

# Analyse technologischer Verfahren zur Bearbeitung von Schweinegülle<sup>1)</sup>

Dr.-Ing. K. Bláha/Dr.-Ing. M. Ruml, Forschungsinstitut für Landtechnik Prag – Řepry

Die Behandlung von Abfällen der Tierproduktion, vor allem von Schweinegülle, ist in der ganzen Welt zum Gegenstand umfangreicher Forschungsarbeiten geworden. In Produktionsanlagen mit einem Bestand von über 5 000 Tieren fallen kontinuierlich bedeutende Mengen von Gülle an, die in Abhängigkeit von der Jahreszeit nicht immer sofort agrotechnisch genutzt werden können. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer Technologie der Lagerung der Rohgülle, oder es werden Varianten zur Veränderung ihrer physikalisch-biologischen Eigenschaften ausgearbeitet. Die technologischen Verfahren zur Bearbeitung von Gülle werden durch geografische, wirtschaftliche und andere Faktoren bestimmt. Im Artikel soll eine kritische Analyse von bereits erprobten und in einer technologischen Linie zusammengefaßten Arbeitsgängen vorgenommen werden.

## 1. Gesichtspunkte für die Entwicklung der Technologien

### 1.1. Gesellschaftlich-ökologische Gesichtspunkte

Die Gesellschaft ist an einem wachsenden Lebensniveau der Bürger interessiert, stellt die Forderung nach einer Steigerung der Fleischproduktion und macht diese als Kennziffer der Arbeitsproduktivität zur Bedingung. Im Ergebnis entstehen Großställe. Gleichzeitig hat die Gesellschaft ein großes Interesse an der Erhaltung einer unbeschädigten Umwelt, die durch ungenügend erprobte Technologien gefährdet werden könnte. Deswegen formuliert die Gesellschaft die Bedingungen und Grundsätze für die Produktion und bestätigt deren Ausführung. Als ökologisches Kriterium gilt der Grundsatz, daß die Tierkonzentration in einem Objekt – abhängig vom zur Verfügung stehenden Bodenfonds – 2 800 GV nicht überschreiten darf bzw. daß die Bodenbelastung nicht über 1,0 bis 3,4 GV/ha liegen soll, wobei nach Produktionsbereichen zu differenzieren ist (In der DDR sind nach Standard TGL 24345 höhere Belastungen zulässig. G. H.). Für die Auswahl der Technologie ist die Frage der Arbeitskräfte von besonderer Wichtigkeit, denn bereits heute zeichnen sich in dieser Beziehung Schwierigkeiten für die Bedienung der Maschinen zur Gülleverarbeitung ab.

### 1.2. Energetische Gesichtspunkte

Bei der Beurteilung der Eignung einer konzipierten Technologie werden energetische Gesichtspunkte zunehmend an Bedeutung gewinnen. Das trifft auf alle Energieformen zu. Zahlreiche Materialien, einschließlich des Stroh, stellen Energieressourcen dar. Der Wert von 1 g verdaulicher Zellulose ent-

spricht etwa der Energiemenge von Stärke – 17,5 kJ. Bei der Fütterung von Rindern können 33 bis 55 % des gesamten Energiebedarfs der Tiere durch Einsatz von Pellets abgedeckt werden, die aus Schweinegülle hergestellt sind. Ähnliche Bedeutung haben Versuche zur Nutzung von Algen, Bakterien und Insekten im Larvenstadium für die Gewinnung wertvoller Eiweißstoffe.

### 1.3. Veterinärhygienische Gesichtspunkte

Es wird davon ausgegangen, daß die Abfälle nicht zur Übertragung von ansteckenden Krankheiten auf Mensch und Tier führen dürfen. Während sich aus tierärztlicher Sicht die Aufmerksamkeit vor allem auf die Tierhaltung selbst und ihre nähere Umgebung richtet, ergänzen die hygienischen Aspekte diese Zusammenhänge dadurch, daß sie die gegebene Problematik unter einem breiteren Blickwinkel untersuchen. Es muß eingeräumt werden, daß dazu die Meinungen international auseinandergehen, vor allem zur Rückführung von Gülle oder Aufbereitungsprodukten in den Produktionsprozeß (z. B. zur Spülung oder Fütterung).

### 1.4. Wasserwirtschaftliche Gesichtspunkte

Die Anforderungen an die Reinheit der Wasserläufe sind sehr gründlich ausgearbeitet und in einem umfassenden Gesetzes- und Vorschriftenwerk niedergelegt worden. Sie dienen nicht nur dem Schutz der eigentlichen Wasserläufe, sondern auch des Grundwassers. Es besteht eine Einteilung in bestimmte Zonen, für die angegeben ist, ob und in welcher Form die Anwendung von Gülle möglich ist. Zu dieser Kategorie gehört auch die systematische Untersuchung der Wasserqualität aus bestimmten Denudationsgebieten.

### 1.5. Technologische Gesichtspunkte

Die Auswahl der Technologie stellt eine Synthese aller vorgenannten Gesichtspunkte dar. Es muß festgestellt werden, daß der notwendige technische Vorlauf in der Bereitstellung von Mechanisierungsmitteln zur Verarbeitung von Abfällen aus der Tierproduktion noch nicht erreicht wurde. Er müßte eine hinreichende Auswahl für die variable Zusammenstellung der jeweiligen Linie ermöglichen. Dem organischen Dünger wurde nicht die ihm gebührende Aufmerksamkeit gewidmet, obwohl in der ČSSR jährlich 9 Mill. t Gülle produziert werden. Aus ökonomischer Sicht gehört die Schweinemast nicht zu den effektivsten Arten der Tierhaltung. Deshalb bieten sich die Aufnahme von Rauhfutter oder das „Recycling“ eines bestimmten Anteils der Abfälle nach technologischer Aufbereitung in die Tierfütterung an.

