen, ergeben sich Nachteile für den Betrieb durch die im Winter notwendige Beheizung des Beckenwassers. Die Erfahrungen in der Kälteperiode im Winter 1955/56 zeigten, daß es nicht möglich ist, die Becken der Gasbehälter ohne besondere Maßnahmen eisfrei zu halten. Die Aufheizung mit Dampf über den Dampf-

erzeuger der Biogasanlage erforderte so hohe Dampfmen gen, daß diese Methode des Aufheizens des Beckenwassers unwirtschaftlich und nicht vertretbar ist.

An der Biogasanlage Freienbessingen versuchte man, durch Salzzusatz den Gefrierpunkt des Beckenwassers zu erniedrigen. Dieser Zusatz genügt aber nur für milde Winter und ist nicht ausreichend für Temperaturen, wie sie in der Kälteperiode des Winters 1955/56 auftraten. Abgesehen davon führt diese Maßnahme zu starken Korrosionserscheinungen an den Stahlblechen der Beckenwand. Eine entsprechende wärmedämmende Isolierung der Becken der Gasbehälter genügt ebenfalls auch nur für milde Winter. Außerdem führt bei nassen Gasbehältern das Faulgas aus städtischen Kläranlagen durch den hohen Kohlendioxidgehalt im Gas schnell eine Korrosion der Stahlbleche des Niederdruckgasbehälters herbei.

Diese Tatsachen führten in unserem Institut in Dresden zur Konstruktion eines neuen Speicherorgans, dem Biogas-

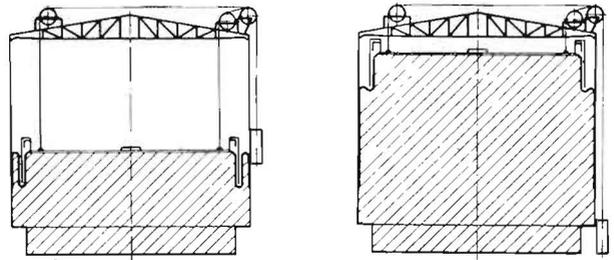


Bild 5. Schema eines WIGGINS-Gasbehälters

Speichersack. Es erscheint möglich, diese Konstruktion bei kleineren Biogasanlagen wirtschaftlich einzusetzen und zu verwenden. Die Bauart läßt allerdings nur eine max. Größe von 200 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen zu [7].

Der Einsatz der aus der Gaswirtschaft bekannten Scheibenbehälter (MAN- und Klönne-Behälter) ist für Biogasanlagen nicht möglich, weil der Pflege und Wartung erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden müssen. Der Einsatz dieser Behälter entspricht nicht unseren Forderungen, möglichst einfache Konstruktionen zu verwenden. Für eine neue Versuchsanlage beabsichtigen wir, als Niederdruckgasbehälter einen Wiggins-Behälter zu verwenden (Bild 5). Die Abdichtung dieses Behälters erfolgt durch eine Gumminiembrane (Seal).

Der Einsatz eines trockenen Gasbehälters gewährleistet nicht nur einen sicheren Winterbetrieb, sondern vermindert auch die starke Korrosion der Stahlbleche des Beckens und der Glocke. Damit lassen sich indirekt die Betriebskosten einer Biogasanlage senken.

Nach den bisherigen Erfahrungen beim Bau von Wiggins-Behältern kann man mit etwa 20% Baukostensparnis gegenüber nassen Gasbehältern rechnen. Auch von dieser Seite aus gesehen dürfte die erstmalige Verwendung eines Wiggins-Behälters für eine Biogasanlage interessant sein.

