



Zuviel Prozessenergie bei Biogasanlagen

W. Göbel, A. Schneider

In vier unterschiedlichen Typen von Biogasanlagen wurde während mehrerer Monate der Prozessenergiebedarf bestimmt: In einem Kunststoff- und einem Betonsilo während sechs Monaten, in einer unterirdischen Betongrube (Unterfluranlage) und einem Betonsilo mit integriertem Gasdom (Stahlglocke) ein ganzes Jahr lang.

Wegen schlechter Isolation beträgt bei der Unterfluranlage und dem Betonsilo mit Gasdom der Anteil der Transmissionswärmeverluste an der gesamten Prozessenergie im Jahresdurchschnitt 37 bzw. 52%.

Heizleitungsverluste machen über 10% der Prozessenergie aus, wenn die Leitungen nicht wärmedämmend sind.

Ungeeignete Heizungen erreichten beim Kunststoff- und Betonsilo nur einen Heizungswirkungsgrad von 69 bzw. 59%.

Der Strombedarf der Biogasanlage ist je nach Ausrüstung mit 2 bis 17 kWh/Tag sehr gering. Gülle- und Heizungsumwälzpumpe benötigen nur je rund 1 kWh/Tag.

1. Einleitung

Bei Biogasanlagen musste man häufig feststellen, dass die benötigte Prozessenergie einen zu grossen Teil des produzierten Gases wieder zurückfordert. Man hat in erster Linie versucht, diesem Umstand durch Gasproduktionssteigerung entgegenzuwirken, indem die Betriebstemperatur erhöht, die Rührtechnik geändert, die Zuflussintervalle verkürzt und der Trockensubstanzgehalt der Gülle gesteigert wurden. Weniger Aufmerksamkeit hat man hingegen der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch Verringerung der Prozessgasmenge geschenkt.

Bestrebungen zur Verringerung der Prozessenergie führen zu folgenden Fragen:

- Wie hoch sind die einzelnen Anteile, aus denen sich die Prozessenergie zusammensetzt?
- Welche Detailverbesserungen sind möglich?

- Wo liegen die Unterschiede bei den einzelnen Anlagentypen?

Eine Antwort darauf konnte nur die Untersuchung je einer Anlage der hauptsächlichsten Anlagentypen der Schweiz geben.

2. Messmethode

Täglich wurden gemessen:

- Betriebstemperatur
- durchschnittliche Lufttemperatur
- produzierte Gasmenge
- Prozessgasmenge

Der Kohlendioxidgehalt des Biogases (nach Orsat-Prinzip) und die Frischgülletemperatur wurden alle drei bis sieben Tage und die Vor- und Rücklauftemperatur der Heizung alle 14 Tage erhoben. Zweimal bestimmte man während der gesamten Untersuchungsdauer die Stromaufnahme und die Laufzeit der Motoren.

3. Berechnungsgrundlagen

Transmissionswärmeverlust:

$$E_T = 24 \cdot F \cdot k \cdot \text{Wert}^* \cdot (t_B - t_L) / 1000 \quad \text{kWh/d [1]}$$

Frischgülleerwärmung:

$$E_F = 1,16 \cdot Q_F \cdot (t_B - t_F) \quad \text{kWh/d [2]}$$

Heizleitungsverlust:

$$E_H = L \cdot k' \cdot \text{Wert}^* \cdot Z \cdot (t_H - t_A) / 1000 \quad \text{kWh/d [3]}$$

Betriebstemperaturveränderung:

$$E_B = 1,16 \cdot Q \cdot (t_{BE} - t_{BA}) / N \quad \text{kWh/d [4]}$$

Die Formel für die Betriebstemperaturveränderung berücksichtigt das Wärmespeichervermögen des Fermenterinhalt.

Teilt man die Summe der vier Prozessenergieanteile durch den Energiegehalt des zum Heizen des Fermenters benötigten Biogases, so erhält man den Wirkungsgrad der Heizung.

– Wirkungsgrad der Heizung:

$$\eta = (E_T + E_F + E_H + E_B) / EG \quad [5]$$

– elektrische Energie:

$$\text{einphasig: } EM = 0,22 \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot Z \quad [6]$$

zweiphasig: $EM =$

$$0,38 \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot Z \quad [7]$$

Es bedeuten:

- t_B = Betriebstemperatur in Grad.
- t_L = Lufttemperatur in Grad.
- t_F = Frischgületeperatur in Grad.
- t_H = Heizleitungstemperatur in Grad.
- t_A = Leitungsumgebungstemperatur in Grad.
- t_{BA} = Betriebstemperatur am Untersuchungsanfang in Grad.
- t_{BE} = Betriebstemperatur am Untersuchungsende in Grad.
- F = Fermenteroberfläche in m^2 .
- Q_F = Frischgülezufflussmenge in m^3/Tag .
- Z = Laufzeit der Fermenterheizung bzw. der Motoren in Stunden.
- L = Leitungslänge in m.
- Q = Fermenterinhalt in m^3 .
- N = Anzahl Tage.
- η = Heizungswirkungsgrad.
- EG = Energiegehalt des Heizgases in kWh/Tag .
- I = Stromstärke in A.
- $\cos \varphi$ = Faktor der Wirkleistung, angenommen mit 0.8.

Bei der Bestimmung der Gasqualität aus dem CO_2 -Gehalt des Biogases wurde angenommen, dass Biogas 2 bis 3% Wasserdampf und Spuren anderer Gase enthält, und beachtet, dass Gastemperatur, Betriebsdruck und Luftdruck den Heizwert des Normalkubikmeters Methan verändern [3].

4. Beschreibung der Fermenter

4.1 Kunststoffsilo

Der Fermenter hat die Form eines Gärfutter-Kunststoffsilos. Er ist innen 14 cm stark mit PU-Schaum isoliert. Ein Spezial-

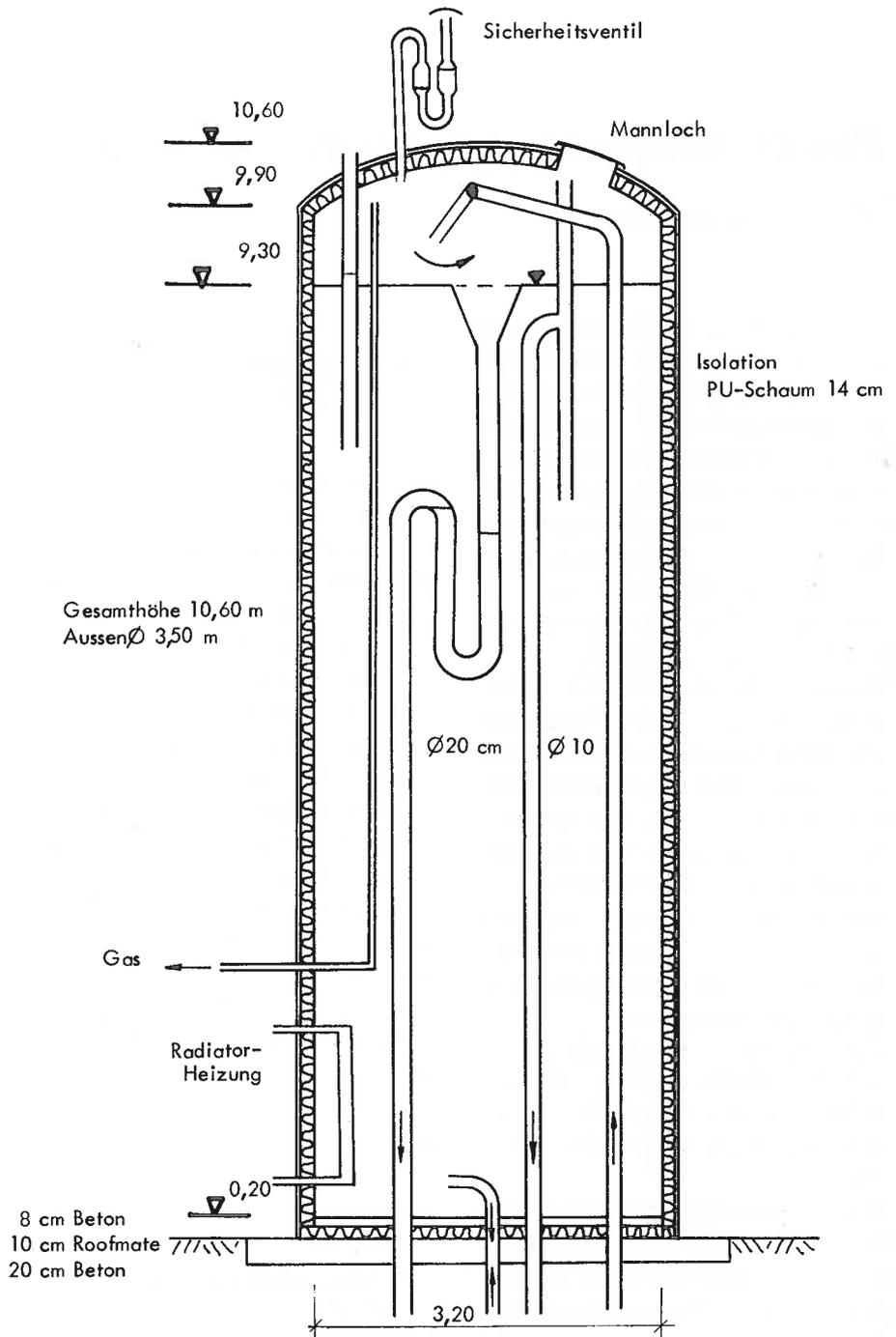


Abb. 2: Schnitt durch den Kunststoffsilo als Fermenter.