## 2. Analyse der einzelnen technologischen Arbeitsgänge

### 2.1. Homogenisierung

Die Homogenisierung in den Auffang- und Lagerbehältern dient zum gründlichen Durchmischen der Suspension aus organi-

schen Stoffen oder zum Beimischen von Desinfektionsmitteln. Sie ist der einzige Schutz gegen die Sedimentbildung bei einer geforderten Lagerungszeit von 90 Tagen. (In der DDR werden Lagerzeiten je nach Anbauverhältnissen und topografischen Bedingungen von 50 bis 120 Tagen gefordert. G. H.). Außerdem ist auch die damit verbundene Auflockerung und Durchlüftung des Materials von großer Wichtigkeit, denn sie trägt zur Mineralisierung und partiellen Geruchs-beseitigung der Gülle bei. Verwendet werden dazu Vorrichtungen, die auf mechanischer, hydraulischer oder pneumatischer Basis arbeiten. In der ČSSR stehen dafür lediglich hydraulische Pumpen mit kombinierter Funktion zur Verfügung. Ein klassischer Vertreter ist die Vorrichtung aus der Reihe „Mix“. Die Leistungsaufnahme liegt bei 15 kW, das Homogenisierungsvolumen bewegt sich in Abhängigkeit von der Gülleart zwischen 300 m<sup>3</sup> und 1 000 m<sup>3</sup>. In den Lagerbehältern ist eine Mehrfachausstattung mit diesen Maschinen notwendig.

Von den mechanischen Mischern hat sich das Funktionsmuster eines Schaufelmischers mit vertikaler Ausführung bewährt, der für tiefliegende Rechteckbehälter mit einem Fassungsvermögen bis zu 500 m<sup>3</sup> bestimmt ist. Dabei werden zwei Einheiten verwendet, und zur Steigerung der Mischungsintensität wird parallel zu den Längsseiten der Grube eine Zwischenwand eingebaut, die etwa 1 m vor den beiden Stirnwänden endet. Der Mischer zeichnet sich durch eine einfache Konstruktion aus und wurde bereits vielerorts im Eigenbau hergestellt. Er kann auf automatischen Betrieb umgerüstet werden, der Verbrauch an Elektroenergie für zwei Einheiten liegt bei 3,5 bis 5,8 kWh.

Als weitere Entwicklung ist das Funktionsmuster eines Gitterrührwerks zu nennen, das der Trapezform des Behälterquerschnitts angepaßt ist. Der Vorschub erfolgt über Laufräder in einer Führung am Behälterrand. Der Antrieb geschieht über ein Seil, die Änderung der Fahrtrichtung ist automatisiert. Diese Vorrichtung muß noch unter Betriebsbedingungen erprobt werden (In der DDR werden Homogenisierungsbrücken mit Gitterrührwerk HB-G 16 bzw. HB-G 24 bereits angeboten. G. H.).

Für zähflüssige Gülle ist das Funktionsmodell eines Schneckenhomogenisierers in mobiler Ausführung und mit einer Arbeitslänge von 15 m vorgesehen. Er soll sich besonders für Erdbehälter mit einer Seitenwandneigung von 45° eignen. Die Arbeitsorgane werden hydraulisch betätigt. Das Verfahren erfolgt zunächst schienengebunden, doch sind in der Perspektive andere Ausführungen vorgesehen. Seine Leistung beim Ausräumen von Gülle, die durch ungelöschten Kalk auf einen Trockensubstanzgehalt von 19 % eingedickt wurde, betrug bisher 14 bis 24 m<sup>3</sup>/h.

### 2.2. Mobile Gülleausbringung

Die mobile Ausbringung der Gülle ist bei ihrer Nutzung für die Pflanzenproduktion das am weitesten verbreitete Verfahren. In funk-

1) Bearbeitete Übersetzung aus der ČSSR-Fachzeitschrift „Zemědělska Technika“, Heft 3/1981, S. 143–156. Übersetzer: L. Bröckl, Bearbeiter: Dr. sc. techn. G. Hörnig

tioneller Hinsicht basiert die Verteilung auf der Nutzung der Zentrifugalkräfte oder darauf, daß höhere Ausfließgeschwindigkeiten erzielt werden, was über die Veränderung des Durchmessers der Spritzdüse geschieht. Die Arbeitsbreite beträgt bis zu 15 m. Eine zahlenmäßige Verringerung der an sich nachteiligen Fahrten auf dem Feld ist theoretisch durch eine Vergrößerung der Verteilbreite möglich. Dieser Parameter wäre durch mechanische Organe in Schaufelform und /akuumverdichter schwer zu erhöhen. Besser eignen sich dafür Pumpen, vor allem Schneckenpumpen. Die letztgenannten sind aber störanfälliger, wenn sich Fremdkörper in der Gülle befinden. Eine größere Arbeitsbreite führt allerdings zu höheren Stickstoffverlusten in der Gülle und zur Verunreinigung der Luft durch geruchsintensive Komponenten.

Als zweite technische Variante zur Vermeidung unerwünschter physikalischer Veränderungen des Bodens wäre der Einsatz von Niederdruckreifen zu nennen (Solche Reifen dürfen nur für ausgesprochen weichen Untergrund verwendet werden. G. H.) Durch Abstimmung zwischen den agrotechnischen Anforderungen und der technischen Lösung kann in der Perspektive eine befriedigende Gestaltung des Ausbringfahrzeugs, bestehend aus selbstfahrendem Untergestell und 10-m<sup>3</sup>-Behälter, erzielt werden. Das Fahrzeug soll mit Reifen ausgerüstet sein, die ein Befahren des Feldes unter allen Witterungsbedingungen und ohne Verursachung agrophysikalischer Schäden gestatten. Diese Einheit wird in der Lage sein, die Gülle aus Behältern zur Felddeponierung – am besten Folienbehälter – zu entnehmen. Sie wird sich durch einen kleinen Aktionsradius auszeichnen, der hohe Leistungsparameter und Werte der Arbeitsproduktivität ermöglicht. Die Einrichtung von solchen Felddeponien hat die gleiche Bedeutung wie die heute bereits praktizierte Düngerlagerung auf dem Feld. Es wird von einem Nutzungsvolumen in der Größenordnung von mindestens 3 000 m<sup>3</sup> ausgegangen. Die dafür erforderliche Folie befindet sich in der ČSSR noch im Entwicklungsstadium. Im Ausland baut man für diesen Zweck solche Behälter auch aus Erdreich, das einen Lehmanteil von 30 bis 40 % aufweist. Die Errichtung solcher Lagerbecken stößt in der ČSSR auf den Widerstand des Bauwesens wegen angeblicher Nichteignung zur Mechanisierung der Arbeiten.

