

daß die Ackerbauzweige wieder zu sehr differenziert in Erscheinung treten, während eine Differenzierung in den Zweigen der Tierzucht gewöhnlich fehlt.

Im Abschnitt IV - „Die besonderen Merkmale der Entwicklung der Kolchose, MTS und Sowchose“ können drei Themen beibehalten werden: „Festigung und Entwicklung der gesellschaftlichen Wirtschaft der Kolchose“, „Entwicklung der MTS und Verbesserung ihrer Arbeit“, „Entwicklung der Sowchose und Verbesserung ihrer Arbeit“. Dieser Aufbau des Abschnitts ergibt sich aus den Hauptaufgaben der Landwirtschaft, die vom XIX. Parteitag der KPdSU formuliert wurden, und aus den Forderungen der Partei und Regierung, tiefer in die Ökonomik der konkreten Betriebe einzudringen.

Abschnitt V „Die Gesetzmäßigkeiten beim Übergang des sozialistischen Systems der Landwirtschaft zum allgemein kommunistischen“ beinhaltet ein oder zwei Themen; hier geht es um das Gemeinsame und die Besonderheiten dieser Systeme der Landwirtschaft und um die Bedingungen beim Übergang von der ersten Form in die zweite auf dem Wege vom Sozialismus zum Kommunismus und auch um die Maßnahmen der Kommunistischen Partei und Sowjetregierung bei der Lösung dieser Aufgaben.

Anschließend müssen die weltumspannende historische Bedeutung der klassischen Erfahrungen der UdSSR und die Anwendung dieser Erfahrungen durch die Länder der Volksdemokratie behandelt werden.

So ungefähr muß das Rahmenprogramm in der Ökonomik der sozialistischen Landwirtschaft als Wissenschaft aussehen.

Die Stellung der Ökonomik der sozialistischen Landwirtschaft als Wissenschaft innerhalb der verwandten ökonomischen Wissenschaften

Die politische Ökonomie ist die theoretische Grundlage der Ökonomik der sozialistischen Landwirtschaft. Diese stützt sich auf die allgemeinen Thesen der politischen Ökonomie, konkretisiert sie angewandt auf die Bedingungen der Landwirtschaft unter Berücksichtigung aller ihrer Besonderheiten und der ganzen

Vielfalt der Erscheinungen und Prozesse, die in ihr vor sich gehen.

Die Ökonomik der sozialistischen Landwirtschaft ist ihrerseits die theoretische Grundlage für die Organisation der sozialistischen Landwirtschaft und deren Planung. Die Anwendung und die Vervollkommnung der Formen und Methoden der Organisation und Planung der sozialistischen Landwirtschaft werden durch ihre Natur, durch den Charakter der ihr eigenen Gesetzmäßigkeiten, durch die Erfolge in der Entwicklung bestimmt. Die Organisation und Planung der sozialistischen Landwirtschaft ist der Gegenstand der Wirtschaftspolitik und diese wiederum baut sich auf den wissenschaftlichen Grundlagen auf, auf der Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung der sozialistischen Landwirtschaft, die von der Ökonomik der sozialistischen Landwirtschaft als Wissenschaft zu ergründen sind.

In diesem Zusammenhang haben W. Tjulin und C. Romanischenko recht, wenn sie unterstreichen, daß man die Planung der sozialistischen Landwirtschaft nicht mit der Ökonomik der sozialistischen Landwirtschaft vereinigen darf, um ihren Gegenstand zu unterscheiden. Und unrecht hat A. Romanischenko, der vorgeschlagen hat, die Planung auf die Ökonomik und Organisation der sozialistischen Landwirtschaft aufzuteilen. Wenn man schon eine Vereinigung anstrebt, dann sollte man zweckmäßigerweise die Planung und die Organisation der sozialistischen Landwirtschaft zusammenfassen, da beide Gegenstand der Wirtschaftspolitik sind.

Es muß auch bemerkt werden, daß die Organisation der sozialistischen Landwirtschaft die organisatorischen Fragen der gesamten Landwirtschaft und nicht nur der Betriebe studieren muß. Die Planung der sozialistischen Landwirtschaft muß ihrerseits die Planung der Betriebe und nicht nur der Landwirtschaft in ihrer Gesamtheit umfassen (man darf nicht das Teil vom Ganzen und das Ganze vom Teil trennen).

Das waren einige Ausführungen über die Notwendigkeit des Bestehens der Ökonomik der sozialistischen Landwirtschaft als Wissenschaft, über ihren Gegenstand, ihre Untergliederung, die Themen und die Stellung derselben innerhalb der ihr verwandten Wissenschaften und wissenschaftlichen Disziplinen.

AU 2051

Energetische Fragen bei der biologischen Gaserzeugung in der Landwirtschaft

Von Prof. Dr. S. ROSEGGER, TH Dresden, Institut für landtechnische Betriebslehre

DK 628.338: 631.371

1. Einleitung

Die bisherige Entwicklung von Biogasanlagen, besser gesagt Humus- und biologische Gasanlagen, für die Landwirtschaft hat auch der landtechnischen und biologischen Wissenschaft in unserer Republik Anlaß gegeben, sich mit diesem Fragenkomplex zu befassen. Neben einigen anderen Versuchsanlagen wurde auch an der Technischen Hochschule Dresden eine Versuchsanlage errichtet und in Betrieb genommen, um zur Klärung der Frage beizutragen, ob sich eine umfangreiche und kostspielige Entwicklungsarbeit lohnt und ob sich für die weitere Entwicklung unserer Landwirtschaft daraus neue Perspektiven ableiten lassen (Bild 1).

Mit fortschreitender Erforschung dieses Gebietes, besonders in Westdeutschland, und den sich aus diesen Arbeiten ergebenden technischen und arbeitswirtschaftlichen Möglichkeiten, ist die Phantasie nicht nur der landwirtschaftlichen Praxis, sondern auch der Wissenschaft stark angeregt worden und hat zu Schlußfolgerungen geführt, die nicht immer der Wirklichkeit entsprechen. Das liegt zum großen Teil daran, daß sich mit den Zusammenhängen der Biologie und der Verfahrenstechnik bei der biologischen Gasgewinnung nur ein kleiner Kreis von Spezialisten befaßt und mit den technischen Bedingungen zum Bau derartiger Anlagen nur die daran arbeitenden Techniker und Landwirte vertraut sind.