#### Fragen der Gasverwendung

In einer vorliegenden Arbeit wurde zu Fragen der Gasverwendung im Hinblick auf die Verbrauchsart bereits Stellung genommen [8]. Da sich Biogas mit seinem hohen Heizwert am wirtschaftlichsten als Niederdruckgas verwenden läßt, liegt es nahe, entsprechende Bedarfsträger zu suchen. Als geeigneter Verwendungszweck für die Sommermonate ist die Trocknung von Getreide und Grünmassen auf der Grundlage neuer Trockenverfahren zu nennen. In den Wintermonaten mit geringerem Gasanfall liegt der Verbrauch von Biogas für Heiz- und Kochzwecke, Beheizung von Gewächshäusern und für ähnliche Gebiete nahe.

Die Umwandlung in elektrische Energie über geeignete Gasmaschinen kommt nur unter bestimmten Verhältnissen in Frage, weil der technische Aufwand hierfür sehr groß ist.

Die in Westdeutschland bekannte Form der Verwendung, des Biogases für den Antrieb landwirtschaftlicher Schlepper erfordert zu hohe Anlage- und Betriebskosten. Es kommt bei der Abnahme des Biogases darauf an, daß Bedarfsträger im Betrieb vorhanden sind, die eine der Erzeugung entsprechende kontinuierliche Abnahme sichern.

Bei unseren Versuchen, Stadtgasverbrauchsgeräte mit Biogas zu betreiben, mußten wir immer wieder feststellen, daß ohne Änderung der Brenner und Düsen keine befriedigende Verbrennung des Biogases möglich war. Die Zünd- und Brenngeschwindigkeiten des Biogases sind durch den hohen Inertgasanteil von durchschnittlich 40 % CO<sub>2</sub> zu gering, um bei Verbrennung von Biogas in normalen Stadtgasbrennern eine einwandfreie Verbrennung zu ermöglichen.

Es ist nach dem heutigen Entwicklungsstand notwendig, Stadtgasverbrauchsgeräte handwerklich für Biogas umzubauen. Mit einem Umbau von Gasverbrauchsgeräten ist bei unsachgemäßer Ausführung stets eine Gefahrenquelle vorhanden. Wir arbeiten daher an der Technischen Hochschule Dresden zur Zeit an Methoden zur Verbesserung der Zünd- und Brenngeschwindigkeit von Biogas mit dem Ziel, die Brenneigenschaften von Biogas so zu beeinflussen, daß die Verwendung normaler Stadtgasverbrauchsgeräte ohne Umbau für Biogas möglich wird. Über die Ergebnisse werden wir demnächst berichten.

#### 4. Einfluß der landwirtschaftlichen Betriebsstruktur auf die Entwicklung von Anlagen

Es wird oftmals die Meinung vertreten, daß das Hauptaugenmerk der Entwicklung von Biogasanlagen auf die weitere Erforschung der Verhältnisse von Kleinanlagen zu richten sei. Begründet wird diese Meinung damit, daß in den westeuropäischen Ländern die landwirtschaftliche Betriebsstruktur die Errichtung von Großanlagen, beispielsweise nach dem Prinzip SCHMIDT-EGGERSGLÜSS, nicht rechtfertigt. Aber auch die gegenteilige Meinung, daß besonders die Entwicklung von Großanlagen vorangetrieben werden muß, ist bekannt. Die Vertreter dieser Ansicht stützen sich dabei auf die Entwicklung der landwirtschaftlichen Betriebe in den westeuropäischen Ländern. Ohne die Bedeutung der kleinbäuerlichen Betriebe vom Standpunkt ihrer Produktionsleistung für die Volkswirtschaft zu unterschätzen, ist das Streben nach größeren Betriebseinheiten klar erkennbar. Da es in der Mechanisierung kein Zurück gibt, wird die Landtechnik selbst nicht unwesentlich zu einer Strukturveränderung beitragen [9].

Wir haben – um auch die westeuropäischen Belange in unsere Betrachtung einzubeziehen – die Betriebsgrößenveränderungen der letzten Jahre untersucht. Die Entwicklung der Landwirtschaft in Dänemark zeigt, daß in den Jahren 1936 bis 1950 die Zahl der Betriebe mit einem Grundbesitz von 1 bis 5 ha ständig zurückgegangen ist, während die Betriebe mit 5 bis 10 und 10 bis 20 ha in der Zahl zunahm. Die Zahl der Betriebe mit 20 bis 50 und 50 bis 120 ha ist praktisch über den Untersuchungszeitraum konstant geblieben. Lediglich bei Betrieben mit mehr als 120 ha hat sich die Anzahl etwas erhöht [10].

