



Biogas – Möglichkeiten und Grenzen

R. Kaufmann

Seit dem Ansteigen der Energiepreise nimmt das Interesse für die Biogasproduktion aus landwirtschaftlichen Rückständen zu. Die Meinungen über die zukünftige Bedeutung von Biogas gehen jedoch stark auseinander. Eine Studie klärte die Möglichkeiten und Grenzen dieser erneuerbaren Energiequelle bei unserer landwirtschaftlichen Produktions- und Verbrauchsstruktur ab und machte Vorschläge, wie das derart vorhandene Energiepotential möglichst weitgehend zu nutzen wäre. Der vorliegende Bericht fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen.

1. Einleitung

Aufgeschreckt durch die Oelkrisen machten sich initiative Landwirte auf die Suche nach neuen Energiequellen. Sie stiessen dabei auf die Biogasgewinnung mittels anaerober Vergärung von Gülle (das heisst Güllebehandlung unter Luftabschluss). Damit gab eine Technik zur Energiegewinnung bei uns den Einstand, welche in den 50iger Jahren vor allem in Deutschland und Frankreich bekannt war, infolge billiger Oelpreise schnell wieder in Vergessenheit geriet. In Ländern wie China und Indien dagegen ist die Biogasproduktion heute schon weit verbreitet.

Seit der Einführung der Biogastechnik in der schweizerischen Landwirtschaft wurden verschiedentlich Vermutungen angestellt, in welcher Höhe der Beitrag von Biogas an die Energieversorgung zu veranschlagen sei. Eine Grobstudie der SEDE (Société d'étude de l'environnement, Vevey), kam zum Schluss, dass mit Biogas aus

der Gülle aller Nutztiere leicht 2,1% des schweizerischen Endenergiebedarfes abzudecken wären. Dieser Minimalwert sei zudem mit vermehrten Forschungsanstrengungen durchaus auf 4 bis 5% zu erweitern. Diese Werte wurden aber von verschiedener Seite in Frage gestellt. Es bestand zudem ein Bedürfnis, die Struktur der schweizerischen Landwirtschaft im Hinblick auf eine allfällige Biogasproduktion zu analysieren und in diesem Zusammenhang Probleme auf einzelbetrieblicher Ebene abzuklären.

Der vorliegende Bericht hat deshalb zum Ziel, das Potential an Biogas unter Berücksichtigung der Einschränkungen seitens der landwirtschaftlichen Praxis neu abzuschätzen, die vielfältigen Auswirkungen eines vermehrten Einsatzes darzustellen und die Grenzen einer weiteren Verbreitung aufzuzeigen. Damit sollen der Biogasforschung Entscheidungshilfen für die Formulierung zukünftiger Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in die Hand gegeben werden.

Dieser Bericht stützt sich auf aktuelle, vorhandene Daten ab, die natürlich heute einer raschen Entwicklung unterworfen sind. Er weist gleichzeitig auf Lücken in den vorhandenen Kenntnissen hin.

2. Biomassepotential

Bei Verwendung der wichtigsten landwirtschaftlichen «Abfälle» könnte mit der bekannten Technik jährlich Biogas im Umfang von 10 PJ gewonnen werden (Abb. 1, 10 Petajoule = $2,4 \times 10^{12}$ kcal oder 240'000 t Heizöl). Das entspricht **1,6% des schweizerischen Endenergiebedarfes 1975** von 610

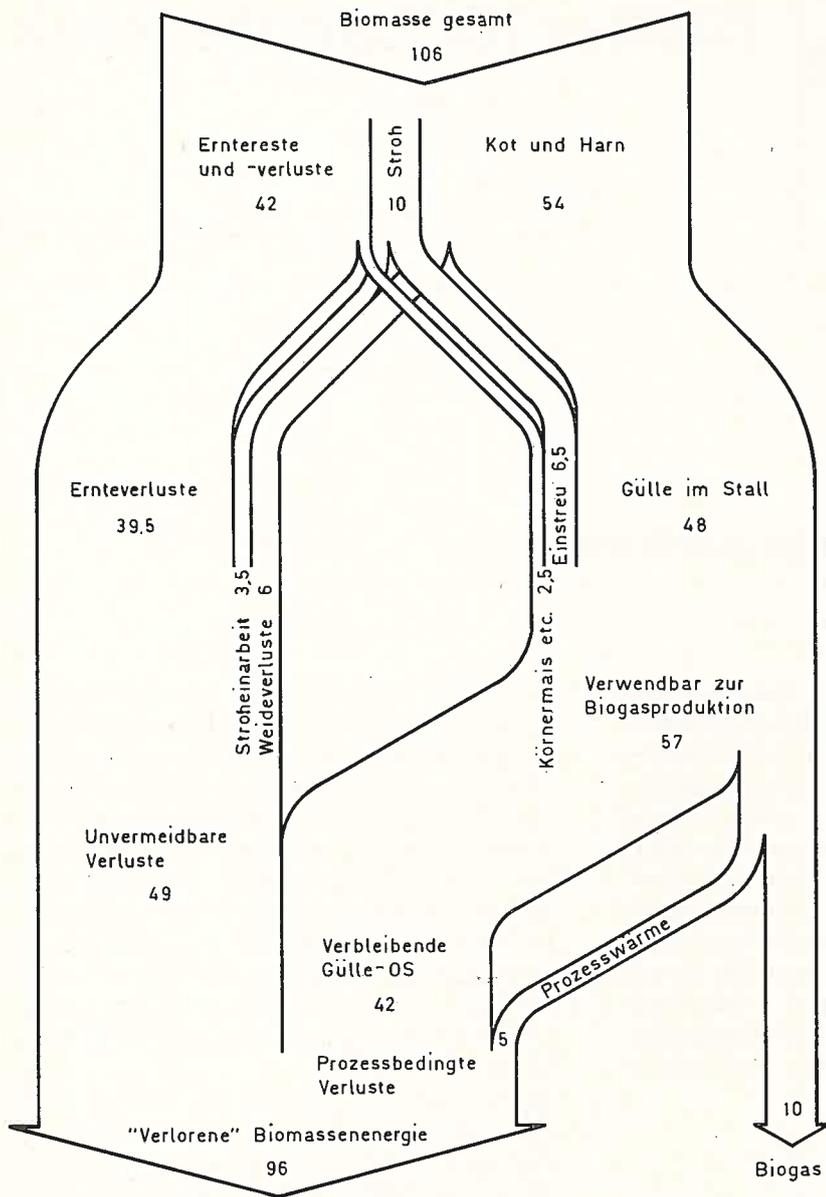


Abb. 1:
 Uebersicht über Umfang
 und Herkunft des schwei-
 zerischen Biogaspotentials
 (Zahlen = PJ/Jahr). Die
 Gülle aus der Nutztier-
 haltung stellt den Haupt-
 teil des Potentials.