Die Atmosphäre, die sich aus dieser Situation ergibt, löst auf der einen Seite übergroße Erwartungen und auf der anderen Seite eine vielleicht berechtigte Vorsicht aus. Das charakterisiert z. Z. das Stadium der Entwicklung dieser Anlagen für die Landwirtschaft und wird oft durch Sensationsmeldungen der Presse über noch nicht abgeschlossene Forschungsarbeiten verschärft.

Obwohl es sich bei dem Prozeß der biologischen Gasgewinnung um einen etwa 180 Jahre alten bekannten Vorgang handelt [1], bedeutet die Anwendung der inzwischen entwickelten neuen Verfahren zur Verwertung aller organischen Stoffe für unsere landwirtschaftlichen Betriebe doch eine umwälzende Entwicklung.

Über das Ausmaß der Folgerungen für die Landwirtschaft wurde bereits in einigen vorliegenden Arbeiten berichtet¹⁾.

Zweifellos fällt diese Entwicklung in das große Geschehen des Umbruchs, der sich zur Zeit in der Landwirtschaft vollzieht. Ich glaube an dieser Stelle darauf hinweisen zu dürfen, daß die Zukunft unserer Landwirtschaft nicht allein von den technischen Fortschritten abhängig sein wird, sondern daß im gleichen Maß die biologischen Möglichkeiten, die sich uns eröffnen, daran beteiligt sein werden. Es würde nicht ohne Folgen für uns sein.

¹⁾ Deutsche Agrartechnik (1955) H. 4. S. 136. H. 6, S. 200 bis 205.

würde sich die Landwirtschaft dieser Stärke und dieser Reserven zu spät besinnen!

Auf Grund unserer Energielage neigen wir dazu, die Humus- und biologische Gaserzeugung vorwiegend von der Energie-seite her zu betrachten. Es dürfte feststehen, daß neben der eigentlichen Gaserzeugung die Stoffhaltung eine sehr erhebliche Bedeutung hat, die im Vergleich zu den uns bekannten hohen Verlusten der üblichen aeroben Stallmistaufbereitung und -verwertung bei der Humus- und biologischen Gaserzeugung wesentlich günstiger liegt. Voraussetzung dafür ist, daß die technische Faulgrenze nicht überschritten wird. In gleichem Maß sind die arbeits- und betriebstechnischen Folgerungen solcher Anlagen wichtig, die ganz in unserer Zielrichtung auf der Suche nach neuen Wegen der Mechanisierung der Innenwirtschaft und der Vereinfachung der landwirtschaftlichen Produktion liegen. Es besteht immer mehr die Tendenz, auf die letzteren Faktoren das Hauptgewicht zu legen.

Trotzdem treten bei der Frage der Einführung von Verfahren zur Humus- und biologischen Gaserzeugung in der Landwirtschaft im Hinblick auf das Ringen um eine tragbare Rentabilität unserer Betriebe Probleme der Energie in den Vordergrund des Interesses, wenn auch die Gasgewinnung niemals der eigentliche und alleinige Zweck sein darf.

2. Fragen des wirtschaftlichsten Verfahrens zur Ausfäulung organischer Stoffe

Die Ausfäulung organischer Stoffe im Rahmen der Abwasser- verwertung unserer Großstädte erfolgt seit Jahren mit gutem Erfolg nach dem Verfahren des bekannten deutschen Ab- wassertechnikers *Inhoff* [2]. Bei der Anwendung dieses Ver- fahrens in der Landwirtschaft kamen *Schmidt* und *Eggersgluß* zu einem inzwischen im praktischen Betrieb bereits bewährten eigenen Verfahren [3]. Diesem Verfahren liegt die mesophile Gärung bei einer Faultemperatur von 32° C zugrunde. *Kert- scher* arbeitet in seiner Versuchsanlage mit der thermophilen Gärung bei einer Faultemperatur von etwa 50° C [4].

Beide Möglichkeiten des Abbaues organischer Stoffe mit Hilfe der verschiedenen Methangas produzierenden Bakterien bedingen folgende Technologie des Betriebes von Humus- und biologischen Gasanlagen:

- Die organischen Stoffe kommen in verflüssigtem und pumpfähigem Zustand zur Ausfäulung.
- Um eine wirtschaftliche Ausfäulung zu erreichen, ist eine künstliche Aufheizung des Faulgutes auf eine konstante Temperatur von 32° C bzw. 50° C erforderlich.

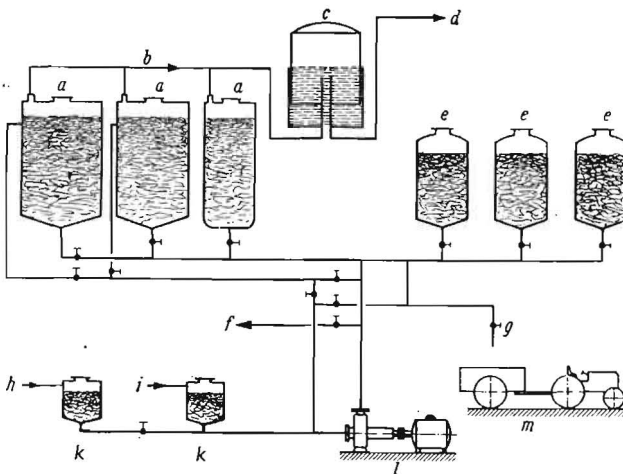


Bild 1. Schema der Biogasversuchsanlage Dresden (Faulkapazität von 15 GVE) a drei Faulräume (nach verschiedenen Verfahren), b Gas, c Niederdruckgasbehälter, d Gas als Brennstoff für den Dampferzeuger der Anlage, zum Heizen und Kochen und zur Erzeugung von elektrischer Energie, e Düngeschlamm-Silos (Gesamtspeicherraum 150 m³), f Abschwemmdruckleitung zu den Entmüstungsanlagen, g Zapfstelle für Düngeschlamm, h Abschwemmlleitung der Entmüstungsanlage Rindviehstall, i Abschwemmlleitung der Entmüstungsanlage Mastschweine- stall, k Misch- und Sammelbehälter der Entmüstungsanlage, l Zentral- pumpe, m Transport des Düngeschlamm zum Feld mit Trieb- achsanhänger

Bild 2. Wärmebedarf bei zylindrischem Faulraum im Verhältnis zur erzeugten Gasmenge