Aus konzeptioneller Sicht muß der mobile Transport in seiner Gesamtheit in Straßen- und Feldtransport unterteilt werden. Der Straßentransport erfolgt durch LKW oder Zugmaschinen. Man geht dabei vom Pendelverkehr unter Einsatz von Sattelauflegerfahrzeugen aus. Die absetzbaren Behälter sollen ein Volumen bis zu 25 m<sup>3</sup> haben. Diese Einheiten werden die Verteilfahrzeuge versorgen, deren Fassungsvermögen wesentlich kleiner ist. Das geschieht sowohl durch Nutzung der Schwerkraft wie auch durch Zwangsentleerung. Mit der gleichen Technik soll auch die Füllung der Felddeponien erfolgen.

Im Ausland wird aus hygienischen Gründen die Gülledüngung als Druckinjektion in den Boden ausgeführt. Zu diesem Zweck werden passende Rahmen mit einem System von Arbeitsorganen verwendet (hauptsächlich Schmalschare oder Messer). Diese Rahmen werden am Fahrgestell des Verteilfahrzeugs

oder an der Dreipunktaufhängung des Traktors montiert. Funktionsmäßig sind sie bei vegetationsfreiem Zustand für eine Arbeitsbreite von 3 m bestimmt. Man hat auch die Anwendung von Gülle in Furchen während der Vegetation bis zu einer Wuchshöhe von 0,7 m erprobt. Bei diesem Verfahren wurde allerdings der Bewuchs häufig mechanisch beschädigt, und es gibt erhebliche Schwierigkeiten mit dem Nachfüllen der Gülle. Die Regelung der Durchlaufmenge an Gülle ist problematisch, die Dosierung beträgt rd. 60 m<sup>3</sup>/ha. Das ist ein Wert, der unwesentlich unter der optimalen Dosierung liegt. Keine einzige Verteileinheit kommt ohne Versorgungseinheit aus. Andererseits ist der Anschluß an eine hydraulische Rohrleitung zur Verteilung der Gülle unter den Bedingungen der Großproduktion ungeeignet. Auch eine selbstfahrende Einheit, die mit Druckerzeugern ausgestattet ist, wird verwendet. Ihre Betätigung erfolgt direkt aus der Fahrerkabine.

In der ČSSR wird eine Applikationseinheit für die Ausbringgeräte NVPFT-8 und RVT-4,5 hergestellt. Energetische Messungen zeigten, daß die Einheit bei einer Arbeitsbreite von 3 m und 6 Furchen 25 bis 34 % der installierten Motorleistung eines Traktors Z 8011 aufnimmt (bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 3 bis 8 km/h).

### 2.3. Bewässerung mit Gülle

Wenn man die in der ČSSR erzielten Ergebnisse der Güllebewirtschaftung von Vorgebirgs- und Gebirgsgebieten mit denen des Auslands vergleicht, so erkennt man noch Reserven. In der letzten Zeit wurde mit der forschungsmäßigen Bearbeitung von Fragen der Bewässerung mit Gülle begonnen, die auf traditionelle Weise mit Wasser verdünnt ist. Im Ausland gibt es Langzeitversuche mit Rohgülle, die unter Einsatz moderner Bewässerungstechnik separiert wurde. Obwohl die methodischen Anleitungen für die Bewässerung eine Verwendung von Gülle nur bei speziellen Kulturen (Hopfen-, Wein- und Obstanbau) vorsehen, bestehen keine Hinderungsgründe für eine Ausdehnung auf andere landwirtschaftliche Kulturen, die nicht zum unmittelbaren Verzehr durch den Menschen oder – unter Berücksichtigung bestimmter Zeitintervalle – zur Tierfütterung bestimmt sind. Für die Zukunft zeichnen sich Bewässerungsverfahren unterhalb der Oberfläche ab. Dabei verwendet man als Düngelanzen Plaströhrchen mit einer Austrittsbohrung von 3 mm, die gegen Verstopfung durch Überwurfmutter geschützt sind. Aus der Sicht der Gülleseparierung hat sich die Anwendung einer flüssigen Fraktion als geeignet erwiesen, die über einen günstigen Gehalt an Grundnährstoffen und Spurenelementen verfügt. Eine weitere Verdünnung mit Wasser ist nicht erforderlich. Letzteres steht übrigens häufig auch gar nicht in ausreichender Menge zur Verfügung. Die ausländische Konzeption von Bewässerungsbekken stimmt mit der Anlegung von peripheren Lagerbehältern überein. Von der Sammelstelle kann die Förderung des Fugats zu den Bewässerungszonen hydraulisch erfolgen. Ansonsten bleibt es beim Transport mit Fahrzeugen, oder beide Verfahren werden kombiniert.

### 2.4. Kompostieren – Eindicken der Gülle

Durch das Kompostieren wird eine Veränderung der relativ ungünstigen Eigenschaften

der Gülle angestrebt. In der ČSSR werden auf diesem Gebiet weder in der Qualität noch in der Quantität die Ergebnisse erzielt, die einer Nutzbarmachung der Gullenährstoffe entsprechen. Die Hauptursache ist der Mangel an saugfähigen Materialien, die den Ablauf des biologischen Prozesses bedingen. Gefordert werden vor allem Kompostwender und ggf. auch Geräte zum Eindicken der Gülle mit Kalk. Ungelöschter Kalk wurde unter Betriebsbedingungen erprobt. Dieser wird auf pneumatischem Wege unter der Gülleoberfläche eingebracht. Die Gülle befindet sich in einem Erdbehälter mit einer Neigung der Seitenwände von 45°. Jede Tonne Kalk auf ein Gulle Volumen von 300 m<sup>3</sup> erhöht den Trockensubstanzgehalt der Gülle linear um 0,45 %. Erreicht wurde ein Endwert des Trockensubstanzgehalts von rd. 30 %. Höhere Werte konnten durch Dekantieren erzielt werden, wobei das abgesetzte Wasser abgepumpt wurde. Die bautechnische Lösung hingegen – Überlaufschieber in der Dammkrone – hat sich nicht bewährt, da diese zu starkem Korrosionseinfluß unterliegen. Das Produkt aus organischen Stoffen und Kalk weist einen Stickstoffverlust von etwa 30 % auf, hat thixotrope Eigenschaften, die sich jedoch technologisch nicht nachteilig auswirken. Der Prozeß hat Einfluß auf das Wachstum einiger Mikrobenstämme, das Material ist stark desodoriert. Die Betriebskosten beim Einsatz von Kalk belaufen sich ohne Transport auf umgerechnet etwa 10 M/m<sup>3</sup>. Der Hauptanteil entfällt dabei auf den Preis des Kalks. Das aus dieser Behandlung resultierende Produkt aus organischen Stoffen und Kalk kann als Füllstoff für Komposte verwendet oder mit den üblichen Streuern auf das Feld gebracht werden.