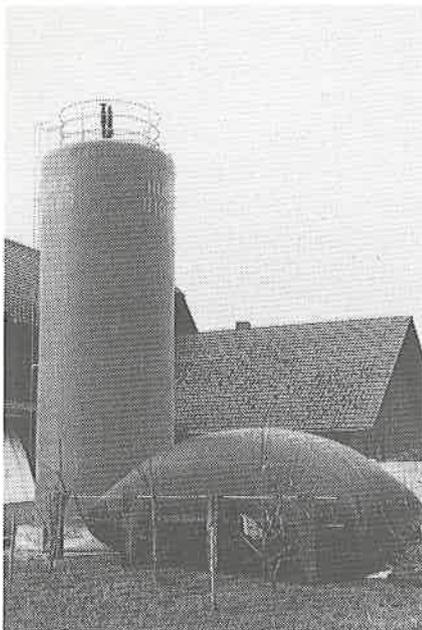


Abb. 1: Kunststoffsilo als Fermenter mit Gasballon von 50 m³.

anstrich schützt die Isolation vor Durchfeuchtung (Abb. 1 und 2). Eine Schneckenpumpe von 3,7 kW Leistung fördert die Frischgülle wahlweise durch zwei der vier Rohre in den Silo. Das unten endende Rohr dient wahlweise auch als Abflussrohr, während man durch das als Sprinkler ausgebildete Rohr eine Schwimmdecke bekämpfen kann.

Das Gas aus dem Fermenter fließt in einen Ballon von 50 m³ Inhalt. Ein Kompressor (0,7 kW) saugt Gas von dort an und drückt es in einen 1,6 m³ fassenden beschwerten Ballon,



Abb. 3: Mit Sandsäcken beschwerter Druckballon im Blechrohr neben dem Gasballon.

den Druckballon (Abb. 3). Der Betriebsdruck von 13 bis 22 mbar reicht aus, um den 50 m entfernten Heizkessel des Wohnhauses mit Gas zu bedienen. An den Druckballon ist auch das Wandheizgerät zum Heizen des Fermenters angeschlossen. Ein Radiator von 6 m² Oberfläche überträgt die Wärme an die Gülle.

4.2 Unterfluranlage aus Beton

Die Unterfluranlage unterscheidet sich von einer Güllengrube durch die 6 cm starke Isolation, Heizungsrohre in der Behältersohle und Güllezu- und Abflusssiphons (Abb. 4). Die Anlage wurde 1979 gebaut. Heute würde man doppelt so stark und lückenlos isolieren.

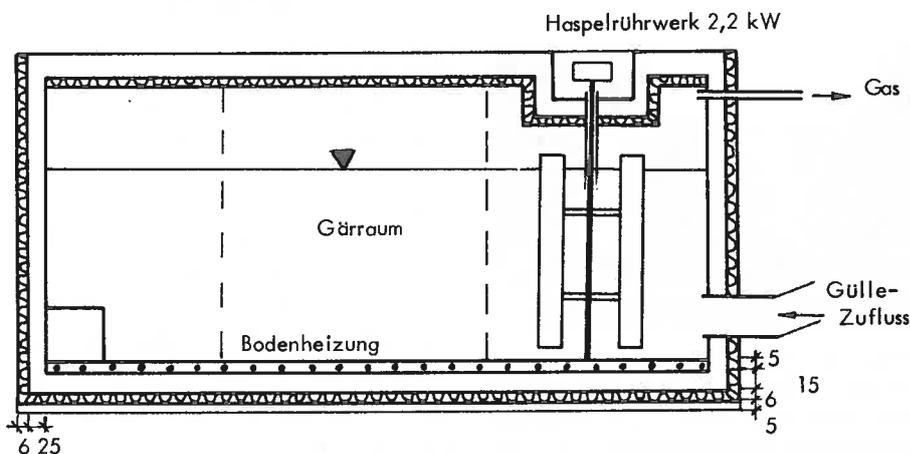
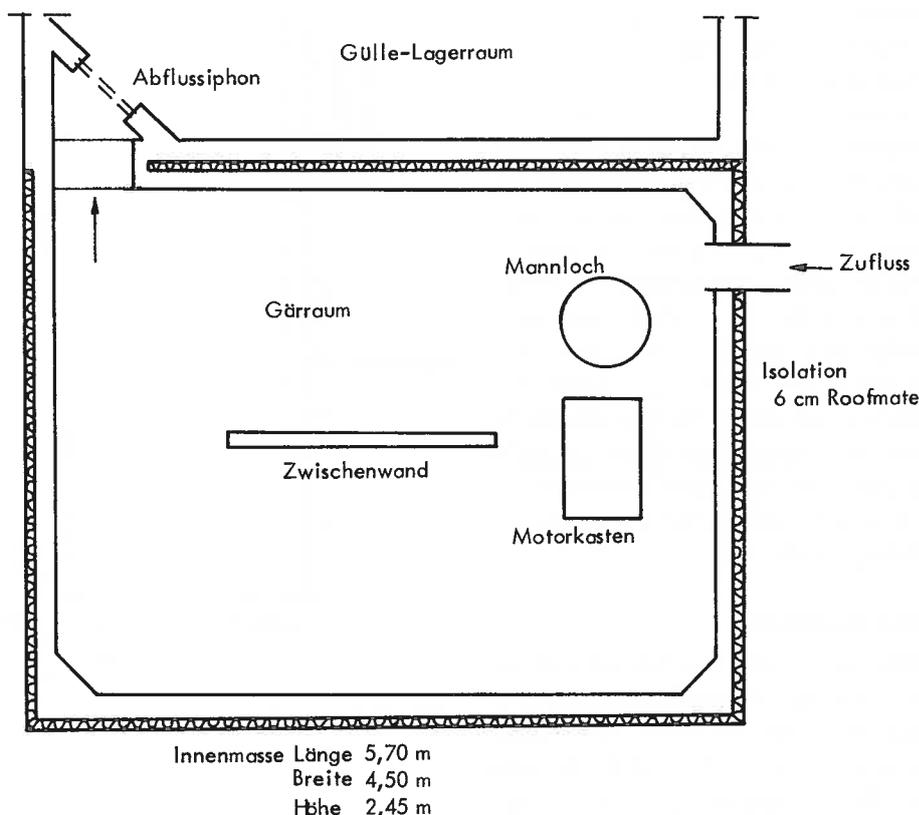


Abb. 4: Schnitte durch die Unterflur-Biogasanlage.

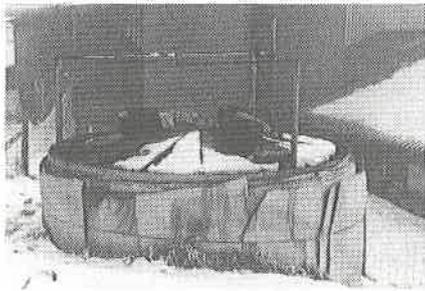


Abb. 5: Gasometer von 7,5 m³.

Die Gülle fließt im freien Gefälle zu. Ein Haspelrührwerk (2,5 kW) vermischt den Fermenterinhalt und verhindert die Bildung einer Schwimmdecke. Das Gas wird in einem 7,5 m³ fassenden Gasometer unter 10 mbar Betriebsdruck gespeichert (Abb.5). Es dient zum Beheizen zweier Kessel. Ein Kessel steht im Wohnhauskeller, der andere im Stall. Derjenige im Stall bereitet Warmwasser für den Stall aus rund 3 m³ Gas/Tag, liefert die Prozessenergie für den Fermenter und heizt den Stall an sehr kalten Tagen. Dem Fermenter ist eine normale Güllengrube nachgeschaltet.