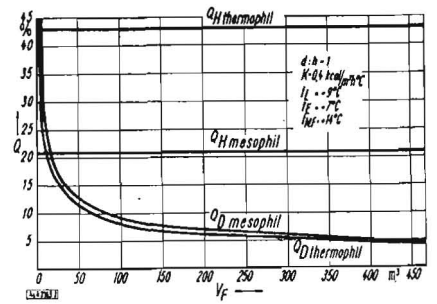
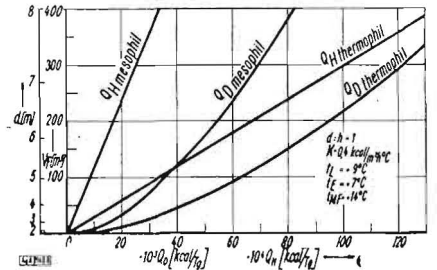


Bild 3. Die absoluten Wärmeverluste bei mesophiler und thermophiler Fäulung



Diese beiden Voraussetzungen für den Betrieb von Biogas anlagen bedingen bei der mesophilen Gärung einen der längeren Faulzeit entsprechenden großen Faulraum, demgegenüber aber einen geringeren Energieaufwand für die Aufheizung, während bei der thermophilen Gärung der Faulraumbedarf entsprechend kleiner ist (die Faulzeit beträgt etwa nur die Hälfte der Zeit für die mesophile Gärung), der Energieaufwand für die Aufheizung des Faulgutes auf 50° C aber bedeutend höher liegt. Darüber hinaus kann in unseren Klimaten der Wärmefwand bei thermophiler Fäulung und tiefen Außentemperaturen sowie schlecht isolierten und ungeschützten Misch- und Sammelgruben so groß werden, daß eine Anlage im Winter die gesamte erzeugte Gas- energie zur Aufrechterhaltung des Abbauprozesses benötigt. Die Beobachtungen während der Kälteperiode am Ende des letzten Winters bestätigen diese Annahme.

Aus diesem Grund wurde eine im Zusammenhang mit unserer Versuchsanlage stehende allgemeine energiewirtschaftliche Untersuchung angestellt, die in der Arbeit meines Mitarbeiters *Neuling* „Der Wärmefwand für den Betrieb von Biogas- anlagen“ näher erläutert ist [5]. Die Werte sind für zylindrische Faulräume mit einem Verhältnis des Durchmessers zur Höhe $d : h = 1$ ermittelt worden, weil diese Faulraumform nach den derzeitigen wärmewirtschaftlichen Erkenntnissen als die gün- stigste zu betrachten ist. Für die Berechnung des Diagramms wurden die Werte unserer Versuchsanlage zugrunde gelegt (Bild 2).

Das Diagramm zeigt den notwendigen Wärmefwand für den Betrieb von Biogasanlagen in Prozenten der erzeugten Gasenergie. Es zeigt ferner den verhältnismäßig hohen Auf- wand für die Heizung bei der thermophilen Fäulung mit einem konstanten Wert von 43,7%. Für die mesophile Fäulung werden 20,8% der erzeugten Gasenergie benötigt. Die Wärme- verluste dagegen sind bei Faulraumvolumina ab 100 m³ gering im Verhältnis zur erzeugten Gasmenge.

Die absoluten Verluste durch Wärmeleitung und Wärme- strahlung der Faulräume sind jedoch für die thermophile Fäulung zu hoch, wie aus dem Diagramm klar hervorgeht (Bild 3). Auch von dieser Seite her ist die thermophile Fäulung der Vergärung den Vorteil des kleineren notwendigen Faulraumes auf- weist, erscheint es nach den vorliegenden Erkenntnissen günstiger, aus den erwähnten energiewirtschaftlichen Gründen die mesophile Gärung im praktischen Betrieb anzuwenden.

Aus den Darstellungen ergibt sich, daß Faulraumbehälter unter 100 m³ einen steigenden Verlust an Energie durch Wärme- strahlung und -leitung aufweisen und daß demzufolge, von der energiewirtschaftlichen Seite betrachtet, derartige Verwertungs- anlagen für Kleinbetriebe kaum in Frage kommen.

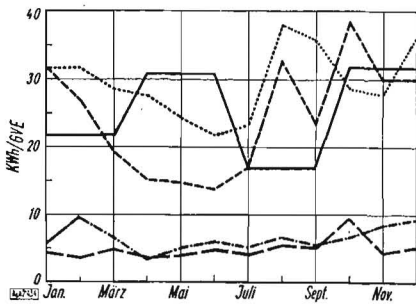


Bild 4 (oben links). Elektroenergieverbrauch verschiedener landwirtschaftlicher Betriebe

Bild 5 (oben rechts). Benzinverbrauch verschiedener landwirtschaftlicher Betriebe

Bild 6 (unten links). Dieseldieseltreibstoffverbrauch verschiedener landwirtschaftlicher Betriebe

Bild 7 (unten rechts). Brennstoffverbrauch verschiedener landwirtschaftlicher Betriebe

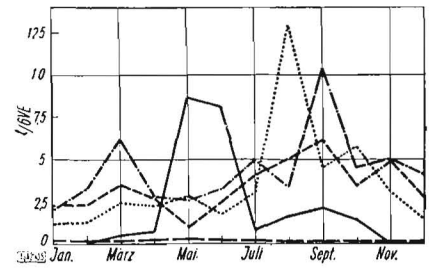
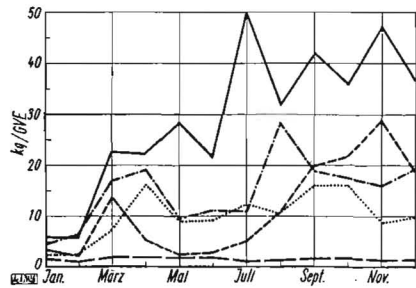


Bild 5 (oben rechts). Benzinverbrauch verschiedener landwirtschaftlicher Betriebe



	ha	GVE/100 ha
— Versuchsgut: LN	66,71,	62,00
- - - Akademiegut: LN	818,04,	57,00
· · · Akademiegut: LN	703,31,	49,00
- · - Akademiegut: LN	1252,96,	64,00
— LPG:	LN 700,00,	74,44

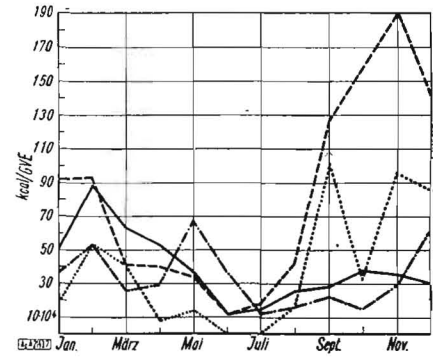


Bild 7 (unten rechts). Brennstoffverbrauch verschiedener landwirtschaftlicher Betriebe