Für Schweden zeigt sich ein ähnliches Bild. Auch hier nahm die Zahl der Betriebe mit 1 bis 5 ha Grundbesitz in der Zeit von 1927 bis 1950 ab. Im Gegensatz zu Dänemark, wo die Betriebe mit 5 bis 20 ha zahlenmäßig zunahm, ist für Schweden festzustellen, daß sich die Erhöhung in der Anzahl der Betriebe von 5 bis 50 ha Grundbesitz auswirkt. Die größeren Betriebe sind unverändert geblieben [11]. Besonders interessant war die Untersuchung für Westdeutschland. Abgesehen von geringen Schwankungen hat sich die Anzahl der Betriebe in den jeweiligen Größengruppen kaum nennenswert verändert [12].

Auf Grund der Entwicklung in den volksdemokratischen Ländern, über die keine genauen Zahlen vorliegen, glauben wir, daß sich durch den weiteren Aufbau landwirtschaftlicher Produktionsgenossenschaften grundlegend andere Verhältnisse

gegenüber den untersuchten westeuropäischen Ländern ergeben. Da diese Länder nach dem allgemeinen Aufbau ihrer Volkswirtschaft nicht über genügend im eigenen Lande vorhandene Energie verfügen, wird sich zweifellos der Biogasedanke schneller durchsetzen als in den westeuropäischen Ländern.

Das Programm für das ländliche Bauwesen der nächsten Jahre in der Deutschen Demokratischen Republik sieht den Bau größerer Stalleinheiten mit 60 bis 90 GV vor. Die Voraussetzungen für die Einführung von Anlagen sind folglich in der west- und osteuropäischen Landwirtschaft sehr verschieden.

Am Beispiel Dänemarks kann gezeigt werden, daß kleine Betriebsgrößen für die allgemeine Einführung von Biogasanlagen in die landwirtschaftliche Praxis nicht geeignet sind. In Dänemark wurden bisher 3 Biogasanlagen gebaut. In Lundförland wurde eine Biogasanlage mit 15 m<sup>3</sup> Faulraum nach dem System „Darmstadt“ errichtet. Diese Anlage kam jedoch nie in Betrieb. In Vaalse (Falster) wurde eine Biogasanlage nach dem Prinzip SCHMIDT-EGGERSGLÜSS mit 9 m<sup>3</sup> Faulraum im Jahre 1952 geschaffen. Diese Anlage arbeitet auch heute noch, allerdings nicht voll befriedigend. Die Anlage, die in Odense 1955 mit 15 m<sup>3</sup> Faulraum gebaut wurde, wurde kürzlich wieder demontiert, weil die Ergebnisse, die mit dieser Anlage erzielt wurden, keinesfalls den Erwartungen entsprachen. Es ist bemerkenswert, daß gerade die Biogasanlage nach dem System SCHMIDT-EGGERSGLÜSS in Vaalse (Falster) arbeitet, während sich die Biogasanlagen nach dem System „Darmstadt“, die speziell für kleinere Betriebe entwickelt wurden, nicht bewähren.

Nach Ansicht des dänischen Biogasausschusses wird daher in Dänemark die Meinung vertreten, daß Bau- und Betriebskosten für Kleinbiogasanlagen, wie sie auf Grund der Struktur der dänischen Landwirtschaft notwendig sind, zu hoch sind. Außerdem läßt sich durch die Kleinbiogasanlagen eine Mechanisierung der Stallmistwirtschaft nicht in dem Umfang, wie es bei Großanlagen möglich ist, erreichen.