4.3 Betonsilo

Der Betonsilo als Fermenter ist in Gleitschalungsbauweise als Sandwichkonstruktion mit 10 cm Isolation erstellt (Abb. 6 und 7). Ein Propeller (2,2 kW) in einem Zentralförderrohr rührt den

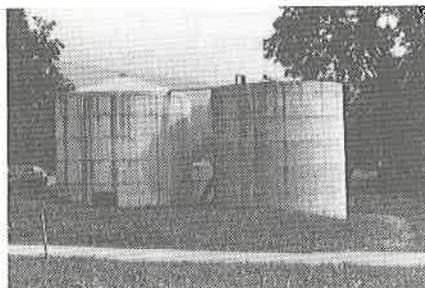


Abb. 6: Betonsilo als Fermenter rechts im Bild; der linke Silo enthält von unten nach oben: Güllenvorgrube mit Belüfter, Heizungsraum, und Gasballon von 100 m³ Inhalt.

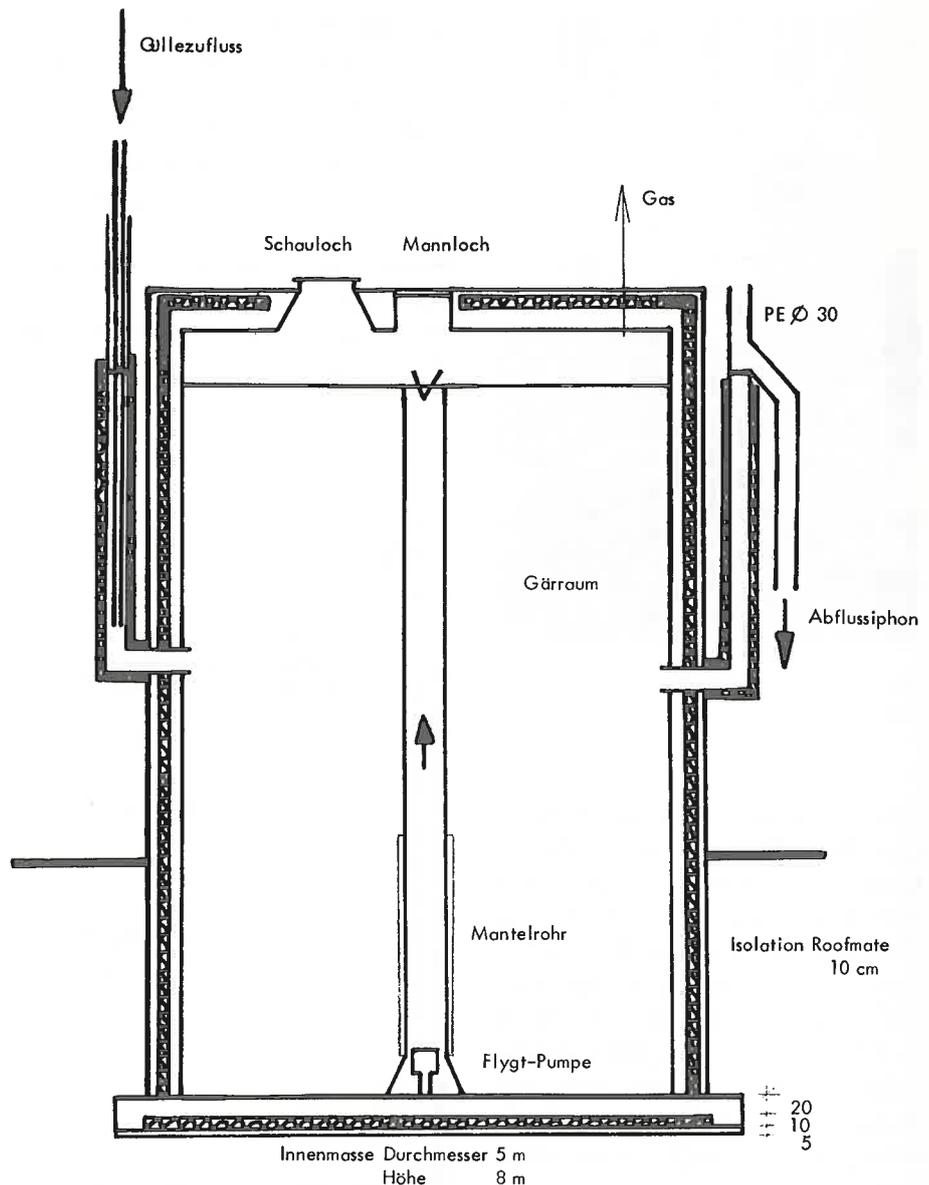


Abb. 7: Querschnitte durch den Betonsilo als Fermenter.

Fermenterinhalt, indem er Gülle nach oben fördert und über einen Teil der Oberfläche spritzt. Ein Drittel des Förderrohres ist als Doppelmantel ausgebildet und dient als Heizkörper.

Das Gas gelangt in einen Ballon von 100 m³ Inhalt. Das Wandheizgerät für die Fermenterheizung wird direkt aus dem Fermenter gespeisen (Druck durch Wasservorlage), während der 150 m entfernte Gaskessel in der Käserei das Gas über ein Druckgebläse (0,4 kW und 120 mbar) erhält.

4.4 Betonsilo mit Gasdom

Der Betonsilo mit integriertem Gasdom von 25 m³ Inhalt steht zum größten Teil im Erdreich (Abb. 8). Der einzige Unterschied zum vorgehend beschriebenen Betonsilo besteht im integrierten Gasdom. Das Gas fließt bei dieser Anlage einer Wärmekraft-Kopplungsanlage zu. Der erzeugte Strom wird im Betrieb gebraucht (85%) und ans Netz verkauft (15%), während die Abwärme über einen Warmwasserspei-

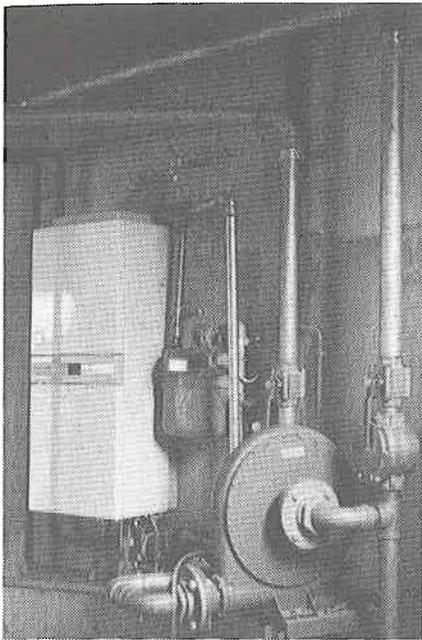
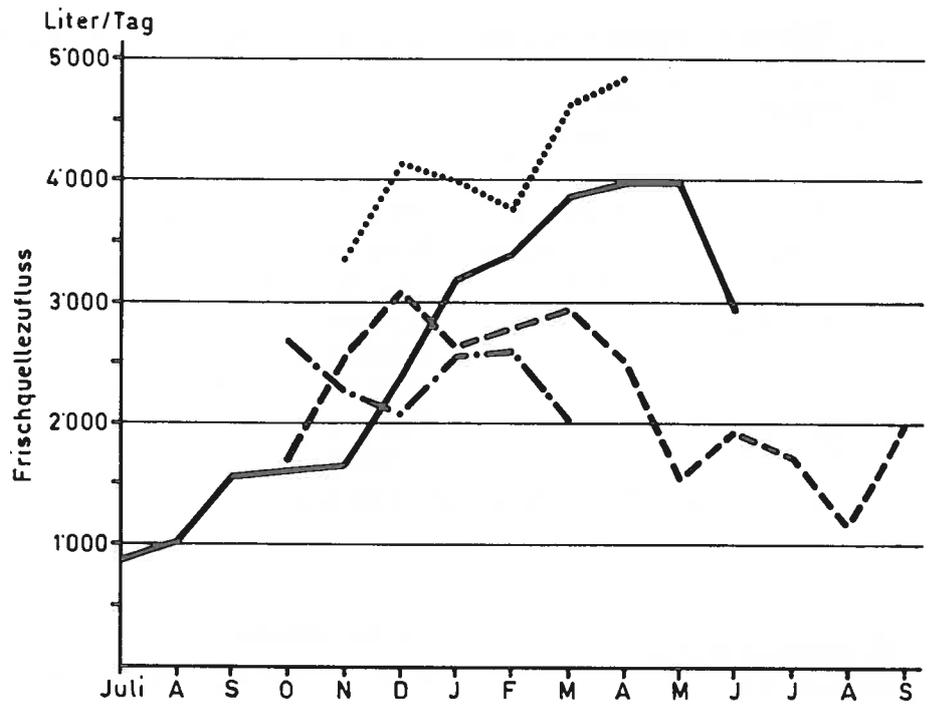


Abb. 8: Wandheizgerät und Gebläse.