Die Frage, ob es richtig erscheint, die mit der Technologie der aufgezeigten Verfahren zusammenhängende Verflüssigung der organischen Stoffe im Hinblick auf die erforderliche hohe Energiemenge für das Aufheizen vorzunehmen, kann folgendermaßen beantwortet werden:

a) Die Technologie des Betriebes von Humus- und biologischen Gasanlagen läßt sich mit pumpfähigem Faulgut über eine zentrale Pumptanlage technisch und wirtschaftlich am einfachsten lösen.

b) Die Verkürzung und Vereinfachung der Arbeitskette für die Stallmist- bzw. Dungschlammausbringung auf der Grundlage einer pumpfähigen Konsistenz ist von so großem betriebstechnischen und arbeitswirtschaftlichen Vorteil, daß energiewirtschaftliche Konzessionen in Kauf genommen werden können [6].

c) Die Möglichkeit der gleichzeitigen Verwertung der Jauche und sonstiger Abwässer im landwirtschaftlichen Betrieb ist mit dieser Verwertungsmethode gegeben und erspart zusätzliche Anlagen und Einrichtungen.

Obwohl bereits Verfahren zur Trockenvergärung des Stallmistes und sonstiger organischer Abfälle wissenschaftlich untersucht werden, erscheint der Betrieb von Humus- und biologischen Gasanlagen auf der Grundlage der Verflüssigung des Stallmistes sowohl von der energiewirtschaftlichen Seite als auch aus den bereits dargestellten Gründen am zweckmäßigsten.

Wenn es darüber hinaus der bakteriologischen Forschung gelingt, die Aktivität und die Arbeitsintensität der Methanbakterien durch Reizstoffe oder züchterische Maßnahmen zu erhöhen, dürfte es möglich sein, den notwendigen Faulraum kleiner zu halten und die Wärmeverluste herabzusetzen.

Es muß der weiteren Forschung vorbehalten bleiben, neue Möglichkeiten zu finden, um durch verfahrenstechnische Maßnahmen die Energiebilanz bei den derzeit angewandten Methoden für die Verwertung des Stallmistes günstiger zu gestalten.

Die hohen Aufwendungen für die Aufheizung des Faulgutes können durch den Wirkungsgrad der Feuerungsanlage und der verschiedenen Wärmeübertragungseinrichtungen in unterschiedlicher Richtung beeinflußt werden.

Die Erwärmung des Faulgutes durch horizontal oder vertikal angeordnete Heißwasserschlangen ist die bisher allgemein übliche Methode, wobei der vertikalen Anordnung im Hinblick auf evtl. erforderliche Reparaturen der Vorzug zu geben ist. Um eine günstige Wärmeübergangszahl zu erreichen, ist hierbei jedoch eine künstliche Zirkulation nicht zu umgehen. Die von

Burghardt entwickelte und schon seit Jahren im Berliner Großklärwerk Stahnsdorf in Betrieb befindliche kombinierte Rührwerk-Heizvorrichtung hat diesen Nachteil nicht.

Eine praktisch verlustlose Wärmeabgabe ist durch das von Keefer [7] entwickelte Aufheizungsverfahren gegeben. Es handelt sich um einen Gasbrenner, dessen Flamme und auch die verbrannten Gase direkt mit dem Schlamm in Berührung kommen und so eine Zirkulation entstehen lassen. Leider liegen exakte Ergebnisse z. Z. noch nicht vor.

Die Methode des Einpumpens von heißem Wasser in den Faulraum hat sich einmal aus wirtschaftlichen Gründen - Verbrauch großer Wassermengen und Inanspruchnahme wertvollen Faulraums - nicht behaupten können, zum anderen hat Downes [8] nachgewiesen, daß durch das Einbringen heißen Wassers in den Faulschlamm unerwünschte Ausflockungen entstehen.

Die Bedienung der Heißwasser-Wärmetauscher ist mit zu großem Handarbeitsaufwand verbunden, um sich trotz der hierbei sehr günstigen Wärmeübergangszahl durchsetzen zu können.

Zu erwähnen sind in diesem Zusammenhang noch die Vorschläge von Miles [9] und von Smith und Morris [10]. Letztere berichten über die Anwendung einer Wärmepumpe für die Faulraumbeheizung einer Kläranlage. Es wird Aufgabe der Forschung sein, die Anwendungsmöglichkeit auf die Beheizung von Biogas-Faulschlamm zu überprüfen. In neuerer Zeit hat sich die Aufheizung der Faulräume mit Frischdampf immer mehr durchgesetzt. Auch die Dresdner Anlage wird nach diesem Prinzip beheizt. Eine Schädigung der Methanbakterien, die Temperaturen bis zu 70° C aushalten, an der Stelle des Dampfeintritts ist wohl nachweisbar, wird aber sofort durch entsprechend günstigere Lebensbedingungen in der näheren Umgebung wieder ausgeglichen.

Die Bohrungen zum Einblasen des Dampfes dürfen nach unseren Erfahrungen einen Durchmesser von 6 mm nicht überschreiten, weil starke, leicht zum Bruch führende Schwingungen in der Rohrleitung entstehen. Der Dampferzeuger muß in der Lage sein, die Widerstände in den Rohrleitungen und den statischen Druck der Schlammsäule zu überwinden.

Unsere Versuche zur Klärung, welches Heizmaterial und welche Methode am wirtschaftlichsten sind, sind z. Z. noch nicht abgeschlossen.

Aus dieser nur übersichtsmäßigen Betrachtung über die Wege und die wirtschaftlichen Möglichkeiten für den Betrieb von Humus- und biologischen Gasanlagen geht hervor, daß der entscheidende Faktor der Energieaufwand ist.

3. Energiebedarf und seine mögliche Abdeckung durch Biogas im landwirtschaftlichen Betrieb

In Zusammenhang mit der energiewirtschaftlichen Betrachtung von Humus- und biologischen Gasanlagen in der Landwirtschaft steht auch die Frage der wirtschaftlichen Verwendung von Biogas im landwirtschaftlichen Betrieb. Diese Frage rückt um so mehr in den Vordergrund der energiewirtschaftlichen Betrachtung, als für die Inbetriebhaltung der verschiedenen Anlagen ein hoher Aufwand an Energie erforderlich ist. Darüber hinaus interessiert nicht nur der Bedarf für den landwirtschaftlichen Betrieb, sondern auch seine Abdeckung aus der täglich fast gleichmäßig anfallenden Gasmenge, wobei der Ausfall durch den Weidebetrieb im Sommer und der Mehrbedarf für die Aufheizung der Faulräume im Winter berücksichtigt werden müssen. Aber nicht zuletzt handelt es sich um die Abdeckung der im Jahresablauf zeitlich verschieden auftretenden Energiespitzen, die sich aus dem landwirtschaftlichen Produktionsprozess ergeben.