### 2.5. Trennen

#### 2.5.1. Dekanter

Ihre Erprobung zeigte gute Funktionseigenschaften bei einer Gülle mit einem Trockensubstanzgehalt von rd. 5 %. Dieser Wert entspricht ihrer Konsistenz in Großbetrieben. Der Gullefeststoff hat einen Trockensubstanzgehalt von 25 bis 30 %, die Gulleflüssigkeit einen solchen von 3 %. Letztere ist stark aufgeschäumt und geruchsintensiv.

Der Verbrauch an Elektroenergie einer kompletten Anlage liegt bei 4 kWh/m<sup>3</sup>. Die Betriebskosten schwanken bei 4 000 bis 6 200 h zwischen Werten von umgerechnet 8,70 bis 6,30 M/m<sup>3</sup> bei einem Durchsatz von rd. 11 m<sup>3</sup>/h. Neben einer Reihe von Nachteilen fällt ins Gewicht, daß Dekanter in der ČSSR nicht produziert werden.

#### 2.5.2. Klärzentrifugen

Mit der ausländischen Zentrifuge BRPX wurden unter Einsatz nicht optimal geeigneter Flockungsmittel kleintechnische Versuche durchgeführt. Nennenswerte Ergebnisse liegen nicht vor.

#### 2.5.3. Fallsiebe

In einigen Ländern wurden Siebe in unterschiedlicher Ausführung entwickelt – sowohl aus Metall wie auch aus synthetischem Material. Die Siebbreite beträgt maximal 1 000 mm. Die Leistungsfähigkeit beim Einsatz für Gülle mit einem Trockensubstanzgehalt von 5 % liegt bei etwa 8 m<sup>3</sup>/h. Die austretende Flüssigkeit hat einen Trockensubstanzgehalt unter 1 %, ist nicht aufgeschäumt und zeigt lediglich eine erhöhte Geruchsentwicklung. Die Anlagen erfordern keinen großen umbauten Raum. Das eigentliche Trennen

erfolgt mit Ausnahme der Pumpe ohne Energiezufuhr. Das Siebsediment hat einen niedrigeren Trockensubstanzgehalt (etwa 12 bis 15 %) und drainiert nach. Die Anlage kann durch eine Presse ergänzt werden. Der Trockensubstanzgehalt des Preßlings zeigt dann den gleichen Wert wie beim Einsatz von Zentrifugen. Die Betriebskosten bei Fallsieben mit angeschlossener Presse liegen umgerechnet zwischen 1,00 bis 1,90 M/m<sup>3</sup>. Der Verbrauch an Elektroenergie beträgt 0,54 bis 0,35 kWh/m<sup>3</sup>.

#### 2.5.4. Rüttelabscheider

Eine Anlage dieses Typs wurde in der ČSSR unter der Bezeichnung OPV-10 hergestellt. In der Praxis hat sie sich allerdings nicht bewährt. Der Abscheidegrad war zu niedrig und die Lebensdauer der verwendeten Siebe zu kurz, da sie den Auswirkungen der Rüttelbewegung nicht standhielten.

#### 2.5.5. Absetzbecken

Positive Ergebnisse zeigte die Erprobung von Erdlagerbecken mit einem Neigungswinkel der Seitenwände von 45° und einer Überlaufwanne in der Dammkrone. Dort wurde die flüssige Fraktion vom organischen Teil der Gülle getrennt. Durch dieses Verfahren, das mit dem Abpumpen des abgesetzten Wassers kombiniert wurde, konnte ein Eindicken der Gülle auf einen Trockensubstanzgehalt von 2 % auf 15,7 ± 4,6 % erreicht werden. Der abgeschiedene Teil wird über eine Kanalisationsrohrleitung in ein Lagerbecken geleitet. Er dient dann zur Bewässerung oder erfährt anschließend eine der üblichen Klärbehandlungen. Das Güllesediment am Boden wird mit Hilfe eines Schneckenförderers entnommen. Dieser hat einen Durchmesser von 220 mm, eine Ganghöhe von 220 mm und eine Drehzahl von 1 bis 1,7 U/min.

#### 2.5.6. Pressen

Das Pressen ist in die technologische Linie zum Trennen von Gülle einbezogen. Mit ihm soll ein höherer Gehalt des Feststoffs an Trockenmasse erzielt werden. Man benutzt meist Schnecken- oder Kolbenpressen, wie sie in der Nahrungsgüterindustrie Verwendung finden. In der DDR hat sich die Kombination Bogensieb-Schneckenpresse SP 304/12 mit Dosierpumpe CSN-Ö-V bewährt, in der ČSSR fand man bisher keine geeignete Presse.

#### 2.5.7. Filtern

Zum Filtern von Gülle haben das Forschungsinstitut zur Chemisierung der Landwirtschaft Brno, die Forschungsstelle Solo Sušice und das Forschungsinstitut für organische Synthese in Pardubice-Rybitvi Hypothesen aufgestellt, die praktisch nicht überprüft worden sind. Untersuchungen der Verfasser, Gülle mit Flugasche aus einem Wärmekraftwerk im Verhältnis 1:1 bis 1:0,5 zu mischen und dann zu filtern, ergaben einen Trockensubstanzgehalt des Filterkuchens von 40 bis 45 %. Die Überleitung in die Praxis stieß auf Schwierigkeiten beim Flugaschetransport (Anfeuchtung notwendig!).

#### 2.5.8. Schwimmaufbereitung (Flotation)

Es handelt sich dabei um ein technologisches Verfahren, wie es in vielen Zweigen der Volkswirtschaft zur Anwendung kommt (z. B. in der Erzraffinerie). Dieses Verfahren, das einen Abscheidegrad von 80 % erwarten läßt, wurde in der ČSSR für Gülle noch nicht erprobt.