- Kunststoffsilos
- .- Unterfluranlage
- Betonsilo
- Betonsilo mit Gasdom

Abb. 10: Monatsmittel der täglichen Frischgüllezufuhr aller Anlagen.

cher den Fermenter heizt und Brauchwasser für den Stall liefert.

Ein Kalorimeter misst den Wärmefluss zum Fermenter und ein Stromzähler den Strom für das Rührwerk. Je nachdem, wie weit der Gasdom (Betriebsdruck rund 20 mbar) aus der Anlage

herausragt, ändert sich der die Grösse der Oberfläche des Gasrauminhalt und damit auch Fermenters.

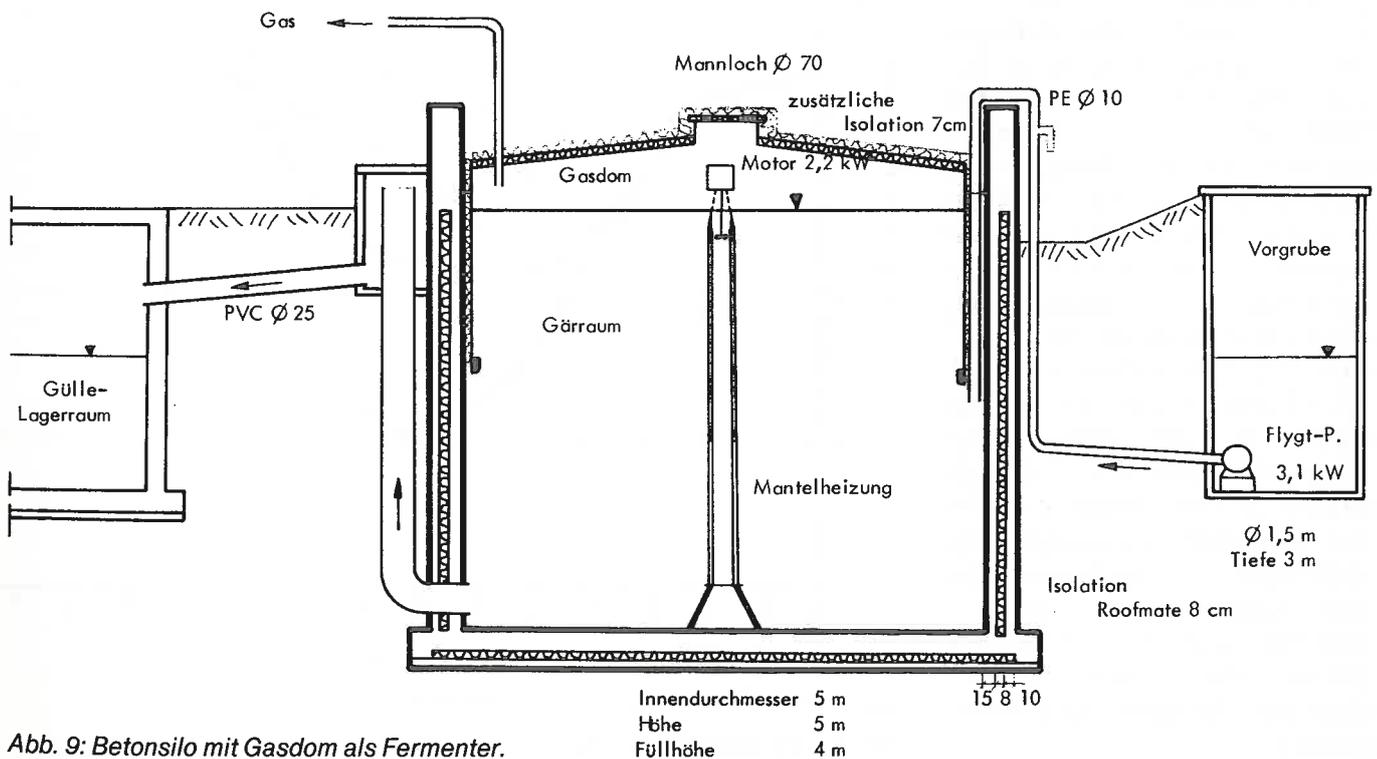


Abb. 9: Betonsilo mit Gasdom als Fermenter.

Tabelle 1: Betriebliche Voraussetzungen, Fermenterinhalt, und k-Wert jeder Anlage

Anlage	Tierart + -bestand	Entmistung +Vorgrube	Fermentergr. Totalvol.	m ³ Nutzvol.	berechneter k-Wert W/m ² K
Kunststoff- silo	Mastr. + Kühe 32 GVE	Kriechm. Vorgrube	81	73	0.22
Unterflur	Kühe 38 GVE + 20 MSP	Schwemmk. im Stall	63	43	0.54
Betonsilo	650 MSP	Spaltenb. belüftete Vorgrube	157	145	0.34
Betonsilo mit Gasdom	350 MSP + 50 Mutters.	Spaltenb. Vorgrube	106	79	1.02*

*Der Gasdom ragt zur Hälfte aus der Gülle heraus

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1 Allgemeines

Angaben über Tierbestand, Entmistungssystem, Fermentergrösse, Gülleinhalt und k-Wert aller Fermenter sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Abbildungen 10, 11 und 12 geben die Monatsmittel vom täglichen Frischgüllezufluss, der Frischgülletemperatur und der Betriebstemperatur aller Anlagen an. Abbildung 13 ist eine Zusammenstellung monatlicher Mittelwerte des CO₂-Gehaltes des Biogases aller Anlagen. Die Bodentemperaturen für die Sohle und die Wände der Fermenter wurden nach Angaben der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (MSA) angenommen [5]. Die Abbildungen 14, 15, 17 und 18 stellen die Energiegehalte der gemessenen Gasproduktionen und Prozessgasmengen den unter anderem aus Temperaturmessungen errechneten Prozessenergieanteilen gegenüber. In Tabelle 2 sind die durchschnittlichen einzelnen Prozessenergieanteile aller vier Anlagen zusammengestellt.

5.2 Kunststoffsilo

Nach Abbildung 14 ist beim Kunststoffsilo von Januar bis März die Energieabgabe mit über 400 kWh/Tag rund doppelt so hoch wie im Oktober oder

November, obgleich Güllemenge und Betriebstemperatur ungefähr gleich geblieben sind. Die Erklärung dafür ist einerseits die Zugabe von unbestimmt viel Hühnerkot. Andererseits geht im

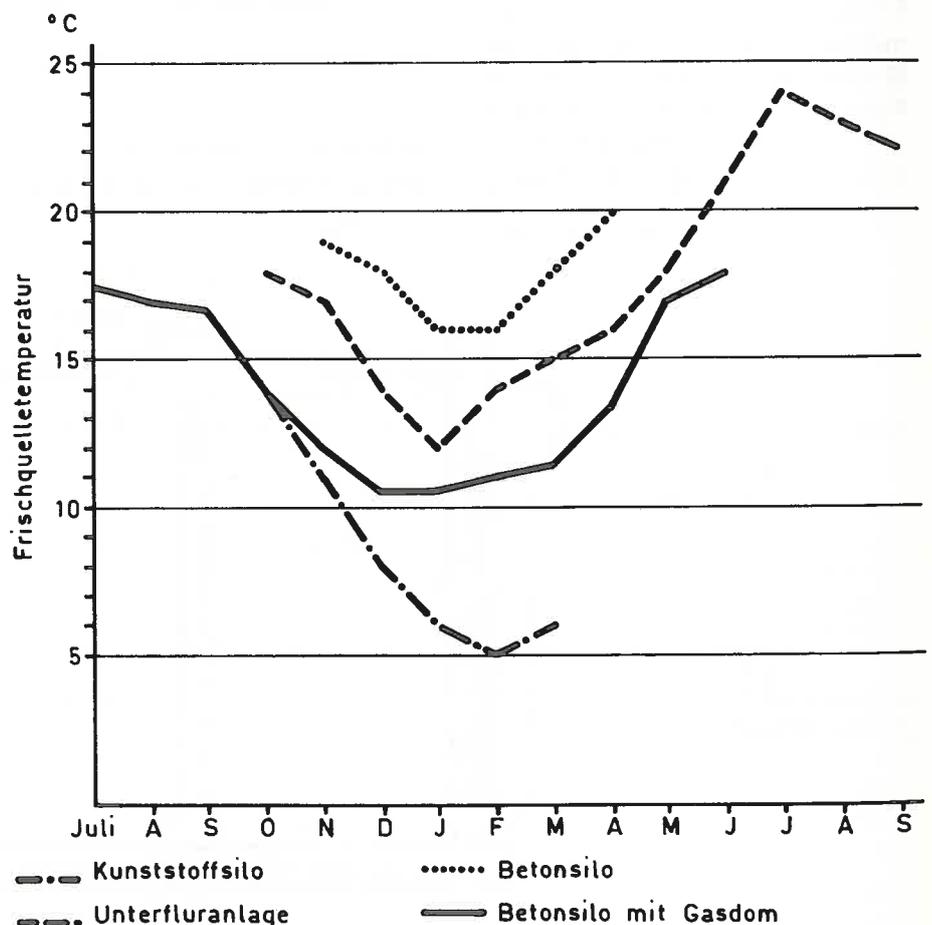


Abb. 11: Monatsmittel der täglichen Frischgülletemperaturen aller Anlagen.