Es erscheint für Westeuropa notwendig, der Entwicklung von Biogaskleinanlagen besonderes Augenmerk zu widmen. Für Osteuropa kann jedoch auf Grund der Struktur der Landwirtschaft eine solche Entwicklungsrichtung nicht befürwortet werden. Die bereits begonnenen Entwicklungsarbeiten an Großbiogasanlagen müssen weiter fortgesetzt werden und ergeben vom Standpunkt der Größe und der Lage der Betriebe sowie des Viehbesatzes günstige Perspektiven.

#### 5. Die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen

Es ist kein Zufall, daß oftmals in der landwirtschaftlichen Praxis der Standpunkt vertreten wird, daß die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen nicht gewährleistet werden kann. Zweifellos trifft diese Meinung für bestimmte Anlagen zu. So liegen z. B. Kleinanlagen hart an der Grenze der Wirtschaftlichkeit, selbst wenn sie sachgemäß projektiert und ausgeführt werden. Von schlecht konstruierten und nachlässig betriebenen Anlagen zur biologischen Gaserzeugung wird man jedoch niemals eine hohe Wirtschaftlichkeit erwarten können. Das gleiche trifft für Versuchsanlagen zu.

Innerhalb der Projektierung einer neuen *Großversuchsanlage* in Bornim haben wir an Hand der in Dresden gewonnenen Werte und Erfahrungen eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für diese neue Anlage durchgeführt. Die Bau- und Anlagekosten dieser Anlage liegen bei 1266 DM/GV. Der tägliche Gasanfall wurde mit 2,13 Nm<sup>3</sup> Biogas/GV · Tag ermittelt, wovon 0,53 Nm<sup>3</sup> Biogas/GV · Tag für den Eigenbetrieb zur Wärmehaltung der Anlage unter ungünstigen Witterungsbedingungen verbraucht werden können. Je Tag und GV stehen demnach mindestens 1,60 Nm<sup>3</sup> Biogas mit einem Heizwert von Hu = 5500 kcal/Nm<sup>3</sup> als Nutzgas zur Verfügung.

Bei der Analyse bereits seit längerer Zeit in Betrieb befindlicher Biogasanlagen mußten wir feststellen, daß diese Anlagen recht unterschiedlich abgeschrieben werden. Wir haben ver-

sucht, um den tatsächlichen Verhältnissen möglichst gerecht zu werden, einen gerechtfertigten Abschreibungssatz für die Anlage dadurch zu ermitteln, daß wir die Teilobjekte der Anlage entsprechend ihren Werten und den zulässigen Abschreibungssätzen getrennt berechneten und danach den Abschreibungssatz der Gesamtanlage ermittelten [13].

Als Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung erhielten wir:

a) feste Kosten	
28,11 DM/GV und Jahr	Abschreibung
16,87 DM/GV und Jahr	Verzinsung ( $\frac{2}{3}$ des Zinssatzes in Höhe von 2%)
0,59 DM/GV und Jahr	Versicherung
<u>45,57 DM/GV und Jahr</u>	
b) bewegliche Kosten	
35,88 DM/GV und Jahr	Lohnkosten
48,84 DM/GV und Jahr	(1 Masch.-Mstr. VBV III)
6,33 DM/GV und Jahr	Betriebskosten, Reparatur, Pflege
<u>91,05 DM/GV und Jahr</u>	Unterhalt

Diesen Gesamtkosten in Höhe von 136,62 DM/GV und Jahr stehen Einsparungen durch die Mechanisierung der Stallmistarbeiten, durch die organische Stofferhaltung und durch die Erhaltung von Stickstoff gegenüber.