In den vorliegenden energetischen Arbeiten über Biogasanlagen wurde bisher meist die vorhandene landwirtschaftliche Nutzfläche bei einem durchschnittlichen Viehbesatz und sonstigen durchschnittlichen und angenommenen Zahlenwerten und Bedingungen zugrunde gelegt. Daraus können leicht falsche Schlussfolgerungen abgeleitet werden, wie etwa die „Energieautarkie in der Landwirtschaft“ durch Biogaserzeugung!

Man kann daher nur von der tatsächlich erzeugten Gasmenge ausgehen, die sich ihrerseits fast ausschließlich aus dem vorhandenen Viehbestand und der verfügbaren Einstreumenge ergibt.

Auf Grund unserer Fruchtfolgen mit dem starken Marktfruchtbaubau ist mit zusätzlichen organischen Stoffen aus dem Pflanzenbau nur in geringem Umfang zu rechnen. Dazu kommt, daß die Zellstoffindustrie die Landwirtschaft zum Teil als ihren Zellstofflieferanten betrachtet. Zweifellos ergeben sich aus dem Kartoffelanbau und einigen Spezialkulturen – wie Mais und Sonnenblumen – größere Mengen pflanzlicher Stoffmengen, die gut verwertet werden können. Auch kann der Pflanzenzüchter sicher zur Züchtung einer „Biogas-Massenpflanze“ beitragen, um so zusätzliche Rohstoffe für den Betrieb von Biogasanlagen zu schaffen.

Um einen Überblick unter tatsächlich vorhandenen Bedingungen zu erhalten, haben wir eine Reihe von Großbetrieben auf ihren Energieverbrauch untersucht, um vorerst mit vorläufigen Verbrauchswerten arbeiten zu können. Es wurden dabei Betriebe untersucht, die einen Vergleich hinsichtlich Stand der technischen Ausrüstung und Produktionsleistung zulassen. Hierbei wurden alle Energieformen, wie Elektroenergie, Benzin, Dieselkraftstoff, Treiböl, Steinkohle, Braunkohlenbrikett, Rohbraunkohle, Koks, Schiedekohle und Stadtgas, berücksichtigt. Alle Energieformen wurden aus den bereits angeführten Gründen auf kcal/GVE umgerechnet unter Berücksichtigung ihres Wirkungsgrades beim Verbrauch, um zum Biogas eine einheitliche Bezugsgröße zu erhalten.

Wie anzunehmen war, unterliegt der Energieverbrauch, dem Ablauf der landwirtschaftlichen Produktion entsprechend, innerhalb eines Jahres sehr großen Schwankungen. Das trifft nicht nur für den Verbrauch der Elektroenergie zu (Bild 4), deren Spitzenbedarf sich vorwiegend in den Monaten August,

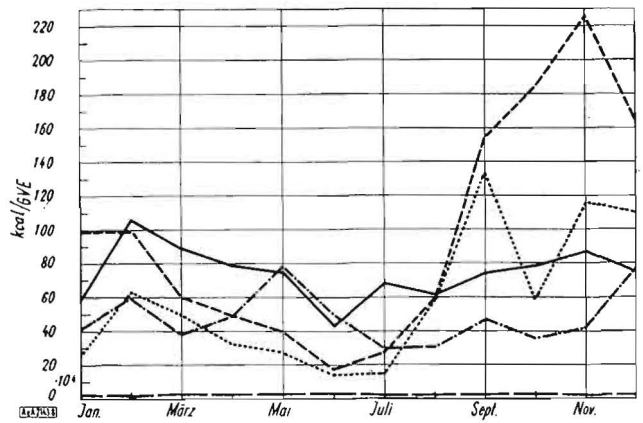


Bild 8. Monatlicher Energieverbrauch der untersuchten landwirtschaftlichen Betriebe (Zeichenerklärung bei Bild 7)

Oktober, Dezember, Januar und Februar ergibt, sondern auch für die übrigen Energieverbrauchsarten.

Das Diagramm über den Benzinverbrauch (Bild 5) zeigt mit Ausnahme eines Versuchsbetriebes Spitzenverbrauch in den Monaten August und September, was zweifellos mit der Ernte zusammenhängt.

In dem Verbrauchsdiagramm für Dieselkraftstoff (Bild 6) liegt der höchste Verbrauch bei allen untersuchten Betrieben in den Monaten Juli bis November. Dieser hohe Verbrauch ergibt sich aus der Getreide- und Hackfruchternte sowie der Herbstbestellung.

Das Verbrauchsdiagramm für sonstige Brennstoffe (Bild 7) – also für Kohle, Stadtgas, Koks – zeigt durch die Winterheizung den Hauptverbrauch in den Monaten September bis Februar.

Der durchschnittliche monatliche Energieverbrauch (Bild 8) der untersuchten Betriebe liegt bei etwa 40 bis 50 · 10⁴ kcal/GVE; Dabei treten Spitzen auf von 225 · 10⁴ kcal/GVE. Die untersuchte Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft liegt im Verhältnis zu den anderen untersuchten Betrieben mit 2 bis 3 · 10⁴ kcal/GVE ohne deutliche Spitze tief unter dem Durchschnitt der sonstigen Betriebe. Die Ursache für diesen geringen Grundenergieverbrauch liegt in der Ausführung der Feld- und Transportarbeiten durch die MTS, die in diesem Diagramm nicht berücksichtigt worden sind.

Die übrigen Betriebe zeigen in ihrem Gesamtenergieverbrauch eine ziemlich einheitliche Tendenz. Ein Vergleich mit der möglichen erzeugbaren Biogasmenge ergibt, daß auch die Grundlast, d. h. der Energieverbrauch ohne Berücksichtigung der auftretenden Spitzen, durch Biogas selbst bei einem hohen Viehbesatz und der üblichen Bewirtschaftungsgrundlage unserer Betriebe nicht gedeckt werden kann. Bei dem derzeitigen Stand der Entwicklung von Humus- und biologischen Gasanlagen ist also unter keinen Umständen an eine „Energieautarkie“ der Landwirtschaft zu denken. Diesem Ziel könnte man wohl über das thermophile Verfahren näherkommen bei Verzicht auf eine entsprechende Wirtschaftlichkeit der Anlagen. Dafür stehen uns jedoch nicht die erforderlichen zusätzlichen organischen Ausgangsprodukte für die Zeit eines ganzen Jahres zur Verfügung.