Winter keine Gülle durch das Weiden verloren.

Der verhältnismässig hohe Prozessgasanteil von 40% von Dezember bis März hat folgende Gründe:

- Der Temperaturverlauf der Frischgülle, die aus einer Vorgrube kommt, ist gegenüber dem der anderen Anlagen sehr tief. Dementsprechend macht der Anteil der Frischgülleerwärmung an der gesamten Prozessenergie 69% aus.
- Die Heizleitungsverluste betragen 5% der gesamten Prozessenergie, da die Leitungen ausser in der Heizbaracke isoliert sind.
- Der Heizungswirkungsgrad von durchschnittlich 69% ist gegenüber 75 bis 80% im Normalfall niedrig [2, 5, 6].

5.3 Unterfluranlage

Bei der Unterfluranlage fällt auch die hohe Gasleistung von über 250 kWh/Tag im Winter und Frühling auf (Abb. 15). Während dieser Zeit wurde Schweine- und manchmal auch Hühnerkot der Gülle beigemischt. Mit durchschnittlich 57% ist der Prozessenergieanteil zu hoch. Eine Erklärung dafür ist die sehr schlechte Isolation, die einerseits mit 6 cm zu gering ist und andererseits viele Kältebrücken bietet (Abb. 4 und 16). Dazu ist der Heizleitungs-

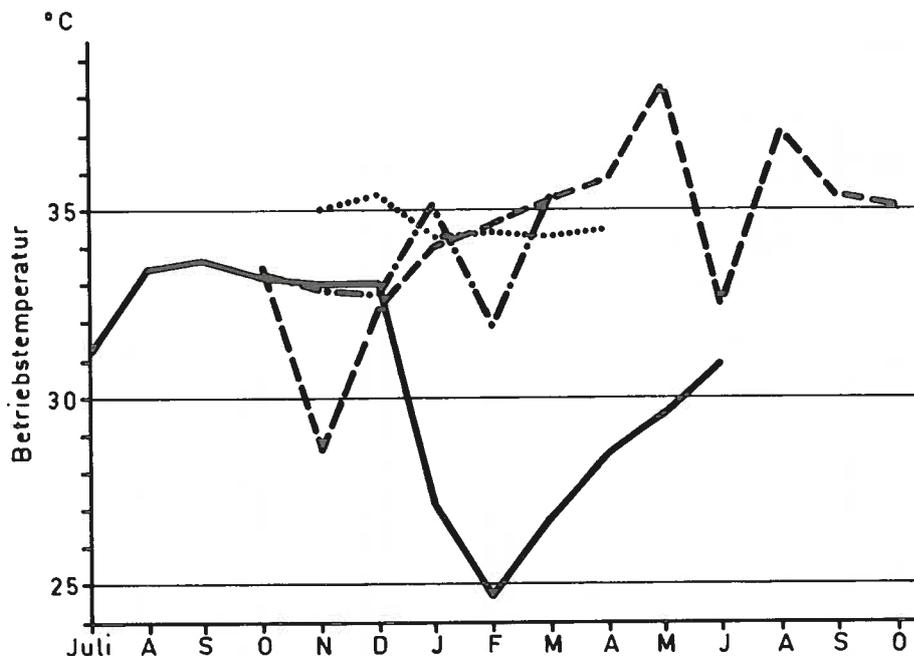


Abb. 12: Monatsmittel der täglichen Betriebstemperaturen aller Anlagen.

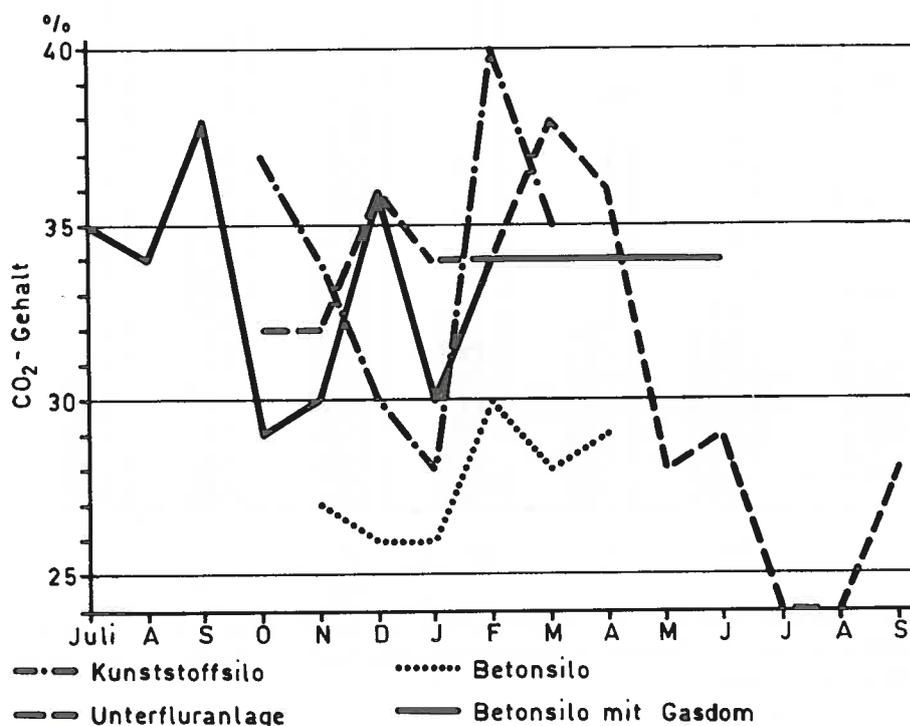


Abb. 13: Monatliche Mittelwerte des Kohlendioxidgehaltes des Biogases aller Anlagen.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Prozessenergieanteile der vier Anlagen

Anlage	Gas m ³ /Tag Produktion	Prozessgas	Prozessgas in %	Prozessenergieanteile in %				Heizungs- wirkungs- grad in %
				E _T	E _F	E _H	E _B	
Kunststoffsilo	65	26	40	19	69	5	7	69
Unterflur	41	23	57	37	48	14	1	71
Betonsilo	127	35	27	32	64	4	-	59
Betonsilo m. Gasdom	46	-	35	52	47	1	-	-