Die Ersparnis durch die Mechanisierung der Stallmistarbeiten läßt sich getrennt für die Arbeiten in den Ställen und außerhalb der Ställe berechnen. Für die Berechnung der Arbeitersparnis beim Entmisten wurde die Handentmistung mit 4,0 Pers. min/GV und Tag als Mittelwert der von KRÜGER [14] für Flachställe angegebenen Werte in Höhe von 3,0 bis 5,1 Pers. min/GV und Tag zum Vergleich herangezogen. Nach neueren Messungen an der Schwemmentmistanlage auf der Landtechnischen Versuchsstation der TH Dresden wurden 2,1 Pers. min/GV und Tag ermittelt. Der vom Verfasser angegebene Wert von 2,6 Pers. min/GV und Tag [15] konnte durch verschiedene Verbesserungen an der Schwemmentmistanlage auf den obengenannten Wert von 2,1 Pers. min/GV und Tag verringert werden.

Für die Ausfuhr von Schwemmist wurden die Erfahrungen mit der Biogasanlage Dresden zugrunde gelegt. Durchschnittlich können bei mittleren Feldentfernungen von 1,5 bis 2 km je Tag und Radschlepper (RS 04/30) 80 bis 100 t Schwemmist ausgefahren werden. Als Vergleichszahl legten wir einen Arbeitsaufwand für das Laden und Streuen von Stallmist in Höhe von 0,094 AKh/dz und für Jauche von 0,2 AKh/m<sup>3</sup> zugrunde.

Die Stofferhaltung im Mist und die Umsetzung eines großen Teiles des Gesamtstickstoffes in wasserlöslichen Stickstoff wurden nach den Angaben der Defu [16] berechnet. Als Wert der Stofferhaltung im Mist setzen wir 2,00 DM/dz ein. Die Stickstoffdüngemittelersparnis wurde jeweils zur Hälfte mit schwefelsaurem Ammoniak (Preis: 16,95 DM/dz) und Kalkammonsalpeter (Preis 17,65 DM/dz) verglichen.

Unter den beschriebenen Voraussetzungen ergibt sich als Ersparnis durch die Biogasanlage:

Lohnersparnis durch Mechanisierung des Entmistens im Stall (Arbeitsstunde je 1,26 DM) .....	14,55 DM/GV und Jahr
Ersparnis durch Mechanisierung der Stallmistausfuhr und -verteilung .....	14,39 DM/GV und Jahr
Ersparnis durch Mehrerhaltung von Mist .....	21,00 DM/GV und Jahr
Ersparnis durch Umwandlung von Stickstoff in wasserlöslichen Stickstoff .....	9,69 DM/GV und Jahr
	<u>59,63 DM/GV und Jahr</u>

Entsprechend dieser Berechnung ergibt sich damit ein Gaspreis in Höhe von 0,133 DM/m<sup>3</sup> Biogas. Um die unterschied-

lichen Heizwerte von Stadtgas und Biogas zu berücksichtigen, ist ein Vergleich über Wärmeeinheiten notwendig.

Für Stadtgas kann mit einem Preis von 0,443 DM/10 000 kcal gerechnet werden, während sich für Biogas ein Preis von 0,240 DM/10 000 kcal ergibt.

Es erscheint angebracht, darauf hinzuweisen, daß die Bau- und Anlagekosten von Atomkraftwerken nach Studienentwürfen der Arbeitsgruppe Pacific Gas and Electric Co.-Bechtel Corp. sich auf rund 1840 DM/kW belaufen [17]. Bei einem Umwandlungsfaktor von Biogas in elektrische Energie in Höhe von 3600 kcal/kW ergeben sich Bau- und Anlagekosten für eine Biogasanlage in Höhe von 1583 DM/kW. Wenn dieser Vergleich auch in vieler Hinsicht nicht ganz reale Schlußfolgerungen zuläßt, so zeigt er, daß der technische Fortschritt beachtet werden muß.