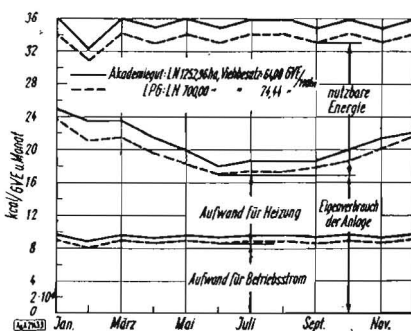
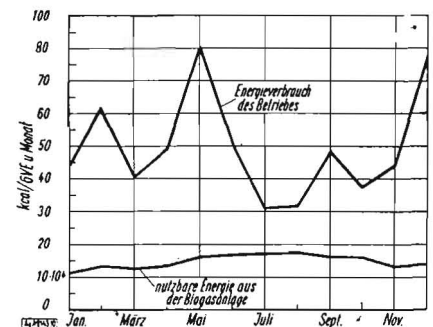


Bild 9 (links). Eigenenergieverbrauch von zwei Biogasanlagen

Bild 10. Energieverbrauch und -erzeugung eines Landwirtschaftsbetriebes mit einer LN = 1252,96 ha; Viehbesatz 64,00 GVE/100 ha



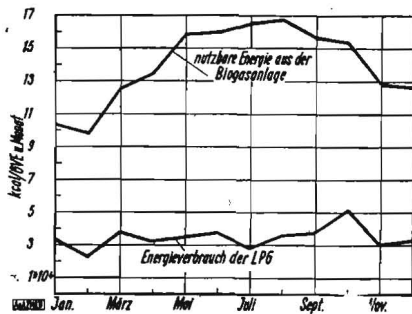


Bild 11. Energieverbrauch und -erzeugung einer LPG mit einer LN = 700 ha; Viehbesatz 74,44 GVE/100 ha

Es ergibt sich daraus, daß auch bei Erreichung einer günstigen Energiebilanz und einer Weiterentwicklung der Anlagen in diesem Sinn Fremdbezug an Kraftstoff und Elektroenergie notwendig ist, falls der Verbrauch an sonstigen Energieträgern restlos durch Biogas gedeckt werden soll.

Berücksichtigen wir bei dieser Frage die weitere Entwicklung der Landwirtschaft hinsichtlich einer ansteigenden Motorisierung, Errichtung von künstlichen Trocknungsanlagen und sonstigen energieverbrauchenden Spezialeinrichtungen im Interesse einer weiteren Mechanisierung der Landwirtschaft, so erkennt man, daß nicht die Frage im Vordergrund steht, wieviel Energie durch Biogas abgedeckt werden kann, sondern welche Energieformen durch Biogas am wirtschaftlichsten ersetzt werden können.

Um zu exakten und vergleichbaren Werten zu kommen, wurden für einen typischen Betrieb Mecklenburgs und für eine LPG im Bezirk Halle je eine Biogasanlage projektiert. Beim ersten Betrieb handelt es sich um einen Großbetrieb mit einer LN von 1252 ha und einem Viehbesatz von 64 GVE/100 ha und bei der LPG um einen Betrieb mit einer LN von 700 ha und 74,44 GVE/100 ha.

Für die Berechnung der Anlagen wurden durch Ermittlung bei den Wetterwarten die durchschnittlichen Monatstemperaturen der dafür zuständigen Bezirke zugrunde gelegt.

Der Großbetrieb arbeitet mit einer täglichen Einstreumenge von 5 kg/GVE, die LPG mit 4 kg/GVE. Dieser Einstreudifferenz entsprechend liegt die erzeugbare Energiemenge des Großbetriebes um $2 \cdot 10^4$ kcal/GVE und Monat über der möglichen erzeugbaren Energiemenge der LPG. Als Folge der geringeren Einstreumenge und der daraus resultierenden Masse der organischen Substanz verringert sich für die Anlage der LPG der Betriebsstrom, weil der Aufwand für die Biogasanlage niedriger ist. Aus dem Diagramm (Bild 9) geht hervor, daß der Eigenverbrauch der Anlagen keine parallele Tendenz aufweist. Die Ursache hierfür liegt in den verschiedenen Größen der Anlagen mit einer Differenz von 800 m³ Faulraumvolumen und der sich daraus ergebenden größeren bzw. geringeren Abstrahlungsfläche im Verhältnis zum Faulraumvolumen.

Nicht zuletzt ist für die ungleichmäßige Kurvenführung des Eigenverbrauchs der Anlage das unterschiedliche Klima der beiden Bezirke verantwortlich. So liegen zum Beispiel die mittleren monatlichen Temperaturen im Bezirk Halle im Durchschnitt um 1,6° C höher als im Bezirk Rostock. Das vorliegende Diagramm zeigt ferner sehr deutlich den Einfluß der Minustemperaturen in den Wintermonaten auf den Eigenverbrauch der Anlagen. Aus der graphischen Darstellung geht weiter hervor, daß die von Feldmann [11] getroffene Feststellung richtig ist, wonach Biogasanlagen bei schlechter Konstruktion und Auslegung zu einem ungeheuren „Energiefresser“ werden können. Ich möchte daher an dieser Stelle besonders betonen, daß in dieser Hinsicht bei der Projektierung von Anlagen mit der größten Sorgfalt gearbeitet werden muß, wenn Biogasanlagen auch energiewirtschaftliche Vorteile bringen sollen. Das trifft besonders für unsere Breitengrade mit ihren doch beachtlichen jahreszeitlichen Temperaturschwankungen zu.

Bei einer Gegenüberstellung des Energieverbrauchs und der Energieerzeugung ergeben sich je nach der ökonomischen Struktur des landwirtschaftlichen Betriebes verschiedene Werte, beispielsweise liegt der Energieverbrauch des Großbetriebes im Minimum bei $32 \cdot 10^4$ kcal/GVE und Monat, während das

Maximum der Energieerzeugung aus der Biogasanlage bei $17,5 \cdot 10^4$ kcal/GVE und Monat liegt (Bild 10).