kWh/Tag

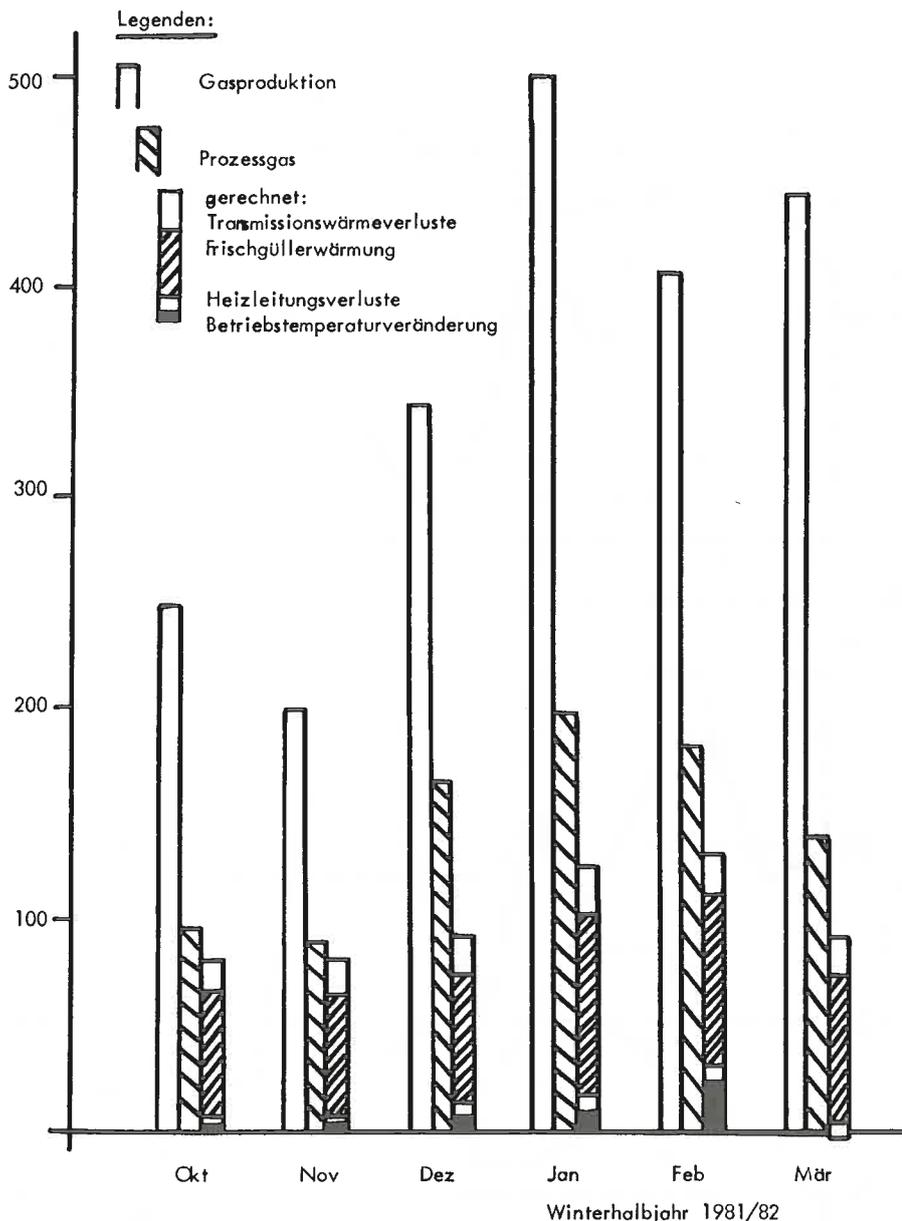


Abb. 14: Energiegehalt der Gasproduktion und der Prozessgasmenge im Vergleich zu den aus Temperaturmessungen errechneten Prozesswärmeanteilen beim Kunststoffsilos.

verlust mit durchschnittlich 14% viel zu gross. Die sechs Heizleitungen sind im Erdreich nicht isoliert. Heizleitungsverluste und Transmissionswärmeverluste machen daher zusammen rund 51% aller Verluste aus (Abb. 15). Bei richtiger Isolation könnten beide Transmissionswärmeverlustarten zusammen auf weniger als die Hälfte reduziert werden. Damit würde

der Prozessenergieanteil einschliesslich Frishgüllerwärmung im Jahresdurchschnitt nicht 57, sondern nur rund 40% betragen. Dieser immer noch hohe Prozessenergieanteil von 40% gegenüber 30% im Normalfall [1, 2, 5] wird teilweise durch die durch das Weiden verursachte niedrige Gasproduktion von 41 m³/Tag erklärt. (Tabelle 2). Da die Frishgülle- und

auch die Umgebungstemperatur (Sammelkanäle im Stall und Fermenter im Erdreich) verhältnismässig hoch sind – im Durchschnitt 17,8 bzw. 10 Grad – hätten gute Voraussetzungen für einen niedrigen Prozessenergieanteil bestanden. Der Heizungswirkungsgrad liegt im Durchschnitt eines Jahres bei 71%. Das ist die untere Grenze des üblichen Bereiches bei Heizkesseln [4].

5.4 Betonsilo

Beim Betonsilo fällt die hohe Leistung von über 600 kWh/Tag auf (Abb. 17). Der Grund dafür ist fetthaltiges Futter (zum Teil Suppe aus einer Kadaverwertung). Die Gülle davon gibt mehr Gas ab. Der CO₂-Gehalt des Gases ist bei dieser Anlage im Vergleich zu den anderen am geringsten (Durchschnitt 28% [Abb. 13]). Da auch die Frishgülltemperatur wegen der Vorbelüftung mit 18 Grad im Durchschnitt hoch und die Anlage mit 0,34 W/m²K gut isoliert ist (Tabelle 1), ist ein geringer Prozessenergieanteil zu erwarten.

Das Verhältnis der Verluste Frishgülleerwärmung zu Fermenter-Wärmetransmission ist mit durchschnittlich 2 : 1 normal (Tabelle 2). Da die Heizrohre im Heizraum unisoliert sind, macht der Heizleitungsverlust 4% der Prozessenergie aus. Es ergibt sich für das Winterhalbjahr wegen der hohen Gasproduktion ein totaler Prozessenergieanteil von 27%. Der Heizungswirkungsgrad ist mit durchschnittlich 59% sehr schlecht.

5.5 Betonsilo mit Gasdom

Bei dieser Anlage ist die Gasproduktion mit im Durchschnitt 46 m³/Tag bei über 400 Schweinen erheblich unter dem Erwartungsbereich (Tabelle 2).

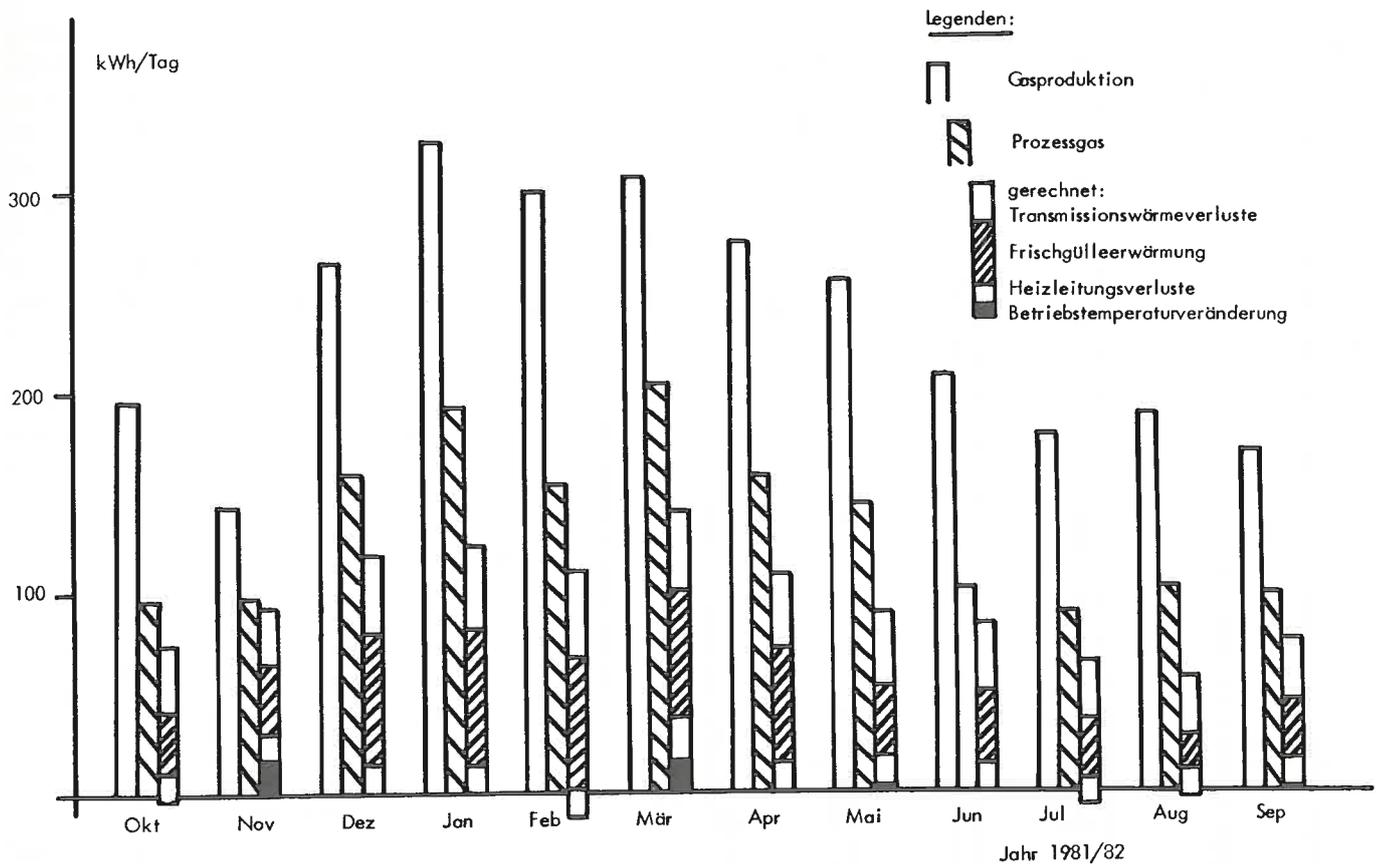


Abb. 15: Energiegehalt der Gasproduktion und der Prozessgasmenge im Vergleich zu den aus Temperaturmessungen errechneten Prozesswärmeanteilen bei der Unterfluranlage.