Grundlage der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung war im angeführten Fall eine Biogasanlage mit Schwemmentmistung. Von seiten der Bodenkundler wird jedoch in zunehmendem Maße die Auffassung vertreten, daß die Umsetzung der Kohlenstoff-Stickstoffkomponente durch die anaerobe Lagerung allein, d. h. auch ohne Faulprozeß im gewünschten Sinn erfolgt. Bei experimenteller Bestätigung dieser Auffassung wäre ein neuer Wirtschaftlichkeitsvergleich notwendig, denn der in oben angeführter Betrachtung eingesetzte Nutzen durch die Mechanisierung der Stallmistarbeiten, durch die Mehrerhaltung von Mist und durch die Umwandlung größerer Mengen Stickstoff in wasserlöslichen Stickstoff könnte dann durch die Schwemmentmistanlagen auch ohne Biogasanlagen erzielt werden. Wir werden u. U. nach Vorliegen exakter Unterlagen über diesen Fragenkomplex die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen unter Berücksichtigung dieser neuen Auffassung untersuchen und die Ergebnisse veröffentlichen.

## 6. Schlußfolgerung

Auf Grund der Erfahrungen mit den Versuchsanlagen zur biologischen Gaserzeugung in der Deutschen Demokratischen Republik können Biogasanlagen zur Einführung in die landwirtschaftliche Praxis noch nicht empfohlen werden.

Bisherige Einzelergebnisse zeigen, daß von allen bekannten Biogasverfahren das Flüssigverfahren nach SCHMIDT-EGGERSGLÜSS aus betriebs- und arbeitstechnischen Gründen sowie auf Grund seines technologischen Prinzips den Forderungen der Landwirtschaft am ehesten entspricht.

Die in der Dresdner Anlage benutzten Verfahren der „Pacific Flush Tank Company“ und das Verfahren der Druckvergärung zur Zerstörung der Schwimmdecken können auf Grund der durchgeführten Versuche noch nicht abschließend beurteilt werden. Um den hohen Energieaufwand für den Betrieb von Anlagen herabzusetzen, wird die Anwendung des Prinzips der Wärmepumpe untersucht und empfohlen, da der bisherige Energieaufwand für den Eigenbedarf die Wirtschaftlichkeit ungünstig beeinflusst.

Auf Grund der Schwierigkeiten, die bei der Inbetriebhaltung von nassen Niederdruckgasbehältern in Kälteperioden auftreten, wird die Einführung der Wiggins-Behälter als Trockengasometer nach Vorliegen von praktischen Versuchsergebnissen für zweckmäßig gehalten.

Entscheidend für die Einführung von Biogasanlagen in die landwirtschaftliche Praxis ist ihre Wirtschaftlichkeit. Sie hängt ab von der Größe der Anlagen bzw. der landwirtschaftlichen Betriebe und von der Anwendung des neuesten Standes der Technik bei der Konstruktion. Die Wirtschaftlichkeit kann erst an Hand der zu errichtenden Großanlage unter Beweis gestellt werden. Es ist zu hoffen, daß trotz des von verschiedenen Seiten berechtigt geäußerten Pessimismus die Forschungsarbeit in absehbarer Zeit zu befriedigenden Ergebnissen führen und damit die Einführung eines für die Landwirtschaft vertretbaren Verfahrens zur biologischen Gasgewinnung möglich wird.

(Schluß S. 552)

# Meliorationstechnik auf der „Royal Show“ in Norwich, England

Mit dem folgenden Beitrag schließen wir die Aufsatzreihe<sup>1)</sup> über Meliorationswesen und Meliorationstechnik zunächst ab. Wir haben darin versucht, unseren Lesern nicht nur Einblick in die gegenwärtige Situation auf diesem wichtigen Gebiet der Wasserwirtschaft zu geben und die Perspektiven für die weitere Entwicklung aufzuzeigen, sondern auch durch Informationen über den Stand der ausländischen Meliorationstechnik unseren Konstrukteuren Anregungen für die eigene Arbeit zu vermitteln. Hierzu soll auch der heutige Bericht über die wichtigsten englischen Neukonstruktionen beitragen. Gerade in England kommt der Instandhaltung eines umfangreichen Entwässerungssystems besondere Bedeutung zu. Die englische Landmaschinenindustrie hat deshalb zahlreiche moderne Meliorationsgeräte geschaffen, die unser Autor gelegentlich eines Besuches der „Royal Show“ studieren konnte und über die er nun in einer gedrängten Übersicht berichtet. Die Redaktion