PJ und liegt damit höher als die Energiemenge, die jährlich an Holz zum Heizen zur Verfügung steht (1,3% des Endenergiebedarfs).

Diese Berechnung geht aus einer speziellen Auswertung der landwirtschaftlichen Betriebszählung 1975 hervor. Es wurde dabei angenommen, dass sich durchschnittlich ein Viertel der verwendeten organischen Substanz in Biogasenergie umwandeln lässt. 30% der gewonnenen Energie müssen zum Unterhalt der Gärprozesse wieder zurückgeführt werden.

Eine Anhebung des Abbaugrades dank besserer Erforschung und damit Beherrschung der Gärvorgänge sowie eine Senkung des Aufwandes an Prozesswärme mit neuen Verfahren können gesamthaft die Nettogasproduktion (das heisst den nutzbaren Anteil an Biogas) erhöhen. Langfristig gese-

hen lässt sich das Potential um ungefähr 30% auf 13 PJ erweitern und könnte damit einen maximalen Beitrag von 2,1% an die Energieversorgung leisten (Basis 1975).

Die **Gülle aus der Nutztierhaltung** stellt den Hauptanteil des Biogaspotentials. Den grössten Massenanteil liefert dabei das Rind mit 80%. Schweineexkrememente sind absolut gesehen nur von untergeordneter Bedeutung. Pflanzenabfälle könnten hauptsächlich über die Einstreu in der Tierhaltung in den Prozess gelangen. Speziell eingesammelte Erntereste wie Körnermaistroh und Kartoffelkraut sind hingegen für die Biogasgärung nur in bescheidenem Umfang von Interesse.

Analog zur gebietsweisen Verteilung der Tiere in der Schweiz könnte das **Talgebiet** mit Schwerpunkt Mittelland und Ostschweiz einen Grossteil (60%) des Biogases liefern.

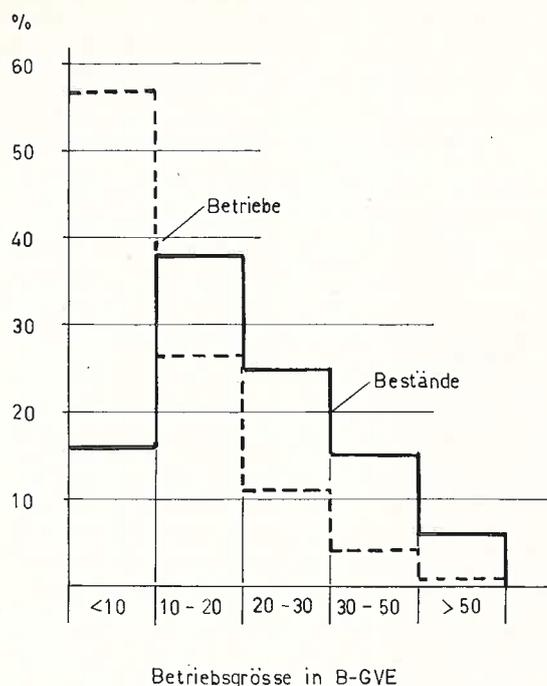


Abb. 2: Verteilung der Betriebe und Tiere (in B-GVE) auf die verschiedenen Betriebsgrößen. 57% aller Betriebe haben nur einen bescheidenen Tierbestand (weniger als 10 GVE). Die Betriebe zwischen 10 und 20 GVE bilden die stärkste Gruppe in Bezug auf den Tierbestand. Obwohl nur 16% der Betriebe mehr als 20 Tiere im Stall haben, stellen sie fast 50% aller Tiere.

In diesen Gebieten ist auch der Anteil mittlerer bis grösserer Viehhaltungsbetriebe (ab 20 Grossvieheinheiten, GVE) höher als im Berggebiet. Allgemein fällt auf, dass 57% aller Betriebe weniger als 10 GVE besitzen oder viehlos sind und auch auf längere Sicht für die Biogasproduktion kaum in Frage kommen (Abb. 2). Die Tiere dieser zahlenmässig bedeutenden Betriebsgruppe, welche Klein- und Nebenerwerbsbetriebe ebenso erfasst wie Betriebe mit Intensivkulturen oder reine Ackerbaubetriebe, liefern aber nur 15% der gesamten organischen Substanz aus Hofdüngern. Anders die viehhaltenden **Betriebe mit 20 GVE** und mehr. Trotz ihrer relativen Minderzahl – 16% aller Betriebe – fällt fast die Hälfte der Gülle- und Mistmenge bei ihnen an.

Mit zunehmender Tierzahl pro Betrieb steigt die Bedeutung der **Schweinehaltung** überproportional an. Machen in Kleinbetrieben die Schweine bezogen auf die mögliche Biogasproduktion nur etwa 4% aus, steigt ihr Anteil in Betrieben über 50 GVE auf mehr als ein Viertel. Unter Grossbetrieben sind folglich Schweinehaltungen häufiger anzutreffen.