Die direkt gemessene Prozessenergie beträgt durchschnittlich 35% des Energiegehaltes der Gasproduktion. Sie ist viel zu hoch, zumal dabei kein Heizungswirkungsgrad berücksichtigt werden musste. Auch sind die Heizleitungsverluste gering, da bei dieser Anlage die Heizleitungen im Heizraum und im Erdreich gut isoliert sind (1% der Prozessenergie).

Der Grund für den hohen Anteil an Transmissionswärmeverlusten ist die unisolierte Gasdomwand. Der Gasdom wäre durch Isolation an der Wand aufgeschwommen. Die unisolierte Wand wirkt jetzt wie ein Heizkörper, und je nachdem, wie hoch der Gasdom aus der Gülle herausragt, stellen sich andere Wärmeverluste ein. Rechnet man mit halb herausragendem



Abb. 16: Betongrube als Fermenter; der Schnee ist im Bereich der Wände getaut, da hier Wärmebrücken vorhanden sind.

Tabelle 3: Strombedarf der Motoren der Biogasanlagen

Anlage	Stromverbrauch in kWh/Tag				Total
	Heizungs-Umwälzpumpe	Güllepumpe	Rührwerk	Gebläse	
Kunststoffsilo	1.5	0.6	-	5.4	7.5
Unterfluranlage	1.4	-	0.8	-	2.2
Betonsilo	1.0	0.7	5.3	9.8	16.8
Betonsilo mit Gasdom	0.9	0.3	13.5	-	14.4

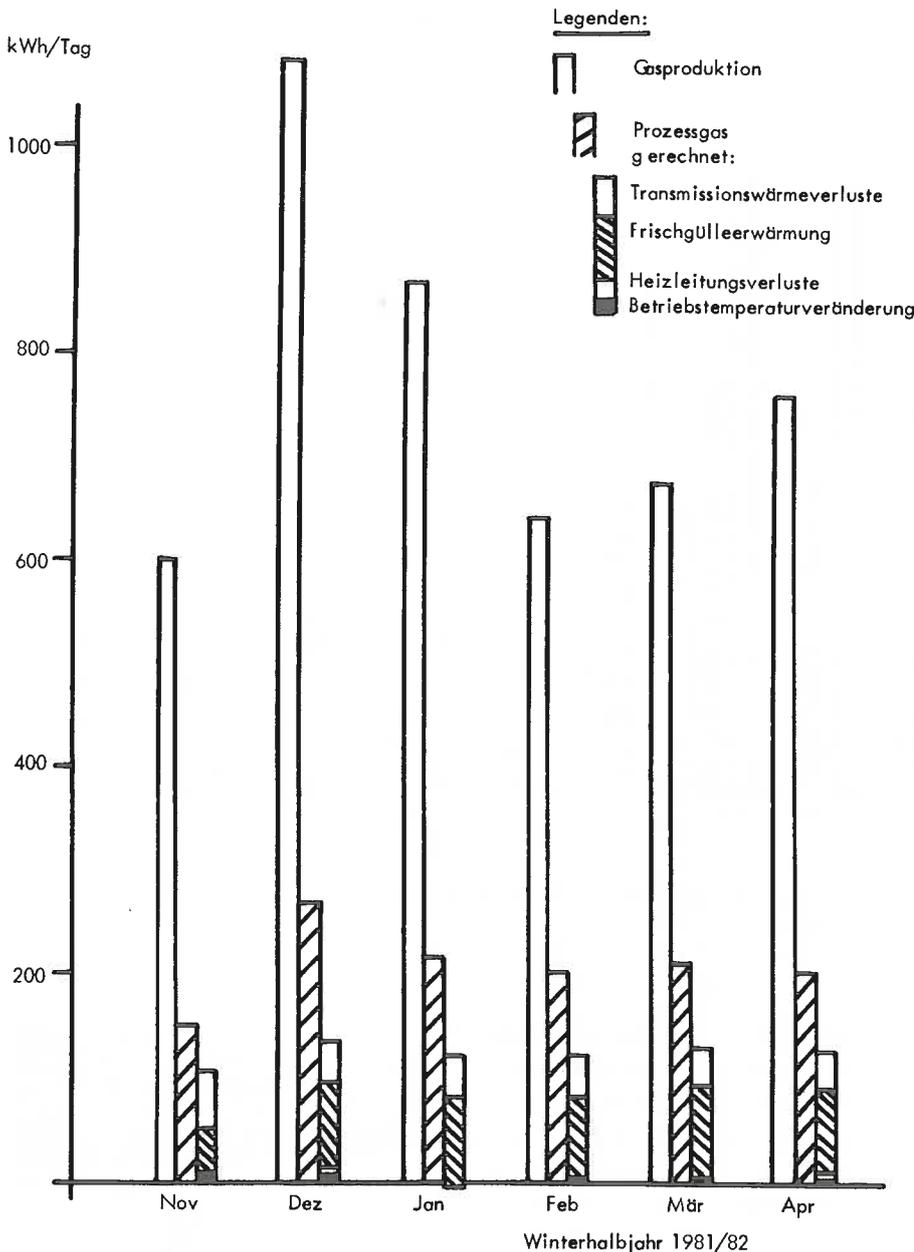


Abb. 17: Energiegehalt der Gasproduktion und der Prozessgasmenge im Vergleich zu den aus Temperaturmessungen errechneten Prozesswärmeanteilen beim Betonsilo.

Gasdom, so sind die Transmissionswärmeverluste mit 52% sogar höher als die Verluste durch Frischgülleerwärmung (Abb. 18).

5.6 Strombedarf

Wie steht es um den Strombedarf zum Antrieb der Motoren? In Tabelle 3 ist der Strombedarf der Motoren jeder Anlage angegeben. Dazu wurden die Stromaufnahme gemessen und die

dazugehörige Laufzeit erfragt. Bei den Umwälzpumpenmotoren war die Stromaufnahme rund doppelt so hoch wie die angegebene Leistung.

Obwohl die Motoren der Gülleförderpumpen von allen Motoren einer Biogasanlage am stärksten sind, benötigen sie wegen der kurzen Laufzeiten doch sehr wenig Strom. Sie werden gar von den kleinen Heizungsumwälzpumpen wegen ihrer langen

Laufzeit mit rund 1,2 kWh/Tag übertroffen. Am meisten Strom benötigen die Gasgebläse (5 bis 10 kWh/Tag). Bei Rührwerken kann der Strombedarf sehr unterschiedlich sein. Rohrpropeller benötigen wegen langer Laufzeiten sehr viel Strom (in den Betonsilos, 5 bis 15 kWh/Tag), Haspelrührwerke weit weniger (Unterfluranlage, 1 kWh/Tag). Je nach Ausrüstung schwankt der totale Strombedarf einer Biogasanlage zwischen 2 bis 17 kWh/Tag.

6. Schlussfolgerungen

Bei Biogasanlagen sollte man, um Prozessenergie zu sparen, den Fermenter lückenlos und mehr als 12 cm stark isolieren, die Frischgülle möglichst unverdünnt und so lagern, dass sie wenig abkühlen kann, die Heizleitungen vollständig isolieren und solche Heizgeräte einbauen, die mit Biogas ihren hohen Wirkungsgrad beibehalten. In manchen Fällen wird man es vorziehen, das Biogas zu entschwefeln.

Literatur

- [1] Göbel, W., Kaufmann, R., Zur Planung von Biogasanlagen, Landtechnik, KTBL, Darmstadt, Sept. 1980.
- [2] Göbel, W., Biogasanlagen in der Praxis, TAB, Bertelsmann-Verlag, Gütersloh, Nr. 8, 1981.
- [3] Göbel, W., Bestimmung der Anteile der Prozessenergie bei einer Biogasanlage, Blätter für Landtechnik 246, FAT Tänikon, 1984.
- [4] Recknagel, Sprenger, Taschenbuch für Heizung- und Klimatechnik, P. Oldenbourg Verlag, 1975.