#### 2.5.9. Ultraschall

Die Verwendung von Ultraschall wird infolge

seiner spezifischen Einwirkungen erwogen, die er auf Beschleunigung und Vollständigkeit der Sedimentierung von organischen Stoffen ausübt. Letztere befinden sich in der Güllesuspension im ständigen Schwebestand. Das Verfahren ist bis jetzt noch nicht erprobt. Man muß dabei auch den Energieverbrauch und den Gesundheitsschutz berücksichtigen.

### 3. Thermische Methoden

Trocknungsanlagen für Gülle kommen nur bei extremen Bedingungen in Frage, z. B. wenn es nicht möglich ist, andere Technologien anzuwenden, weil diese die Umwelt gefährden würden. Außer den klassischen Trocknungsanlagen wurde forschungsmäßig unter Laborbedingungen und im Versuchsbetrieb die Möglichkeit eines thermischen Eindickens der flüssigen Fraktion separierter Gülle in einer Dreistufen-Verdampfungsstation erprobt. Die technologische Forderung bestand darin, die maximale Menge an Stickstoffprodukten im Endprodukt zurückzuhalten. Dem entsprachen die Temperatur, der Druck und die Dauer der Trocknung. Der Eingangs-Trockensubstanzgehalt betrug 1 bis 25 %, die Ausgangskonzentration 50 %. Der Grenzwert von 25 % entspricht der Grenze des Fließvermögens. Der so gewonnene eingedickte Stoff enthielt außer anderen Verbindungen Fettsäuren und etwa 15 Aminosäuren. Im Verlauf des Prozesses werden die anorganischen Stoffe sowie die Fett- und höheren Säuren ausgeschieden, deren Derivate die Geruchsträger darstellen. Eine Verdampferstation dieser Ausführung arbeitet mit geringerem Energieverbrauch als die klassischen Trocknungsanlagen. Man geht von einem Verbrauch aus, der etwa 2,04 MJ/kg verdampftes Wasser beträgt. Die Betriebskosten wurden auf umgerechnet 15,70 M/t verdampftes Wasser veranschlagt. Aus technologischer Sicht ist die Station gut geeignet, denn sie liefert nach der Aufbereitung Abwasser mit höheren Parametern der Vorflutfähigkeit als die erprobten Kläranlagen für Gülle. Ihr Betrieb führt nicht zu einer Verunreinigung der Umgebungsluft. Sie ist in der Lage, ein Produkt zu liefern, das durch seinen Gehalt an Nährstoffen und Vitaminen für die Fütterung verwendet werden kann. Bei Broilern wurde bei einem Anteil getrockneter Gülle von 50 % an der Standardfuttermischung eine um 43 g höhere Massezunahme je Woche erreicht.

Der Verdampfungsprozess ist gegenwärtig, da nach Möglichkeiten zur Senkung des Verbrauchs an Getreide bei der Tierfütterung gesucht wird, höchst aktuell. Er eröffnet zahlreiche Kooperationsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Erzeugern in Form eines Recycling dieser Abfälle. Die energetische Frage des Verdampfens kann durch Nutzung von Abwärme gelöst werden. Für die Effektivität einer Verdampferstation wird ein Bestand von mindestens 30 000 Tieren vorausgesetzt.

### 4. Chemische Methoden

Chemische Stoffe zur Steigerung des Effekts von Trennanlagen gelangen vorwiegend im Ausland zum Einsatz. Vor allem bei Dekantern werden sie direkt in der Abscheidetrommel beigemischt. In der ČSSR wird mit ihrer Verwendung nicht gerechnet, denn die Importkosten sind zu hoch. Von den zugänglichen Stoffen zeigte 40%iges flüssiges Aluminiumsulfat eine gut koagulierende Wirkung.

Der Abscheidegrad betrug auf einer Entschlammungsschleuder BRPX-207 ohne Zusatz 48 %, während er bei abgestuften Dosierungen auf 62 bis 74 % erhöht werden konnte. Als optimal erwies sich eine Dosierung von 0,64 % Sulfat und 0,003 % des Präparats Akrinax 2. Sie ergab einen Abscheidegrad von 79 %. Zu Koagulationszwecken wurden weitere anorganische Stoffe erprobt (Alaun, Chlorkalk, Kalziumsulfat, Ammoniumsulfat, Kalziumhydrogenphosphat u. a.), von denen viele die Schweinegülle nachweisbar aufwerteten. Sie führten zur Bildung des geforderten Fällprodukts. Durch die gesamte chemische Behandlung der Gülle geht die Keimbildung deutlich zurück, die Anzahl der Salmonellen sinkt im Verlauf von 3 bis 5 Tagen in den Sommermonaten um 50 %, während jedoch in der kalten Jahreszeit für ein derartiges Absinken auch 30 bis 60 Tage erforderlich sein können. Die Behandlungsverfahren führen aber nicht zu einem sicheren Absterben der Keime, und es sind weitere Maßnahmen notwendig, um deren Ausbreitung bei der Rotte zu verhindern. Das Trocknen desinfiziert die Gülle nicht. Die biothermische Desinfektion, wie sie in den Dungstätten stattfindet, kommt hier nicht zur Geltung. Bei Laborversuchen ergab die thermophile Stabilisierung der Gülle hinsichtlich der Reduzierung der Keimzahl die geforderten Werte. Man sucht deswegen auch nach geeigneten chemischen Stoffen mit desinfizierender Wirkung. Bewährt hat sich Kalkstickstoff in der Dosierung von 20 kg/m<sup>3</sup>. Die gleichen Ergebnisse zeigte auch die Anwendung von 6%iger Kalkmilch. Ebenso führten Stoffe, die den pH-Wert unter 5 reduzierten, zu befriedigenden Resultaten. Geeignet wären auch Phosphorsäure und 2%iges Natriumhydroxid, doch liegt dann der pH-Wert bei 12 und verbietet somit eine Verwendung des Materials für den Acker. In der DDR gelangt zur Gülledesinfektion 0,5- bis 5%iges Formaldehyd zum Einsatz. Dieses ist für eine breite Skala von Keimen geeignet, und seine Derivate werden im Boden abgebaut. Die Grundlagenforschung empfiehlt für die Aufbereitung 0,7%igen Chlorwasserstoff bei Temperaturen von 120 bis 130 °C für einen Zeitraum von 2 bis 3 h. Das so gewonnene Hydrolysat ist von pastöser Konsistenz und hat einen erhöhten Gehalt an Nährstoffen. Es kann nach dem Abkühlen verfüttert oder als Füllstoff für die Granulierung eingesetzt werden. In der Erprobung befinden sich auch chemische Stoffe zur Desodorierung der Gülle. Im Ausland sind bisher Erfolge nicht zu verzeichnen. Weder bakterielle Starterkulturen noch Bioaktivatoren führten zu befriedigenden Resultaten.