Der Ausschöpfung des eingangs erwähnten Gesamt-Potentials sind aber praktische Grenzen gesetzt. Die Verbrauchscharakteri-

stik des Einzelbetriebes, welche eine 100%ige Ausnutzung des produzierten Gases verunmöglicht, ist dabei ebenso zu berücksichtigen wie die Betriebsstruktur (zum Beispiel Kleinbetriebe), die bauliche Situation (enge Bauverhältnisse; mehrere Einzelställe pro Betrieb) und nicht zuletzt die wirtschaftliche Seite. Im folgenden soll deshalb näher auf die einschränkenden Faktoren eingegangen werden.

3. Einschränkungen durch die Verbrauchsstruktur

Es hängt wesentlich von der Art der Nutzung ab, welche Menge Biogas der einzelne Landwirtschaftsbetrieb verwerten kann. Folgende drei grundsätzlich verschiedene Nutzungsvarianten wurden durchgerechnet:

- «Heizung»
- «Wärme-Kraftkoppelung»
- «Treibstoffersatz»

Nutzungsvariante I «Heizung»

Eine der Hauptbeschränkungen auf dem Einzelbetrieb bringt die ungenügende zeitliche Uebereinstimmung von Gasproduktion und Energiebedarf mit sich. Infolge der geringen Energiedichte von Biogas und damit gekoppelt der erschwerten Lagerfähigkeit entsteht zeitweise Ueberschuss beziehungsweise Mangel an Biogas. Am Beispiel der bei weitem einfachsten und technisch am besten beherrschten Verwertungsmethode, der Gasverbrennung zum Heizen und Erwärmen des Wassers, lässt sich diese ungenügende Deckung von Verbrauch und Produktion anschaulich demonstrieren (Abb. 3).

Die tiefen Aussentemperaturen im Winter bringen der Anlage grössere Wärmeverluste als im Sommer und damit einen höheren Prozesswärmebedarf. Für die Nutzung verbleibt damit weniger Nettogas. Das entstehende Energiemanko zur Winterszeit muss mit einem Hilfsheizsystem abgedeckt werden. Der Sommer dagegen zeichnet sich durch Gasüberschüsse aus.

Bei Berücksichtigung der geringeren Güllmengen im Sommer infolge Sömmerung und Weidegang fallen diese Ueberschüsse etwas kleiner aus. Das wirkt sich jedoch bei der angenommenen Verwertungsart kaum auf die Menge der zuletzt genutzten Biogasmenge aus.

Wie die Graphik (Abb. 3) zeigt, können in einem 25 GVE-Betrieb 45% des erzeugten Bruttogases (oder eine Energiemenge von 3700 kg Oel) nutzbar eingesetzt werden, und zwar unter günstigen Produktionsbe-

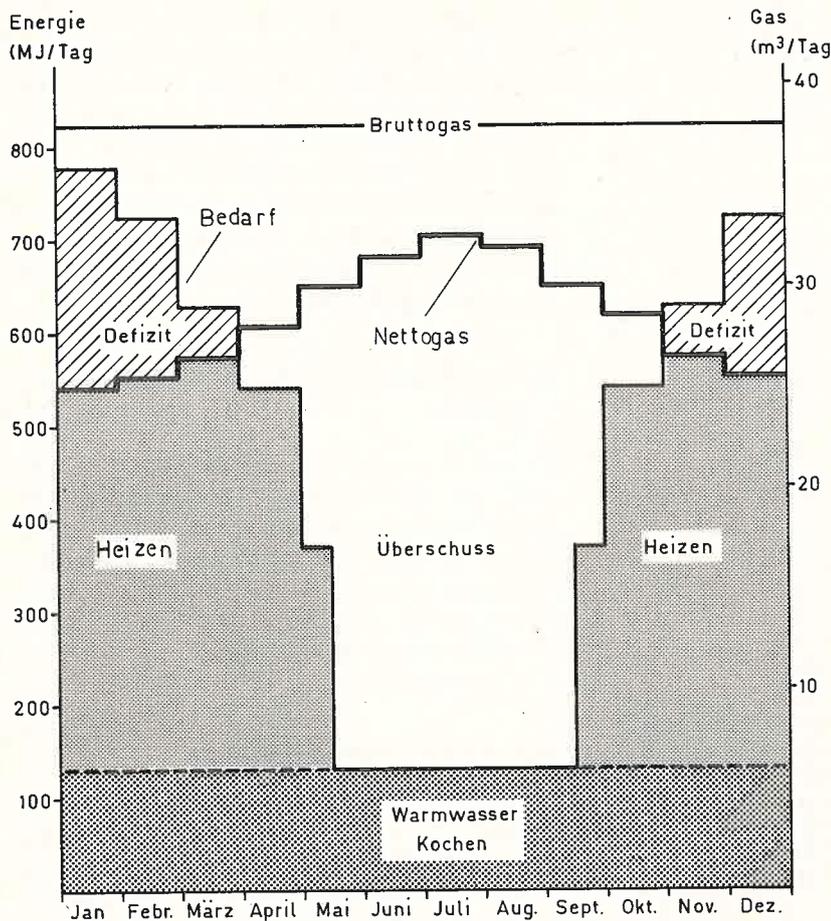


Abb. 3: Gegenüberstellung von möglicher Gasproduktion und -verwertung (Annahmen: Betrieb von 25 GVE, Heizölverbrauch: jährlich 3500 kg für das Heizen, 1000 kg für die Warmwasserproduktion, optimale Isolation des Gärbehälters): Vom Bruttogas verbleibt unter Abzug von 25% Prozesswärme (Jahresdurchschnitt) eine Nettogasmenge, die saisonal schwankt. Im Winter entsteht dadurch ein Energiedefizit und im Sommer ein Ueberschuss (30% der Bruttogasmenge). Der genutzte Anteil beträgt in diesem Fall 45% der totalen Bruttogasproduktion.

dingungen (wenig Prozessenergie wegen guter Isolation und geringer Auskühlung der zufließenden Gülle). Bei der Modellrechnung bezogen auf die Verhältnisse in der ganzen Landwirtschaft wurde ein durchschnittlicher Energieverbrauch für Heizzwecke im Umfang von umgerechnet 3500 kg Oel (2500 kg für Heizen, 1000 kg für Warmwasser und Kochen) pro Betrieb und Jahr angenommen.