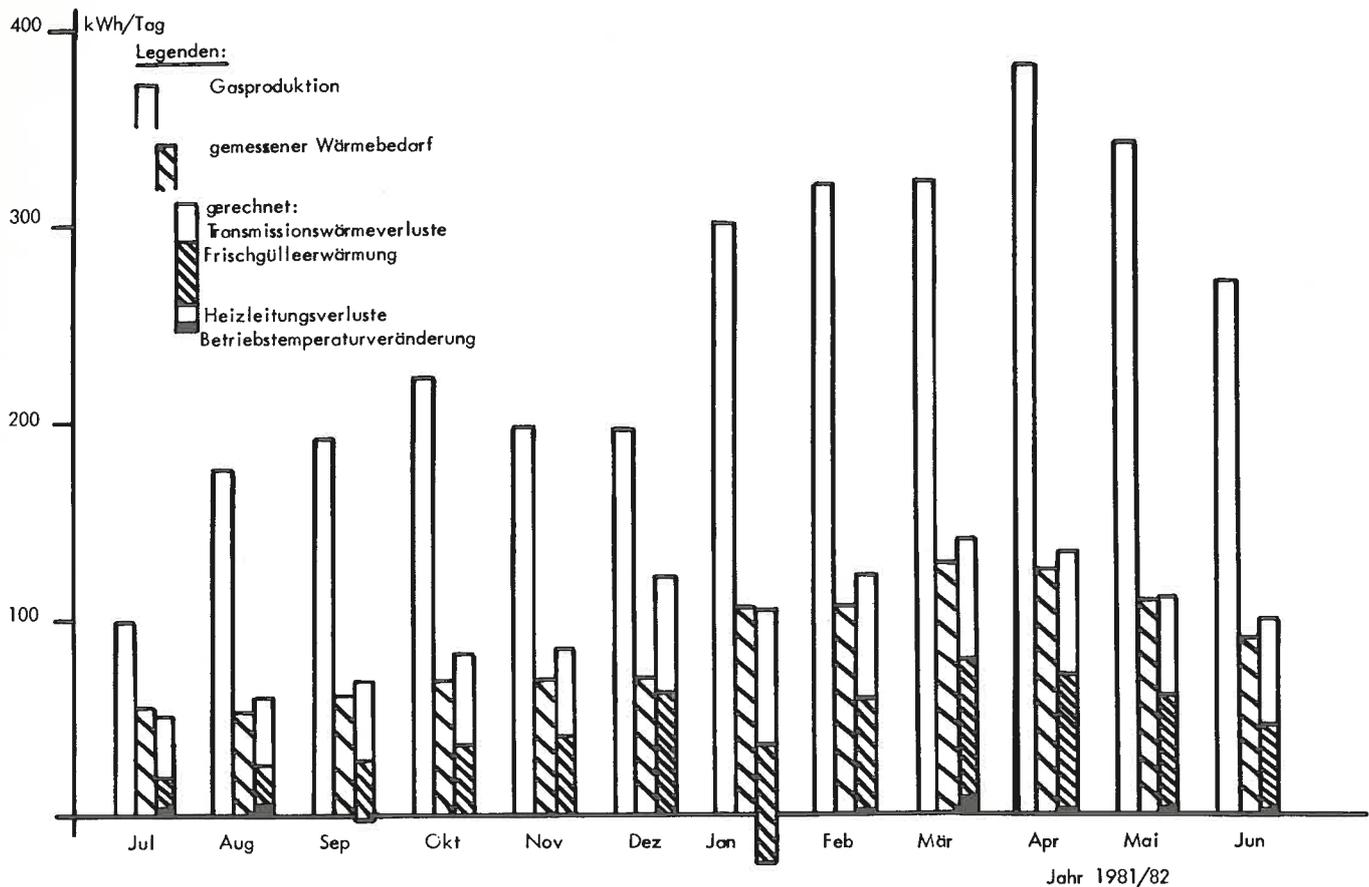


Abb. 18: Energiegehalt der Gasproduktion und gemessener Wärmebedarf im Vergleich zu den aus Temperaturmessungen errechneten Prozesswärmeanteilen beim Betonsilo mit Gasdom.

- [5] Wellinger, A., Egger, K., Sutter, K., Biogasproduktion und -verbrauch: biologische und verfahrenstechnische Grundlagen, Schriftenreihe der FAT 23, Tänikon, 1985.
- [6] Wellinger, A., Edelmann, W., Favre, R., Seiler, B., Woschitz, D., Biogas-Handbuch, Verlag Wirz, Aarau, 1984.

Allfällige Anfragen über das behandelte Thema, sowie auch über andere landtechnische Probleme, sind an die unten aufgeführten kantonalen Maschinenberater zu richten. Weitere Publikationen und Prüfberichte können direkt bei der FAT (8356 Tänikon) angefordert werden.

ZH	Schwarzer Otto, Landw. Schule Weinland, 8408 Wülflingen	Tel. 052 - 25 31 21
BE	Brunner Samuel, Bergbauerschule Hondrich, 3702 Hondrich	Tel. 033 - 54 11 67
	Herrenschwand Willy, Landw. Schule Seeland, 3232 Ins	Tel. 032 - 83 32 32
	Hofmann Hans Ueli, Landw. Schule Waldhof, 4900 Langenthal	Tel. 063 - 22 30 33
	Marthaler Hansueli, Landw. Schule Langnau, 3552 Bärau	Tel. 035 - 2 42 66
	Marti Fritz, Landw. Schule Rütli, 3052 Zollikofen	Tel. 031 - 57 31 41
	Mumenthaler Rudolf, 3752 Wimmis	Tel. 033 - 57 11 16
LU	Moser Anton, Landw. Schule Schüpfheim, 6170 Schüpfheim	Tel. 041 - 76 15 91
	Schäli Ueli, Landw. Schule Willisau, 6130 Willisau	Tel. 045 - 81 33 18
	Wandeler Erwin, Bühlstrasse, 6207 Nottwil	Tel. 045 - 54 14 03
	Widmer Norbert, Landw. Schule Hohenrain, 6276 Hohenrain	Tel. 041 - 88 20 22
UR	Zurfluh Hans, Hochweg, 6468 Attinghausen	Tel. 044 - 2 15 36
SZ	Fuchs Albin, Landw. Schule Pfäffikon, 8808 Pfäffikon	Tel. 055 - 48 33 45
OW	Müller Erwin, Landw. Schule Obwalden, 6074 Giswil	Tel. 041 - 68 16 16
NW	Isaak Franz, Breitenhaus, 6370 Stans	Tel. 041 - 63 11 22
ZG	Müller Alfons, Landw. Schule Schluechthof, 6330 Cham	Tel. 042 - 36 46 46
FR	Krebs Hans, Landw. Schule Grangeneuve, 1725 Posieux	Tel. 037 - 82 11 61
SO	Tschumi Fredi, Landw. Schule Wallierhof, 4533 Riedholz	Tel. 065 - 22 93 42
BL	Langel Fritz, Feldhof, 4302 Augst	Tel. 061 - 83 28 88
	Speiser Rudolf, Aeschbrunnhof, 4461 Anwil	Tel. 061 - 99 05 10
SH	Hauser Peter, Landw. Schule Charlottenfels, 8212 Neuhausen a. Rhf.	Tel. 053 - 2 33 21
AI	Hörlner Hansjürg, Loretto, 9108 Gonten	Tel. 071 - 89 14 52
AR	Klee Anton, Werdeweg 10, 9053 Teufen	Tel. 071 - 33 26 33
SG	Haltiner Ulrich, Landw. Schule Rheinhof, 9465 Salez	Tel. 085 - 7 58 88
	Pfister Theophil, Landw. Schule Flawil, 9230 Flawil	Tel. 071 - 83 16 70
	Steiner Gallus, Landw. Schule Flawil, 9230 Flawil	Tel. 071 - 83 16 70
GR	Stoffel Werner, 7430 Thusis	Tel. 081 - 81 17 39
AG	Müri Paul, Landw. Schule Liebegg, 5722 Gränichen	Tel. 064 - 31 52 52
TG	Monhart Viktor, Landw. Schule Arenenberg, 8268 Mannenbach	Tel. 072 - 64 22 44
TI	Müller Antonio, Ufficio consulenza agricola, 6501 Bellinzona,	Tel. 092 - 24 35 53
	Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Maschinenberatung, 8307 Lindau	Tel. 052 - 33 19 21

FAT-Berichte erscheinen monatlich und können auch in französischer Sprache im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 35.-, Einzahlung an die Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8356 Tänikon, Postcheckkonto 30 - 520.