### 5. Biologische Methoden

Die Wirkung von Mikroorganismen wird in zahlreichen Anlagen mit unterschiedlichem Verlauf des eigentlichen Prozesses und unterschiedlichem Endprodukt genutzt. Folgende Verfahren sind bekannt:

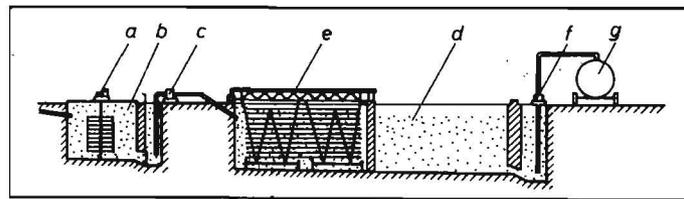
Die *aerobe Stabilisation* der Gülle wird durch das Vorhandensein von Sauerstoff und das Auftreten thermophiler Gruppen charakterisiert. Dieses Prinzip findet in städtischen Kläranlagen Anwendung. Der Unterschied besteht darin, daß die Gülle einen Wert von 20 000 bis 40 000 BSB<sub>5</sub> (biologischer Sauerstoffbedarf) hat. Der Prozeß läuft in mehreren Belüftungsstufen ab. Gegenstand vieler Betriebsversuche ist eine befriedigende Lösung für die letzte – meistens chemische –

Stufe. Sie soll die bisher unbefriedigenden Resultate aus den vorhergehenden biologischen Stufen korrigieren. Die Erprobung dieser Typen von Kläranlagen mit unterschiedlichen Konzeptionen findet in einigen ausgewählten Betrieben statt. Die Investitionskosten belaufen sich je nach Projekt auf umgerechnet 132,90 bis 373,10 M je Tier. Die Betriebskosten sind im Bereich von 20,90 bis 36,00 M kalkuliert. Die Anlagen sind großflächig gehalten, was einen Widerspruch zur Konzeption für den Schutz des Bodenfonds darstellt. Einheiten in Vertikalbauweise, wie sie im Ausland bekannt sind, werden in der ČSSR noch nicht beherrscht. Die Belüftungsbecken sind aus massivem Beton gebaut, die Belüfter erfordern die Bereitstellung einer enormen elektrischen Leistung. Der Prozeßablauf wird vor allem durch die Temperatur und eine Reihe noch unbekannter Faktoren beeinflusst. Die Ergebnisse sind bisher nicht eindeutig.

Der anaerobe Prozeß ist durch das Wirken einer anaeroben Mikroflora charakterisiert. Das führt zur Bildung von sauerstofflosen Gasen (Methan, Mercaptan, Wasserstoff). Der Prozeß erfordert optimale Gärungstemperaturen um 35 °C, was für die geografische Lage ein Grundkriterium darstellt. Das gewonnene Gasmischungs hat einen beachtlichen Energiewert, darf jedoch aus hygienischen Gründen nicht für Trocknungszwecke eingesetzt werden. Man plant seine Verwendung für Heizungszwecke oder für den Antrieb von Motoren. Bisher ist auch die langfristige Lagerung der Gase nicht gelöst. Die vorliegende Konzeption für eine Verflüssigung wurde wegen der dabei entstehenden hohen Kosten durch ein Material der UNO verworfen. Der anaerobe Prozeß erfordert die Separation der ausgefaulten Gülle und

Bild 1  
Technologie der Düngung mit Gülle;

a Schaufelhomogenisierer, b Vorklärgrube, c Dickstoffpumpe, d zentraler Rundbehälter für Lagerung, e Homogenisierungsbrücke mit Absetzgrube T 4, f Entleerungspumpe „Mix“, g Gülletankwagen



die Behandlung beider Fraktionen. Es gibt unterschiedliche Lösungen für den Prozeß. In der ČSSR wurde die Biogasgewinnung unter Betriebsbedingungen in der Anlage Třeboň erprobt. Man kann davon ausgehen, daß weitere Erprobungen bei Rindern folgen werden.

Biologische Filter sind im Ausland Baugruppen vertikal ausgeführter Kläranlagen für den Abfall aus der Tierproduktion. In ihrer Mehrzahl haben sie einen kreisförmigen Querschnitt. Es handelt sich um ein System von großflächigen Ablaufwänden, die meist aus Kunststoffstoffen gefertigt sind. Über diese rieselt die Suspension ab und erfährt dabei durch die auf den Wandoberflächen wachsende Mikroflora eine Stoffänderung. Der Zyklus wird bis zur Erreichung des geforderten Stadiums wiederholt. Dazu dient eine Umwälzpumpe. Die Vorteile dieser Filter liegen ohne Berücksichtigung der Einsparung an bebauter Fläche auf dem Gebiet der Investitions- und Betriebskosten.

Die gleiche Bedeutung hat eine Methode, die auf der Sorption der Dispersionsphase der Güllesuspension durch Stroh unter Beteiligung mikrobiologischer Formen beruht. Die Methode wurde in der UVR mit guten Er-

fahrungen zur Funktion praktiziert. Die Anwendung von Strohballen ist in der ČSSR aus hygienischen Gründen nicht realisierbar.