Die Energiespitze, die zweifellos im vorliegenden Fall extrem ist, dürfte selbst für kurze Zeit weder durch thermophile Vergärung noch mit größeren organischen Zusatzmassen abzudecken sein. Die Kurve der nutzbaren Energie aus der Biogasanlage zeigt deutlich ein Minimum in den Wintermonaten durch den größeren Heizaufwand, auf den bereits wiederholt hingewiesen wurde.

Grundsätzlich anders sind die Verhältnisse einer Energieerzeugungs- und -verbrauchs Bilanz für die berechnete LPG von 700 ha LN und einem verhältnismäßig hohen Viehbesatz von 74,44 GVE/100 ha (Bild 11). Es muß dabei berücksichtigt werden, daß die Leistungen der MTS in die Berechnungen nicht mit einbezogen sind und demnach der Grundverbrauch an Energie der LPG im Verhältnis zum Großbetrieb sehr niedrig liegt. Die Verbrauchsspitze liegt im Monat Oktober nur bei $5,1 \cdot 10^4$ kcal/GVE und Monat.

Die nutzbare Energie der Biogasanlage der LPG liegt im Maximum im Monat August bei $16,7 \cdot 10^4$ kcal/GVE und Monat. In den Wintermonaten fällt die nutzbare Energiemenge auf $9,8 \cdot 10^4$ kcal/GVE und Monat ab. Auch hier zeigt sich wieder der Einfluß der kalten Außentemperaturen in den Wintermonaten.

Aus dem Diagramm geht hervor, daß beim Energieverbrauch der LPG im Ablauf des Jahres keine nennenswerten Spitzen auftreten. Die sich durch den landwirtschaftlichen Produktionsbetrieb zwangsläufig ergebenden Spitzen hinsichtlich des Energiebedarfs werden durch die MTS abgedeckt.

Im vorliegenden Fall kann die LPG selbst bei den ungünstigsten Bedingungen für die Gasproduktion noch immer $4,7 \cdot 10^4$ kcal/GVE und Monat an andere Verbraucher abgeben. Es erhebt sich nun die Frage, welchen Bedarfsträgern die überschüssige Energie zur Verfügung gestellt werden soll.

Bei der weiteren Entwicklung von künstlichen Trocknungsanlagen für die Landwirtschaft wäre es denkbar, daß die gerade innerhalb der Vegetationszeit anfallenden hohen Energiemengen für die künstliche Trocknung von Grünfütter, Mähdruschgetreide und Rübenblatt verwendet werden und die im Winter anfallende Energie für die Beheizung von Wohnräumen benutzt wird. Diese Art der Verwendung liegt um so näher, als es auf Grund unserer Forschungsarbeiten gelingen wird, die künstliche Trocknung von Grünmassen nach einer neuen und damit wirtschaftlicheren Verfahrenstechnik lösen zu können. Die Verwertung von Biogas für die genannten Bedarfsträger würde auch andererseits größere Investitionskosten ersparen, weil das Gas in der gespeicherten Form als Niederdruckgas verwertet werden kann.

Die nächste naheliegende Form der Verwertung von Biogas ist die Umwandlung des Gases in elektrische Energie. Wenn auch der Wirkungsgrad bei der Umwandlung über Gasmaschinen noch nicht ganz befriedigt, so sehen wir über die Entwicklung von Gasturbinen für diesen Zweck eine Möglichkeit, diesen Faktor wesentlich zu verbessern. Allerdings kann die Umwandlung von Biogas in elektrische Energie nicht von der Energieautarkie eines einzelnen landwirtschaftlichen Betriebes aus gesehen werden, sondern ist auf größerer Ebene vom Standpunkt des Versorgungsnetzes eines ganzen Bezirkes aus zu betrachten.

Die in Westdeutschland übliche Form der Verwendung des Biogases für den Antrieb landwirtschaftlicher Schlepper dürfte im Hinblick auf die kaum mögliche Abdeckung der besonders im Sommer auftretenden Energiespitzen durch die umfangreiche Motorisierung der landwirtschaftlichen Betriebe bei uns nicht zu empfehlen sein. Selbst bei Steigerung unseres Viehbesatzes in den nächsten Jahren stehen nicht die notwendigen Energiemengen auf Grund des derzeitigen Standes der Entwicklung von Humus- und biologischen Gasanlagen zur Verfügung. Außerdem erfordert die Kompression des Biogases sehr hohe Anlage- und Betriebskosten. Nicht zuletzt aber darf nicht unerwähnt bleiben, daß der unregelmäßige Gasbedarf der Schlepper im Ablauf der landwirtschaftlichen Produktion im Widerspruch zu der kontinuierlichen Gaserzeugung steht und daher genügend Speicherraum zur Verfügung stehen muß.

Gegen eine solche Lösung sprechen jedoch die bereits angeführten sehr hohen Anlagekosten und ein verhältnismäßig niedriger Wirkungsgrad.

Die angeführten konkreten Beispiele der Berechnung des Energiebedarfs und -verbrauchs sowie der möglichen Erzeugung des Großbetriebes bzw. der Landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaft dürften diese Feststellungen bestätigen.

4. Schlußfolgerung

Bei einer kritischen Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Humus- und biologischen Gasanlagen im Hinblick auf die energetischen Faktoren kann auf der Grundlage vorliegender Teilergebnisse dieses Forschungsgebietes zusammenfassend folgendes gesagt werden:

Die mesophile Faulung ist der thermophilen Faulung energie-wirtschaftlich überlegen. Die Anlagekosten sind für das thermo-phile Gärungsverfahren zwar bedeutend geringer, die Energie-bilanz gestaltet sich aber so ungünstig, daß die Anlagen un-wirtschaftlich arbeiten.

Die Energiebilanz ist nicht unwesentlich von der Isolierung der Faulräume abhängig, da eine Isolierung über einen K -Wert von $0,4 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ unwirtschaftlich ist. Die Isolierkosten werden dann höher als der Wert des durch eine sehr gute Isolierung eingesparten Gases. Es hat sich erwiesen, daß die Verluste an Energie durch Wärmestrahlung und -leitung bei Faulraumbehältern unter 100 m^3 eine ansteigende Tendenz zeigen und aus diesem Grunde das Volumen von 100 m^3 die unterste Grenze darstellt. Die Wirtschaftlichkeit von Humus- und biologischen Gasanlagen ist von der richtigen Konstruktion und Auslegung abhängig, wenn Anlagen nicht große Energiemengen für den Eigenbedarf verbrauchen sollen.

