

# Gülleverwertung in den industriellen Großanlagen der Geflügelproduktion (Teil II)<sup>1)</sup>

Dipl.-Landw. TZL U. Kunze, VVB Industrielle Tierproduktion  
 Dr.-Ing. sc. I. Hackenberger, Technische Universität Dresden, Sektion Wasserwesen  
 Dr. agr. H. Trapp, Forschungsinstitut für Geflügelwirtschaft Merbitz

## 2.3. Biochemische Fugataufbereitungsanlage

Die organische Belastung der in der Trennanlage anfallenden Fugatmenge von rd. 150 m<sup>3</sup>/d entspricht annähernd der des Abwassers einer Großstadt mit mehr als 100 000 Einwohnern. Die organische Belastung eines Abwassers wird durch den BSB<sub>5</sub> (Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen) und den CSV (Chemischer Sauerstoffverbrauch) charakterisiert. Die durchgeführten Analysen ergaben im Mittel eine Substratkonzentration von 20 000 mg BSB<sub>5</sub>/l Fugat. Die abfiltrierbaren Stoffe betragen 24 g/l.

Der Nährstoffgehalt im Fugat weist im Mittel folgende Werte auf: N = 4 g/l, P = 0,6 g/l, K = 2 g/l, Ca = 2 g/l. Die bisher geübte Praxis der Ausbringung des unbehandelten Fugats als Flüssigdünger auf landwirtschaftliche Flächen kann bei Nichteinhaltung der TGL-Vorschriften zu Bodenschädigungen führen. Aus diesem Grund werden in zunehmendem Maße mechanische, chemische und biochemische Behandlungsverfahren zur Aufbereitung des Fugats angewendet.

Eine vorgesehene Lösungsvariante (Bild 2) beinhaltet die Anwendung der biochemischen Aufbereitung des Fugats.

Dabei werden die im Fugat enthaltenen gelösten und nicht abgeschiedenen Feststoffe auf mikrobiellem Wege abgebaut und im Verlauf dieses Abbauprozesses teilweise in Zellsubstanz überführt. Die dabei gewonnene Bio-Masse wird entwässert, anschließend ist aufgrund des hohen Rohproteingehalts eine Verwendung als Futtermittel beabsichtigt. Durch die vorgesehene biochemische Fugataufbereitung wird eine geschlossene Wertstoffrückgewinnung erreicht, die eine ökonomisch aufwendige Rückstandseseitigung erübrigt.

Für den bisher in der Praxis zum Einsatz gekommenen biochemischen Abbauprozess werden in Abhängigkeit von dem erforderlichen hohen Wirkungsgrad (z. T. 99%) in der Fachliteratur Langzeitverfahren vorgeschlagen. Da diese Verfahren einen erheblichen Investitionsaufwand bedingen, ist vorgesehen, durch einen mehrstufigen biochemischen Substratabbau und die Verwendung einer Intensivstufe die Leistungsfähigkeit des Verfahrens zu steigern. Damit wird der Investitionsaufwand entscheidend gesenkt. Die Verringerung des Investitionsaufwands beträgt bei der genannten Fugatmenge und Substratkonzentration rd. 950 000 M gegenüber dem Langzeitverfahren bei gleichbleibenden Betriebskosten. Eine solche Anlage zur biochemischen Fugataufbereitung hat folgende Hauptbaugruppen (ausgelegt für eine Fugatmenge von 200 m<sup>3</sup>/d im Endausbau):

— Fugatbehälter	200 m <sup>3</sup>
— Intensivstufe	270 m <sup>3</sup>
— Denitrifikation	200 m <sup>3</sup>
— Zwischenklärung (mit Anwendung der Röhrensedimentation)	80 m <sup>3</sup>
— Nitrifikation	540 m <sup>3</sup>
— Nachklärung mit chemischer Fällung	120 m <sup>3</sup>
— Pumpenhaus	

Die Ausführung der Behälter kann in Beton- bzw. Stahlbauweise erfolgen. Der Einsatz von vorgefertigten Stahlbehältern ist mit einer minimalen Montagezeit und einfacher Fundamentgestaltung verbunden. Entsprechend der anfallenden Fugatmenge und dem geforderten Substratabbau werden die Behälter nach dem Baukastenprinzip aufgestellt.

Außer diesen Baugruppen werden Pumpen, Rohrleitungen und Armaturen benötigt.

Ein Vorteil der biochemischen Fugataufbereitungsanlage ist der benötigte Flächenbedarf von nur 2500 m<sup>2</sup>. Die organischen

Inhaltsstoffe werden auf aerobem Wege, unter Zuführung von Luftsauerstoff von den Mikroorganismen abgebaut. Zudem erfordert die Oxydation der im Fugat enthaltenen N-Verbindungen (u. a. NH<sub>4</sub>, (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO) gleichfalls einen erheblichen Sauerstoffeintrag.