Zu sonstigen biologischen Methoden gehören verschiedene Konzeptionen und Versuche. Alle sind durch die Tatsache motiviert, daß die Gülle und die anderen Arten von Abfällen tierischer Herkunft wertvolle Ausgangsstoffe für die Gewinnung neuer Produkte darstellen, die häufig weder durch Kauf noch auf anderem Wege erworben werden können. Hier müssen die Versuche mit Würmern ausgewählter Sorten genannt werden, die den organischen Stoff unter Anwachsen ihrer eigenen Biomasse verbrauchen und nach erfolgter Abtrennung zur Verbesserung der Futterbilanz dienen. Im Ausland wird weiterhin eine Technik erprobt, bei der eine zeitliche Synchronisierung des Larvenstadiums von Fliegen mit der Durchflußgeschwindigkeit von Gülle in einem geschlossenen Tunnel angestrebt wird. Zur Bewegung der Gülle dient eine Fördervorrichtung. Das mit den Fliegeneiern angereicherte Material ist am Ende der Strecke getrocknet. Auf ähnliche Weise werden verschiedene Stämme von fotosynthetischen Mikroorganismen erprobt. Im Finalprodukt ist ein um 30 bis 53 % erhöhter Proteingehalt zu verzeichnen. Gegenstand von Versuchen unter Betriebsbedingungen ist weiterhin das Züchten von Algen auf den Fugaten. Es werden tägliche Erträge von 25 kg/ha angegeben. Gegenstand biologischer Versuche sind ausgewählte Stämme von Hefepilzen der Sorte *Torula* und *Candida* mit vorhergehender hydrolytischer Aufbereitung der Gülle. Letzteres überschreitet jedoch aus technischer Sicht die Möglichkeiten eines landwirtschaftlichen Betriebs.

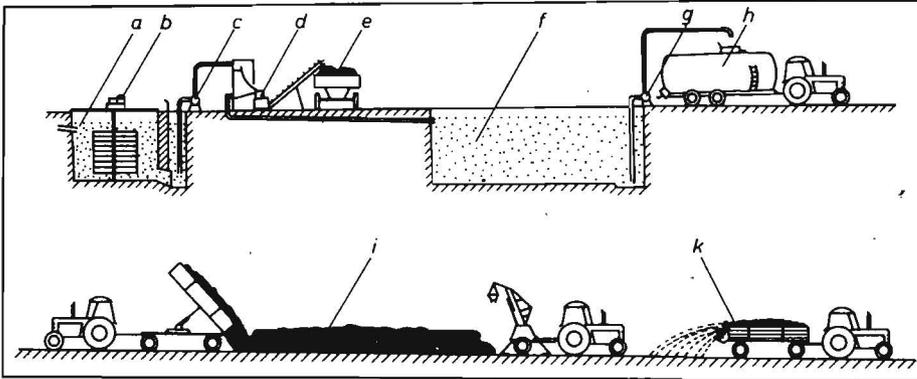
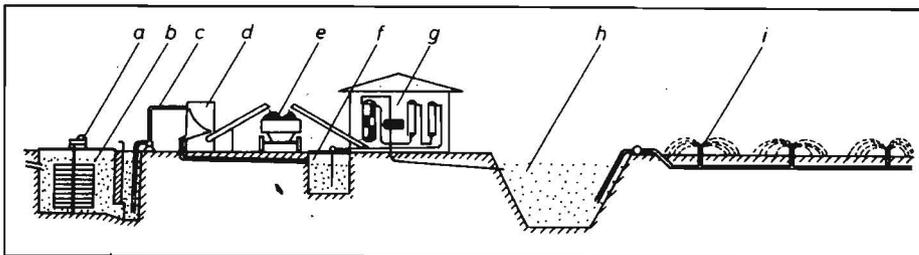


Bild 2. Technologie der Düngung mit separierter Gülle;

a Vorklärgrube, b Schaufelhomogenisierer, c Dickstoffpumpe, d Fallsieb mit Presse zum Trennen, e Abtransport des Feststoffs, f Fugatgrube, g Dickstoffpumpe, h Güllestreuer, i Kompostablage, k Kompoststreuer

Bild 3. Technologie des Eindickens von Gülle;

a Schaufelhomogenisierer, b Güllegrube, c Dickstoffpumpe, d Fallsieb zum Trennen, e Abtransport des Feststoffs, f Fugatgrube, g Verdampferstation, h Grube für Brüdenwasser, i Verregnen



## 6. Zusammenfassung der technologischen Richtungen

In den vorhergehenden Abschnitten wurden einzelne technologische Prozesse beschrieben. Die Aufzählung ist in Anbetracht der Spannweite dieser Problematik nicht vollständig. In das Material wurden beispielsweise Patentanmeldungen nicht aufgenommen. Bei den erprobten Prozeßabschnitten wurden Kennziffern angegeben, aus denen man sich eine Vorstellung von den Möglichkeiten ihrer Überleitung in die Praxis bilden kann. Es wurde eine Übersicht über die Technologien zur Behandlung von Schweinegülle entwickelt (Tafel 1). Forschungsmäßig erprobte Technologien wurden in die ausgearbeiteten Systeme eingeordnet. Verfahren, die sich im Ausland als Gegenstand der Grundlagen- oder angewandten Forschung abzeichnen, wurden in die zweite Kategorie aufgenommen. Der Überblick über einige ausgearbeitete Technologien wird durch schematische Darstellungen der entsprechenden Arbeitsgänge ergänzt (Bilder 1 bis 3).

## 7. Schlußbemerkung

Für die Bearbeitung von Schweinegülle und ihre Anwendung werden verschiedene physikalische, biologische und chemische Prozesse genutzt, die an der Aufbereitung des Eingangsmaterials nach agrotechnischen, hygienischen und anderen Anforderungen beteiligt sind.