Eine Energieautarkie für die Landwirtschaft ist auf Grund der derzeitigen Erkenntnisse auf dem Gebiet der biologischen Gaserzeugung und auf Grund der zur Verfügung stehenden Ausgangsstoffe nicht möglich. Die maximale Energieerzeugung liegt in den Sommermonaten. In den Wintermonaten wird

durch die Außentemperaturen die Gaserzeugung nachteilig beeinflusst.

Es muß der weiteren Forschung vorbehalten bleiben, neue Möglichkeiten zu finden, um auf technischem und biologischem Gebiet die Energiebilanz im Interesse einer besseren Wirtschaftlichkeit positiv zu gestalten.

Wenn ich bewußt energiewirtschaftliche Fragen in den Vordergrund meiner Ausführungen gestellt habe, so deshalb, weil die Bedeutung dieser Fragen oft unterschätzt wird und weil beim Bau von Anlagen auf diesem Gebiet häufig Fehler gemacht werden.

Humus- und biologische Gasanlagen können niemals ausschließlich vom Standpunkt der Energie aus betrachtet werden. Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen ist nicht zuletzt von der Erzeugung eines wertvollen Humusdüngers abhängig zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Darüber hinaus müssen die betriebs- und arbeitswirtschaftlichen Vorteile, die sich bei der Errichtung solcher Anlagen ergeben, für die Wirtschaftlichkeit mit ausschlaggebend sein.

Literatur

- [1] Tietjen: Methan und Stalldünger. Landbauforschung (1954) H. 4, S. 80.
- [2] Imhoff: Biologische Gasgewinnung aus Abfallstoffen. Rundschau Deutscher Techniker (1944) H. 5/6, S. 4.
- [3] Schmidt-Eggersgluß: Defu-Mitteilungen (1951) H. 9.
- [4] Kertscher: Biogasgewinnung. Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock 2. Jg., H. 3 der Reihe Mathematik und Naturwissenschaften, S. 209.
- [5] Neuling: Der Wärmehaufwand für den Betrieb von Biogasanlagen. Deutsche Agrartechnik (1955) H. 6.
- [6] Rosegger: Neue Wege in der Stallentmischung. Deutsche Agrartechnik (1955) H. 6, S. 200.
- [7] Keefer: A new Method of Heating Sludge Digesters. Water Work and Sewerage (1946) Nr. 93, S. 236 bis 238.
- [8] Downes: Gas Collection and Sludge Heating. Sewage Works Journal (1932) Nr. 4, S. 72 bis 82.
- [9] Miles: Evaluation of Methodes of Heating Sludge. Sewage Works Journal (1947), März, S. 161 bis 169.
- [10] Smith-Morris: Use of the Heat Pump for Digester Heating. Sew. Ind. Wast (1953), Nr. 25, S. 1369.
- [11] Feldmann: Biogas - energiewirtschaftlich gesehen. Landtechnische Forschung (1954) H. 3, S. 65 bis 78. A 2143

Die Arbeitsorgane der Futterzerkleinerungsmaschinen¹⁾

Von Prof. I. I. SMIRNOW, Moskau, Gastprofessor an der TH Dresden

DK 631.363.4.001.2

Die Futterzubereitung besteht aus folgenden Arbeitsgängen: Waschen, Reinigen, Zerschneiden, Quetschen, Zermahlen, Dämpfen oder Kochen, Abmessen und Vermischen des Futters. Besonders wichtig ist dabei das Zerschneiden des Futters, das noch nicht genügend erforscht ist.

Zerschnitten werden sowohl Rauhfutter (Heu, Stroh, verschiedene Pflanzenstengel, Grünfutter usw.) als auch Hackfrüchte (Kartoffeln, Futterrüben, Steckrüben und andere) und Kürbisartige Früchte (Kürbisse, Futtermelonen und andere).

Das Rindviehrauhfutter soll eine Schnittlänge von 20 bis 35 mm und das Rauhfutter für Pferde und Schafe eine Schnitt-

länge von 8 bis 20 mm haben. Das auf diese Weise zerkleinerte Futter wird danach mit kochendem Wasser übergossen oder gedämpft und mit Kraftfutter vermengt. Das als Streu verwendete Stroh soll eine Schnittlänge von 45 mm haben. Zur Fütterung des Geflügels wird Grünfutter und Silofutter zerschnitten, und zwar beträgt die Schnittlänge für Hühner und Enten 5 bis 10 mm und für Gänse 10 bis 15 mm. Das zur Fütterung von Schweinen vorgesehene Heu wird in 10 bis 15 mm lange Stücke geschnitten.

Zum Zerschneiden werden Maschinen mit Stahlmessern benutzt, die an Schwungrädern oder Trommeln befestigt werden. Sie heißen Häckselmaschinen oder Häcksler.

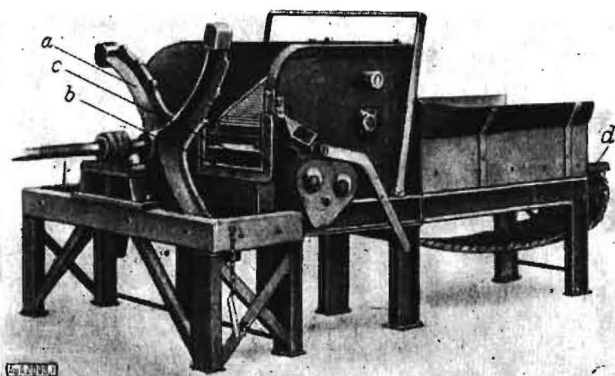


Bild 1. Häckselmaschine für Rau- und Grünfutter

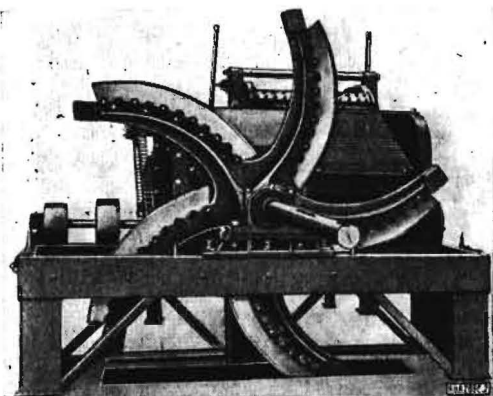


Bild 2. Schelbenschneidwerk des Silohäckslers Grumbach

¹⁾ Anmerkung der Redaktion s. S. 401, unten rechts