Dieser Energiebedarf scheint relativ unabhängig von der Betriebsgrösse zu sein (Ausnahme: klimatisierte Ställe der Intensivtierhaltung). Der Nutzungsgrad des erzeugten Biogases nimmt darum mit zunehmender Betriebsgrösse ab. Gerade in den Betriebsgruppen mit hohem Gülleanfall (30 GVE und mehr), erfolgt auf diese Weise eine geringere Ausnützung der Gasenergie. Insgesamt könnten mittels der Nutzungsvariante «Heizen» 53% des ursprünglichen Potentials verwirklicht werden (Abb. 4, Variante I).

Schränkt man den Kreis der Biogasbetriebe nach der Tierzahl weiter ein auf die Betriebe mit mehr als 20 GVE – gemäss derzeitiger Praxis wird für kleinere Bestände der Bau einer Anlage kaum diskutiert –, so schrumpft das anfänglich ermittelte Biogaspotential von 10 PJ auf 2,5 PJ jährlich nutz-

bare Energie zusammen. Bereits das Erreichen dieses Wertes erfordert einen relativ hohen Aufwand, müssten doch mehr als 20'000 Betriebe mit Biogasanlagen ausgerüstet werden.

Nutzungsvariante II «Wärmekraftkoppelung»

Die Produktion von Elektrizität auf dem Betrieb mit Hilfe von Wärmekraftkoppelung (nutzbar sind dabei Elektrizität und Abwärme des Motors) müsste die Biogasausnützung verbessern. Aller Ueberschussstrom würde dabei ins öffentliche Netz fließen, welches als riesiger Energiespeicher dient. Rein rechnerisch bestätigt sich die Annahme verbesserter Energieausnutzung, denn vor allem Grossbetriebe vermögen derart einen bedeutend höheren Gasanteil zu verwerten. Ein 40 GVE-Betrieb könnte sein Gas zum Beispiel um 80% besser ausnutzen als bei der Variante «Heizen». Durch die Ausrüstung aller Betriebe (grösser als 20 GVE) mit einer derartigen Energiezentrale wäre knapp ein Drittel des theoretischen Potentials verwendbar (Abb. 4 Variante II). Technisch ist eine derartige Energieumwandlung noch wenig ausgereift – ganz zu schweigen von der heute noch äusserst problematischen Wirtschaftlichkeit

(der Strompreis müsste bei mindestens 15 bis 20 Rappen pro kWh liegen) – um in grossem Massstab eingesetzt zu werden.

Nutzungsvariante III «Treibstoffersatz»

Die ebenfalls durchgerechnete Variante «Treibstoffersatz» – im Winter normal heizen mit Biogas, im Sommer Verwendung des Ueberschussgases zum Traktorbetrieb – bringt eine bescheidene Verbesserung in der Ausnutzung des Potentials (Abb. 4, Variante IV). Die technischen Probleme lassen sich allerdings noch kaum überblicken.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Realisierung des theoretischen Biogaspotentials abhängt von der Gasverwertung, von der Lösung des Ueberschussproblems und von der Erfassung einer grossen Zahl von Betrieben für die Biogasgewinnung, vor allem auch der Betriebe mit kleinen Tierbeständen (zwischen 10 und 20 GVE). Gerade für die Erfüllung dieser letzten Forderung bestehen aber auf dem traditionellen Landwirtschaftsbetrieb verschiedene Hindernisse. Im nächsten Abschnitt werden einige unter dem Begriff «Strukturelle Beschränkungen» zusammengefasst und erläutert.

4. Strukturelle Beschränkungen

Die Form des traditionellen schweizerischen Landwirtschaftsbetriebes begrenzt die Ausbreitung der neuen Biogastechnolo-

gie in verschiedener Hinsicht, besonders durch seine **bauliche Struktur**, die üblicherweise vorhandenen **Entmistungsformen** und die verbreiteten **Heizsysteme**.

Eine wiederum speziell durchgeführte Auswertung der Betriebszählung von 1975 zeigt auf, dass Betriebe, die ihren Tierbestand in zwei und mehr Ställen unterbringen, recht häufig anzutreffen sind. 80% der Betriebe der Grösse 20 bis 30 GVE brauchen für ihre Tiere zwei und mehr Ställe. In der Klasse 10 bis 15 GVE ist der Anteil solcher Betriebe kleiner, aber mit 60% immer noch deutlich in der Ueberszahl gegenüber Betrieben mit nur einem Stallgebäude. Mit zunehmender Betriebsgrösse steigt offensichtlich der Anteil von «**Mehrstall-Betrieben**».

Soll unter solchen Umständen alle Gülle vergoren werden, steht man vor der Entscheidung, mehrere Gärbehälter einzurichten oder die Gülle zu einem zentralen Gärbehälter zu führen. Ein solcher Aufwand erschwert selbstverständlich die Biogasproduktion.

Auch das **Alter der Gebäude** spielt eine Rolle. In Neubauten oder bei Sanierungen lassen sich Biogasanlagen am kostengünstigsten einbauen. Wohl sind rund ein Drittel aller Ställe über 10 GVE dreissigjährig und älter und daher mindestens teilweise sanierungsbedürftig. Gerade die grösseren dieser Betriebe wurden in den letzten Jah-