Durch die hohen Ansprüche und den umfassenden Charakter dieser Arbeitsgänge gehört die Güllebearbeitung zu den kompliziertesten landwirtschaftlichen Technologien. Diese Feststellung gewinnt durch die gesellschaftlichen Anforderungen noch an Bedeutung. Die Grundarbeitsgänge der Aufbereitung stellen vorwiegend physikalische Prozesse dar. Die übrigen – chemischen und biologischen – Prozesse ergänzen die erstgenannten lediglich in gewisser Hinsicht. Vor allem die biologischen Prozesse zeichnen sich durch fest umrissene Anforderungen aus. Die Temperatur wird stets ein entscheidender Qualitätsfaktor sein. Die Kompliziertheit der dabei ablaufenden Prozesse ist

Tafel 1  
Technologien der Behandlung von Schweinegülle

ausgearbeitete Technologien	zukünftige Technologien
1. Technologie der Düngung mit Gülle (Bild 1)	1. Technologie der Düngung mit Gülle durch Einsatz eines selbstfahrenden Verteilfahrzeugs, Streuers und der Errichtung von Felddeponien
2. Technologie der Düngung mit separierter Gülle (Bild 2)	2. Technologie der Algenzüchtung
3. Technologie des Eindickens der Gülle (Bild 3)	3. Technologie der Kultivierung fotosynthetischer Bakterien
4. Technologie des Klärbeckens – aerobe Stabilisierung, variable thermophile Stabilisierung	4. Technologie der Güllehydrolyse und der Züchtung von Hefepilzen ausgewählter Stämme
5. Technologie des Klärbeckens – anaerobe Gärung	5. Technologie der Ölerzeugung

auch die konkrete Ursache dafür, daß es während des letzten Jahrzehnts im Weltmaßstab nicht zu wesentlichen qualitativen Veränderungen bei den technologischen Linien kam. Dazu sind umfassende Forschungsarbeiten unerlässlich. Das ist wahrscheinlich

auch der Grund dafür, daß die geforderte Vielfalt von Lösungsvarianten bisher unter Betriebsbedingungen nicht erreicht werden konnte. In der Mehrzahl handelt es sich um Arbeiten mit perspektivischem Charakter.

AÜ 3458

# Zur volkswirtschaftlichen und betrieblichen Bewertung der Biogaserzeugung und -anwendung

Dipl.-Ing.-Ök. Ute Rockstroh, KDT, Ingenieurhochschule Zittau, Sektion Sozialistische Betriebswirtschaft  
Dozent Dr.-Ing. J. Wilsdorf, KDT, Ingenieurhochschule Zittau, Sektion Kraftwerksanlagen und Energieumwandlung

## 1. Einleitung

Die technische Erschließung und die wirtschaftliche Verwertung regenerierbarer Energiequellen als Beitrag zur Deckung des Energiebedarfs der Gesellschaft und zur Substitution fossiler Energieträger sind in jüngster Zeit zunehmend in den Vordergrund gerückt worden. Untersuchungsgegenstand sind neben der direkten, z. B. über Sonnenkollektoren möglichen Sonnenenergienutzung auch indirekte Nutzungsvarianten, die von der anaeroben Fermentation organischer Substanz ausgehen. Zu den als Ausgangsstoff dienenden Biomassen zählen sowohl rein pflanzliche Rohstoffe als auch menschliche und tierische Exkremente. Von besonderem Interesse ist die bei der industriemäßigen Tierproduktion konzentriert anfallende Gülle, deren Behandlung zugleich auch ein ökologisches Erfordernis geworden ist.

Im Jahr 1981 wurden in der DDR in genossenschaftlichen und kooperativen Einrichtungen rd. 4,4 Mill. Kühe, 10 Mill. Schweine und 20 Mill. Hühner gehalten [1]. Unter Berücksichtigung der in [2] genannten Werte für die Ausbeute wird damit ein Biogaspotential von rd. 6,1 Mill. m<sup>3</sup>/d repräsentiert. Bei Beschränkung auf die geeignetsten Standorte kann mit einem Biogaspotential von 200 Mill. m<sup>3</sup>/a aus rd. 290 Anlagen gerechnet werden [3]. Daraus folgt eine vornehmlich lokale, dort aber erhebliche Bedeu-

tung der Biogaserzeugung, die außerdem wesentlich durch das Verhältnis zwischen Erzeugung und Bedarf an Biogas bestimmt wird. Für eine volkswirtschaftlich effektive Gestaltung der Biogaserzeugung und -verwertung sind Betriebe und Prozesse der Pflanzenproduktion in die territoriale Kopplung mehr als bisher einzubeziehen.

Ausgehend von der Doppelfunktion einer Biogasanlage – Desodorierung und hygienische Stabilisierung aller anfallenden Gülle sowie Bereitstellung eines energetisch hochwertigen Energieträgers – sollen nachfolgend einige ausgewählte Aspekte der Faulschlammqualität und -nutzung sowie einer effektiven Biogasverwertung dargestellt werden.

## 2. Einfluß der Biogaserzeugung auf die Gülleverwertung

### 2.1. Randbedingungen für den Einsatz von Biogasanlagen

Die organische Düngung, die hauptsächlich auf dem Einsatz tierischer Exkremente beruht, hat wesentlichen Einfluß auf die Stabilisierung der Pflanzenproduktion. Dies gilt in besonderem Maß für Sandböden, die in der DDR rd. ein Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche einnehmen. Um eine Diskrepanz zwischen dem Bedarf an organischer Substanz und deren Reduzierung bei anaerober Fermentation, wie sie bei der Biogaserzeugung

auftritt, zu vermeiden, sind Biogasanlagen nur an Standorten zu errichten, wo – Gülleüberschuß vorhanden ist – die sonstige Verwertung des örtlichen Gülleanfalls unökonomisch wird.

Solche Bedingungen sind hauptsächlich an Standorten mit größeren industriemäßigen Tierproduktionsanlagen gegeben. Unabhängig davon machen die Beeinträchtigung der Umwelt und Verschiebungen der ökologischen Bedingungen bis hin zur Beeinflussung des Grundwassers eine Güllebearbeitung zwingend notwendig. Hinsichtlich der Faulschlammverwertung stellen also Düngewert, Geruchsminderung und Hygienisierung wichtige Randbedingungen dar.

Die quantitativen und qualitativen Abläufe und Beeinflussungsmöglichkeiten der Güllekonvertierung zu Faulschlamm sind gegenwärtig noch nicht restlos erforscht. Aus der Literatur [4 bis 8] lassen sich aber bereits jetzt wesentliche Schlußfolgerungen ziehen.

### 2.2. Düngewert

Im Gegensatz zu den herkömmlichen, aeroben Gülleaufbereitungsverfahren kann mit der anaeroben Biogaserzeugung der Kohlenstoffabbau in der Gülle gesteuert werden. Da sich Biogas vornehmlich aus den Kohlenstoffverbindungen Methan und Kohlendioxid zusammensetzt, wird – abhängig vom Ausfallungsgrad der organischen Substanz – der Kohlenstoffgehalt des ursprünglichen