## Vergleichsprüfung von Grabenräummaschinen

Am 29. März 1957 fand in Abbots Ripton (England) das „Huntingdon Trial 1957“ statt, bei dem von einer Prüfungskommission neun Grabenreinigungsmaschinen begutachtet wurden. Sie waren aus 15 zu Beginn der Vergleichsprüfung vorgestellten Maschinen ausgewählt worden, nachdem vom 1. September bis 31. Dezember 1956 an einem vom Hersteller ausgesuchten Ort und ab 1. Februar 1957 auf einem von der englischen Landwirtschaftsgesellschaft bestimmten Gelände Vorführungen erfolgt waren.

Silber- und Bronzemedallien wurden für Maschinen in Aussicht gestellt, die Gräben bis zu 1,2 m oberer Breite von einer Grabenseite aus befriedigend reinigten und herstellten. Die erfolgreichsten Teilnehmer stellten ihre Maschinen auf der „Royal Show“, die vom 2. bis 5. Juli 1957 in Norwich stattfand, auf einem besonderen Stand aus.

## Maschinen zur Grabenräumung

Silbermedaillen erhielten der Tieflöffelbagger „Landrainer“ von W. u. G., der schon von GRUNER [1] in dieser Zeitschrift kurz beschrieben wurde, und der „Unique“ von CARTER BROS.

Der „Landrainer“ läuft auf zwei luftbereiften Rädern und kann sowohl zur Neuherstellung als auch zur Unterhaltung von Gräben bis zu 2,4 m Tiefe bei einer Hubhöhe bis zu 3 m eingesetzt werden. Mit dem 0,2 m<sup>3</sup> fassenden Standardkübel können Grabenprofile von rd. 1 m Tiefe, 40 cm Sohlenbreite

und 1,2 bis 1,4 m oberer Breite bei einer Leistung von 50 bis 60 m/h hergestellt werden. Die obere Grabenbreite kann durch Verstellmöglichkeiten bis auf 1,5 m vergrößert werden. Die Stützräder sind einzeln hydraulisch höhenverstellbar. Ein grabenseitig angebrachtes Scheibenrad soll ein Abgleiten in den Graben verhindern. Ein Gegengewicht gleicht die wechselnden Belastungen des Auslegers automatisch aus. Zwei hydraulisch verstellbare Stützanker entlasten die Schlepperhinteräder. Der „Landrainer“ wird von einem rücklings auf dem Schlepper stehenden Mann mit sieben Handhebeln vollhydrau-

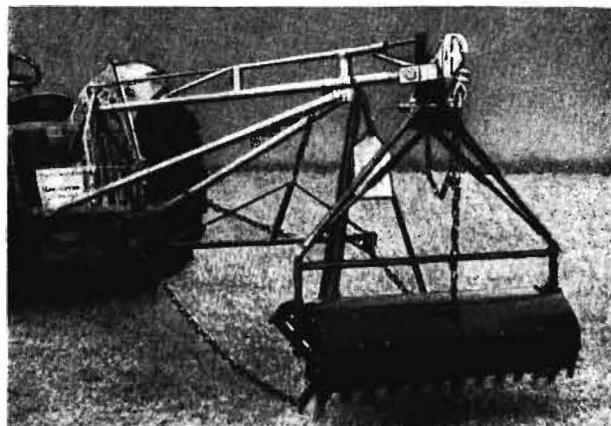


Bild 1. Grabenreiniger „Unique“ von CARTER

\*) Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. S. ROSEGGGER).

<sup>1)</sup> Deutsche Agrartechnik (1957) H. 4, S. 157; H. 6, S. 261; H. 8, S. 372; H. 9, S. 413 und 415; S. 10, H. 472; H. 11, S. 509.