Varianten der Gasverwendung

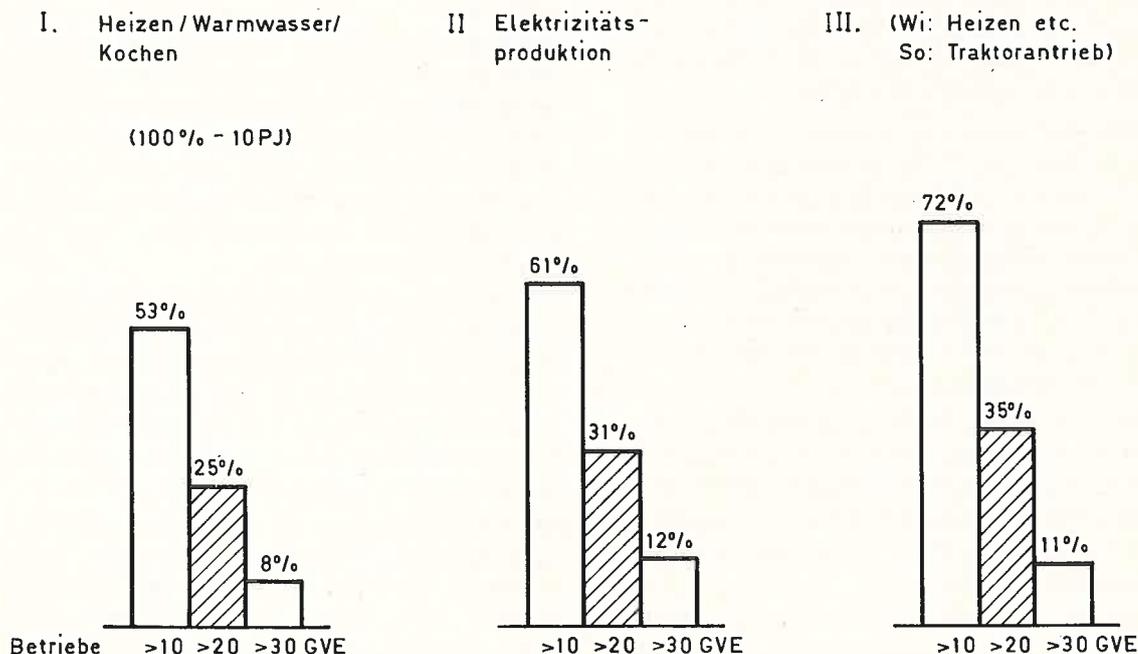


Abb. 4: Unterschiedliche Gasnutzungsverfahren schränken das ursprünglich berechnete Biogaspotential ebenso ein wie die Berücksichtigung verschiedener Betriebsgrössen.

ren intensiv erneuert – man denke nur an den Siedlungsbau – so dass in diesem Bereich kein besonderer Nachholbedarf zu befriedigen ist. Zudem wird aufgrund der angespannten Absatzverhältnisse für Landwirtschaftsprodukte und den Sparbestrebungen beim Bund die bauliche Rationalisierung nicht besonders forciert. Die bereitgestellten Gelder gehen heute vermehrt in Bauprojekte des Berggebietes und damit in Betriebe, die von der Grösse her für die Biogasproduktion weniger interessant sind. Hingegen könnten die neuen Anforderungen des **Gewässerschutzes** einen gewissen Impuls zur Errichtung von Biogasanlagen geben. Im Zuge der Sanierung prekärer Güllegrubenverhältnisse liessen sich in vielen Fällen mit wenig Mehraufwand Biogasbehälter erstellen.

Die bei uns weit verbreitete Herstellung von **Festmist** bildet keine günstige Voraussetzung für die Biogasproduktion. Für die Beschickung der kontinuierlich laufenden Anlagen (Durchflusssystem), wie sie sich heute allgemein durchsetzen, sind flüssige Ausgangsprodukte notwendig. Von Vorteil wäre Vollgülle aus Schwemmkanälen und ähnlichen Entmistungsverfahren. Allerdings fallen nur knapp 20% unserer Hofdünger in dieser geeigneten Form an.

Eine bedeutende Ausweitung solcher Entmistungsverfahren oder eine vermehrte «Mistverflüssigung» (mit Hilfe von Mixerpumpen) hätte – abgesehen vom finanziellen Aufwand für den Umbau – noch unbekannte Auswirkungen auf die Umwelt. Bei unsachgemässer Anwendung flüssiger Hofdünger besteht bekanntlich die Gefahr des oberflächlichen Abflusses und der Ausschwemmung von Nährstoffen.

Verfahren der Biogasgewinnung direkt aus Festmist kamen früher in Frankreich häufig zum Einsatz und werden heute in Forschungsprogrammen weiterverfolgt. Neben diversen biologischen Unbekannten besteht unter anderem eine Haupteinschränkung in arbeitswirtschaftlicher Hinsicht, da das Befüllen und Entleeren der Gärbehälter sehr aufwendig ist.

Weitere wesentliche strukturelle Beschränkungen der Ausbreitung von Biogasanlagen im schweizerischen Raum sind in den bestehenden Heizsystemen und in der Konkurrenz durch andere alternative Energiequellen begründet.

Holz nimmt noch heute einen wichtigen Platz im Wärmehaushalt des Landwirtschaftsbetriebes ein. Knapp 60% der Landwirte besitzen im Mittel 2,5 ha eigenen Wald

und verfügen damit über eine billige, erneuerbare Energiequelle. Mehr als 60% der Heizgeräte im landwirtschaftlichen Haushalt können mit festen Brennstoffen betrieben werden. Im Bereich «Heizen» kommt es folglich zu einer eindeutigen Konkurrenz in der Energieselbstversorgung zwischen Holz und Biogas.

Auch andere Verfahren zur **alternativen Energiegewinnung** wie Sonnenkollektoren (speziell auch für die Heubelüftung), Wärmerückgewinnung aus der Stallluft, Wärmepumpeinsatz usw. überschneiden sich bei der Wärmeerzeugung mit dem Haupteinsatzbereich von Biogas. Die langfristig kostengünstige und sinnvollste Lösung wird sich durchsetzen und diese braucht durchaus nicht «Biogas» zu heissen.

5. Wirtschaftlichkeitsberechnung

Bisher ist diese Seite des Problems wenig beachtet geblieben. Obwohl es sicher verfrüht ist, die neue Technologie am Anfang ihrer Entwicklung bereits auf ihre Wirtschaftlichkeit hin zu durchleuchten, wurden doch Ueberlegungen zu den **kostenbeeinflussenden Faktoren** angestellt und gewisse **Modellrechnungen** durchgeführt.