(Fortsetzung von S. 551)

## Literatur

- [1] MÜNZIGER: Atomkraft. Springer-Verlag, Berlin, Hamburg 1956.
- [2] KÖNEKAMP: Englische Landwirtschaft von heute. 1948.
- [3] KERTSCHER: Biogasgewinnung. Wiss. Z. Univ. Rostock 2, H. 3, Math.-nat. Reihe, S. 209 und 210.
- [4] SCHMIDT und EGGERSGLÜSS: Verfahren zum Zerstören und Ausbringen von Schwimmschlammsschichten in Faulräumen. Patentschr. Nr. 852378. München.
- [5] ROSEGGGER und NEULING: Die Versuchsanlage zur Humus- und biologischen Gasgewinnung an der TH Dresden. Dtsch. Agrartechnik (1956) H. 4, S. 147 bis 149.
- [6] ROSEGGGER: Energetische Fragen bei der biologischen Gaserzeugung in der Landwirtschaft. Dtsch. Agrartechnik (1955) H. 10, S. 388 bis 393.
- [7] NEULING: Untersuchungen zur wirtschaftlichen Speicherung von Biogas. Dtsch. Agrartechnik (1956) H. 2, S. 64 bis 66.
- [8] ROSEGGGER: a. a. O. [6] S. 6.
- [9] HAUSHOFER: Brücke zwischen Industrie und Landwirtschaft. Landtechnik (1956) H. 9, S. 244.
- [10] Statistik Aarvog Kopenhagen (1936) S. 36; (1945) S. 53; (1950) S. 48.
- [11] Statist. Jahrb. von Schweden 1955.
- [12] Statist. Jahrb. der Bundesrepublik Deutschland 1955.
- [13] Anweisung Nr. 14/51 des Ministeriums für Finanzen vom 3. Juli 1951
- [14] KRÜGER: Die Arbeitswirtschaft im Tiefenlaufstall. ALB-Schriften. (1953) H. 3, S. 21.
- [15] ROSEGGGER: Neue Wege in der Stallentmistung. Dtsch. Agrartechnik (1955) H. 6, S. 200 bis 203.
- [16] Defu-Mitt. (1951) H. 9, S. 34. Herausg. Ferd. Schmidt. Deutsche Futtermittelkonserv.-Gesellschaft. Verden.
- [17] MÜNZIGER: a. a. O. [1], S. 1 u. 66. A 2888

lich gesteuert. Der Baggerlöffel wird jeweils um 1,5 m an den Schlepper herangezogen und über einen Kratzer entleert. Für 1,0 bis 1,2 m Tiefe sind drei Arbeitsgänge erforderlich. Der 4,55 m lange und 2,75 t schwere „Landrainer“ kann auf den 42-PS-„Fordson-Major“ oder ähnliche Schlepper aufgesattelt werden. Dabei liegen auf der Zugschiene 1,25 t. Eine vor dem Kühler auf die Kurbelwelle aufgesetzte Zahnpumpe fördert bei 1000 bis 1500 U/min 68 bis 82 l/min und erzeugt einen Druck von 70 bis 105 kp/cm<sup>2</sup>. Rechts am Schlepper wird ein 136 l fassender Ölbehälter angebaut.

Der Grabenreiniger „Unique“ von CARTER (Bild 1) wird an der Dreipunkthydraulik eines 20/25- bzw. 30-PS-Schleppers angelenkt. Der Schlepper fährt rückwärts rechtwinklig an den Graben heran, so daß die 90 cm bzw. 1,2 m breite Kratzenhaube gerade über der Unterkante der gegenüberliegenden Böschung hängt. Die Schaufel fällt dann herunter und wird vom vorwärts fahrenden Schlepper quer durch den Graben gezogen. An der schlepperseitigen Böschung wird die gefüllte Schaufel bei weiterem Vorrücken des Schleppers hydraulisch herausgehoben und dabei automatisch entleert. Die Maschine ist nur für die Grundräumung verwendbar und leistet bei stark verschmutzten, 1,8 m breiten Gräben etwa 27 m/h.