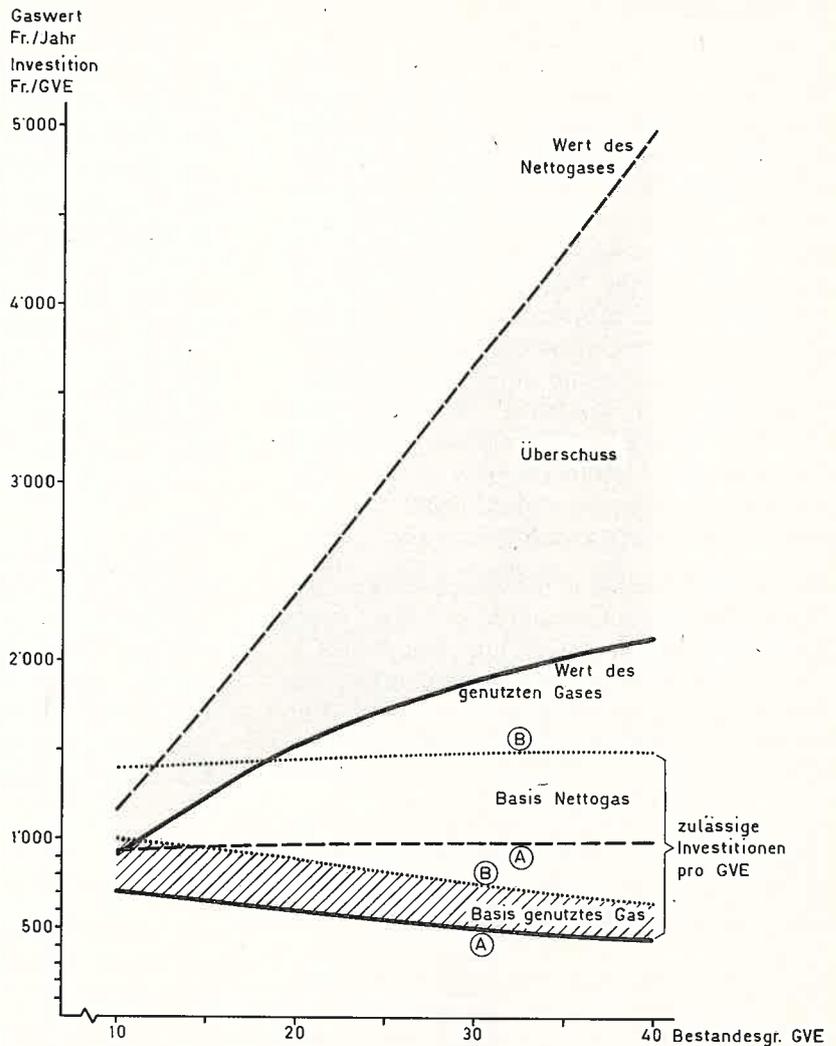
Neben der Gasproduktion üben der Grad der Energieausnutzung auf dem Betrieb, die Betriebskosten (Arbeitszeitbedarf, Energiekosten für das Rührwerk), die Entwicklung des Energiepreises und die möglichen Erlöse aus der Energieabgabe an Dritte einen direkten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit aus.

Auch die tatsächlich notwendigen Anlageinvestitionen können in weiten Grenzen schwanken in Abhängigkeit von der baulichen Ausgangslage – ob Erstellung im Rahmen eines Neu- bzw. Umbaus oder Integration in einen bestehenden Betrieb – vom Grad der Selbsthilfe oder von der Wahl des Behältertypes.

Zu den zahlenmässig erfassbaren Grössen gesellen sich andere Vorteile der Biogasgewinnung, zum Beispiel Düngermehrwert, Geruchsverminderung, Verminderung der Energieabhängigkeit usw., die weniger messbar sind und von einzelnen Landwirten ganz verschieden gewichtet werden.

Modellrechnungen für die Gasverwendung zum Heizen und Warmwasserbereiten unter Annahme von durchschnittlichen Bedarfswerten zeigen, dass bei heutigen Energiepreisen die wirtschaftlich zulässigen Investitionen in eine Anlage zwischen Fr. 700.– pro GVE bei einem Tierbestand von 10 GVE

Abb. 5:
Zulässige Investitionen in eine Biogasanlage in Abhängigkeit der Betriebsgrösse. **A** bei stabilen Energiepreisen, **B** bei einem realen Energiepreisanstieg von 5% pro Jahr. Annahmen: Von Betriebsgrösse unabhängiger Energiebedarf im Haushalt (2500 kg für Heizen, 1000 kg für Warmwasser); technisch optimale Ausföhrung der Biogasanlage; jährliche Kosten: 12,5% der investierten Summe für Amortisation, Zinsanspruch und Reparaturen; vernachlässigt sind dabei die Betriebskosten (Elektrizität für Röhrrwerk, Arbeitskosten).



und Fr. 400.— pro GVE bei 40 GVE schwanken (Abb. 5). Die Unterschiede röhren vom tieferen Ausnützungsgrad der poduzierten Energie in grösseren Betrieben her bei der Annahme gleichen Energieverbrauchs im Haushalt. In Erwartung einer jährlichen realen Energievertteuerung von 5% könnten schon heute rund 50% mehr investiert werden (Fr. 1000.— pro GVE bei 10 GVE bzw. Fr. 700.— pro GVE bei 40 GVE). Falls alles Gas Verwendung findet, resultieren zulässige Investitionen von rund Fr. 1000.— pro GVE (unbeeinflusst von der Betriebsgrösse) bzw. Fr. 1500.— pro GVE bei steigendem Energiepreis.

Wie erwähnt beruhen diese Berechnungen auf Durchschnittswerten. Die Zahlen sind deshalb für die Planung des Einzelfalles untauglich. Vergleiche mit tatsächlich entstandenen Investitionskosten bis zu Fr. 2000.— pro GVE und mehr geben aber den Hinweis, dass die heutigen Biogasanlagen für die meisten Betriebe noch zu teuer sind.

Die Elektrizitätsproduktion mittels **Wärme-Kraftkoppelung** erlaubt vor allem Grossbe-

trieben eine erhebliche Mehrnutzung, falls der Ueberschussstrom ans Netz abgegeben werden kann. Trotzdem lohnt sich diese Verwertungsmethode nur in Ausnahmefällen. Für einen 40 GVE-Betrieb mit einer jährlichen Elektrizitätsproduktion von 30'000 kWh bei einer Laufzeit des Totem (Fiat) von 2400 Stunden (6,6 h/Tag) entstehen Betriebskosten von 11,3 Rappen/kWh allein für die Energieumwandlung. Damit fliesst aber der Biogasproduktion noch kein zusätzlicher Ertrag zu, obwohl, bedingt durch Umwandlungsverluste, eher ein geringerer Anteil vom Heizbedarf des Hauses mit der Totemabwärme ersetzt werden kann als beim direkten Heizen mit Biogas. Die Preisangebote seitens der Elektrizitätswerke liegen bestenfalls im Bereich von 6 Rappen/kWh je nach Jahreszeit und Tarifstufe!

Die Verwendung als **Treibstoffersatz** lässt noch keine genaue Rechnung zu. Doch zeigt eine überschlagsmässige Rechnung, dass man mit Biogasantrieb deutlich teurer fährt als mit gewöhnlichen Treibstoffen.

6. Energiebilanz

Energiebilanzen dienen in neuerer Zeit immer mehr als Massstab für die Effizienz von energieproduzierenden Anlagen und erlauben damit neben dem wirtschaftlichen Vergleich auch eine Gegenüberstellung von ganzen Energieproduktionssystemen aufgrund physikalischer Kenngrössen. Ein Kernpunkt dieser Methode bildet die Errechnung des **Erntefaktors**. Dieser sagt aus, um wieviel die während der ganzen Lebensdauer gewonnene und auch genutzte Energiemenge den gesamten Energieeinsatz übertrifft. Eine energieproduzierende Anlage muss einen deutlich über 1 liegenden Erntefaktor aufweisen. Liegt er darunter, so vernichtet die Maschinerie Energie!

Der Energieeinsatz in die Biogasproduktion lässt sich in zwei Elementen gliedern: in die Energieinvestition beim Bau, amortisiert je nach Lebensdauer, und in den laufenden Betrieb (hauptsächlich in Form von elektrischer Energie für das Pumpen und Rühren).

Die Bezugsenergieform ist das Oel. Man vergleicht eingespartes Heizöl mit der für Produktion und Betrieb aufgewendeter Oelmenge. Elektrizität wird mit einem Faktor 3 auf Oeleinheiten umgerechnet.

Der **Beton** besticht als Baumaterial durch seine geringe jährlich zu amortisierende Energiemenge (Abb. 6). Das rührt einerseits von der langen Lebensdauer (zirka 20 Jahre) und andererseits von dem relativ bescheidenen Energieeinsatz in die Materialherstellung her. Unsicherheit besteht noch über die Haltbarkeit der Verbindung von Isolation und Beton (Feuchtigkeit!). Ueberdies lassen sich Kältebrücken infolge der An-Ort-Fertigung nicht durchwegs vermeiden.

Für die Herstellung eines **Kunststoffbehälters** gleicher Grösse braucht man etwa das zweifache an Energie. Denn Erdöl dient bei der Produktion nicht nur als Wärmequelle, sondern auch als Rohstoff (1 kg Kunststoff erfordert etwa 2 kg Oel). Die erwiesene Lebensdauer liegt etwas tiefer als bei Beton (15 Jahre), dafür ist die Verbin-

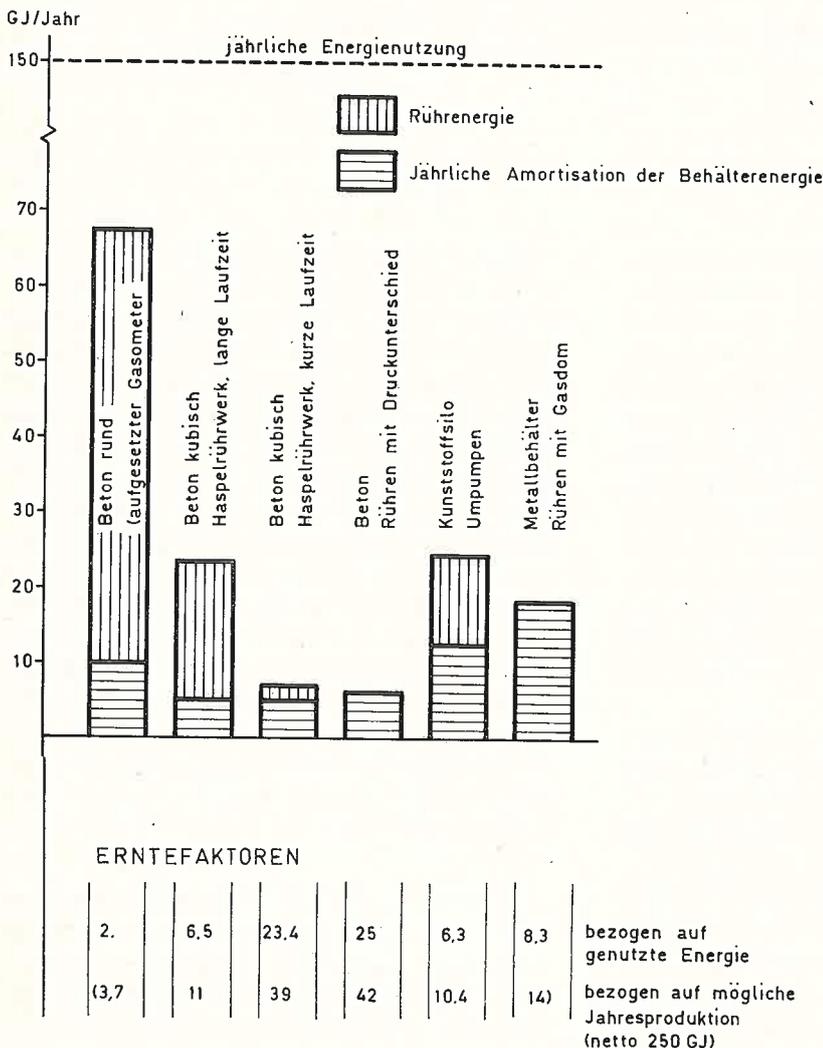


Abb. 6: Jährlicher Fremdenenergiebedarf (d. h. von aussen zugeführte Energie) für Bau und Betrieb verschiedener Biogasanlagen. Die mittlere genutzte Energiemenge übersteigt den Energieeinsatz in allen Fällen, zum Teil sogar deutlich. Dadurch resultieren Entefaktoren im Bereich von 2.0 (ähnlich wie Sonnenkollektoren) bis 25 (besser als Kernkraftwerke). Im speziellen Fall, wenn alles Gas genutzt werden kann, liegen die Erntefaktoren sogar wesentlich höher.

dung Mantelmaterial-Isolation fabrikationstechnisch lückenlos zu fertigen.

Reine Metallbehälter gelten energetisch als ungünstig.

Unterschiede im **Rührbedarf** bei den verschiedenen Anlagen beeinflussen den Erntefaktor ganz wesentlich. So wird zum Beispiel bei der Betonanlage (Rundsilos) mit aufgesetztem Metallgasometer infolge der besonderen Heiztechnik länger gerührt, als für die Durchmischung des Gärinhaltes notwendig wäre. Daneben existieren Verfahren, die gänzlich ohne mechanische Umwälzeinrichtungen auskommen (Rühren mit Druckunterschied bzw. mit Hilfe der Bewegung des Gasdoms).

Aufgrund der ermittelten Erntefaktoren sind Biogasanlagen eindeutig zu den energieproduzierenden Anlagen zu zählen. Innerhalb der verschiedenen Anlagensysteme zeichnen sich grosse Unterschiede ab, wobei die günstigsten bezüglich Erntefaktor in den Bereich von Kernkraftwerken (Erntefaktor = 25) vorstossen und die ungünstigsten immer noch im Bereich von Sonnenkollektoren (Erntefaktor = 2) liegen.

7. Schluss

Der Beitrag von Biogas an die schweizerische Energieversorgung ist aus verschiedenen Gründen bescheidener als in früheren Studien angenommen (tiefere Gasausbeute bei Praxisanlagen, höhere Prozessenergie usw.). Dazu kommen diverse strukturbedingte Hindernisse und das teilweise Fehlen geeigneter Verbraucher.

Ein Grossteil des landwirtschaftlichen Energiebedarfes (Diesel, Elektrizität) lässt sich nur beschränkt durch Biogas ersetzen. Auch auf weitere Sicht verbessert sich die Energieunabhängigkeit der Landwirtschaft daher nicht wesentlich.

Dennoch bleibt Biogas eine der idealsten, derzeit bekannten Methoden zur **Nutzung des Energiepotentials aus Biomasse mit hohem Wassergehalt**. Der Rohstoff (Gülle oder Mist) ist ohnehin vorhanden, liegt überdies bereits in gesammelter Form vor und verändert seine ursprüngliche Düngerwirkung durch die Behandlung nicht grundlegend. Die dezentrale Struktur des Gülleanfalls stellt für die Biogasproduktion kein wesentliches Hindernis dar und bringt zudem den Vorteil, dass der überwiegende Teil der Energie gleichenorts verbraucht werden kann.

Für den Einzelbetrieb kann die Biogastechnologie dann von Bedeutung sein, wenn sich gewisse augenfällige Vorteile bieten.

Sie können in arbeitswirtschaftlicher Erleichterung, in Kosteneinsparungen oder in Komfortsteigerungen bestehen.

Aus folgenden Gründen aber sind in der Regel von landwirtschaftlichen Biogasanlagen heute **keine Spar- und Rationalisierungseffekte** zu erwarten:

- hohe Investitionen,
- technisch noch nicht ausgereift,
- Gas nicht zu 100% auf dem Betrieb nutzbar,
- Landwirtschaft verfügt in den überwiegenden Fällen mit dem Holz über eine eigene, erneuerbare Energiequelle.

Auf diesen offensichtlich vorhandenen Schwächen heutiger Anlagen aufbauend gilt es, für die weitere Anlagenentwicklung folgende **Zielvorstellungen** im Auge zu behalten:

- Gewährleistung der **Betriebssicherheit mit minimalem Betriebsaufwand** (wartungs- und bedienungsarme Verfahren anstreben, minimaler Fremdenergieeinsatz für Pumpen und Rühren, geringer Bedarf an Prozesswärme).
- **Tiefe Investitionskosten und lange Lebensdauer** (Vereinfachen von Gärbehälter und Installationen, Standardisierung von Bauelementen, Ermöglichen von Eigenleistungen).
- **Optimale Abstimmung auf Verwertungsmöglichkeiten** (weitere Verwertungsmöglichkeiten erschliessen, minimale Speicherung anstreben).
- Anlagekonzept soll sich sinnvoll in bestehende Betriebe eingliedern lassen; vor allem auch in kleinere Betriebe unter 20 GVE.

In diesem Sinne ist in Zukunft noch einige Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu leisten.

*

Die Details zur vorliegenden Uebersicht sind in einer Systemstudie über den möglichen Umfang und die Bedeutung der Biogaserzeugung und -verwertung aus biogenen Roh- und Abfallstoffen in der Landwirtschaft zusammengefasst. Sie werden demnächst in der FAT-Schriftenreihe als Nr. 11 veröffentlicht.

Die Studie wurde durch den Schweizerischen Nationalfonds im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes VII B veranlasst und ermöglicht.

Nachdruck der ungekürzten Beiträge unter Quellenangabe gestattet.