Die Geschwindigkeit, mit der die beachtlichen Luftmengen in die Behälter eingetragen werden müssen, wird vom Substratumsatz der Mikroorganismen bestimmt (kg organische Substanz je kg Trockensubstanz und Tag).

Durch die Anwendung einer Intensivstufe werden hohe Umsatzeleistungen auf kleinstem Raum konzentriert. Die Verwendung konventioneller Belüftungssysteme (Druckluft-, Kreisel- oder Walzenaggregate) reichten dafür nicht mehr aus. Der Einsatz von Hochleistungsbelüftern wird damit erforderlich.

Der große Luftbedarf des Verfahrens bedingt einen hohen Energieaufwand, der durch Anwendung von anaeroben Verfahren wesentlich gesenkt werden kann. Allerdings erhöhen sich bei diesen Verfahren die erforderlichen Reaktionsvolumen beträchtlich. Zudem ist die Wertstoffrückgewinnung (Verwendung der Bio-Masse als Futtermittel) nicht mehr möglich.

Der anfallende ausgefaulte Bio-Schlamm muß auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden.

Die Anwendung anaerober Verfahren setzt jedoch noch umfangreiche Faulversuche voraus. Es ist noch nicht abzusehen, inwieweit der Faulprozeß durch den hohen NH<sub>3</sub>-Gehalt im Fugat gehemmt oder vollständig ausgeschlossen wird. Deshalb ist eine verbindliche Aussage über den Volumenbedarf und die daraus abgeleitete Ökonomie des Verfahrens z. Z. nicht möglich.

Mit großer Wahrscheinlichkeit kann aber angenommen werden, daß das Faulvolumen (bei einem geschlossenen und beheizten Faulbehälter) das Reaktionsvolumen der Intensivstufe um mindestens das 15fache übersteigt.

Diesem Nachteil steht die Einsparung an elektrischer Energie

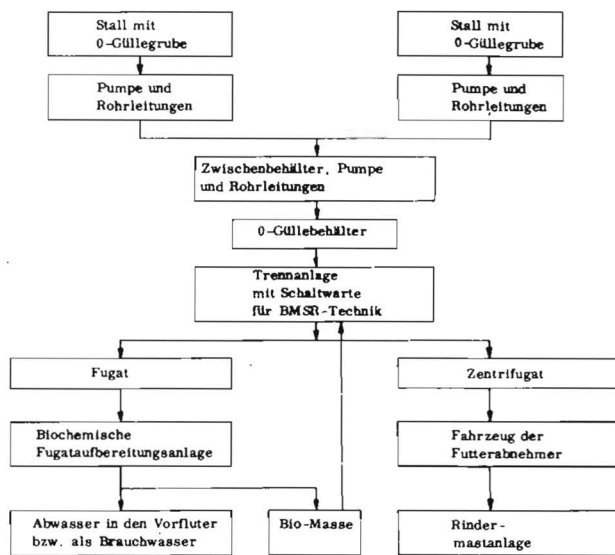


Bild 2. Schematische Darstellung des Gülleverwertungssystems

sowie der beim Faulprozeß mögliche Energiegewinn in Form von erzeugtem Methangas gegenüber.

Zu beachten ist, daß das anaerobe Verfahren sowohl in der Substratabnahme als auch in der Nährstoffreduktion keine Vorflutreihe garantiert. Das anaerobe Verfahren kann analog der Intensivstufe als 1. Behandlungsstufe einer größeren Verfahrenskette angewendet werden.

Die Behandlung des Fugats ist demnach auf 2 Wegen möglich:

a) Ausschließliche aerobe Behandlung mit Rückgewinnung der anfallenden Bio-Masse als Futtermittel, gekennzeichnet durch folgende Behandlungsstufen:

- Intensivbiologie
- Schwachlastbiologie
- Nährstoffeliminierung.

b) Anwendung einer anaeroben Vorstufe zur Reduzierung des Energiebedarfs und Gewinnung von Methangas bei höherem Investitionsaufwand und einer notwendigen Schlammabeseitigung, gekennzeichnet durch folgende Behandlungsstufen:

- anaerobe Vorstufe
- Schwachlastbiologie
- Nährstoffeliminierung.

Diese Verfahrensmöglichkeiten, die noch durch zahlreiche Untervarianten ergänzt werden können (z. B. teilweise chemische Vorbehandlung), erfordern bei der Verfahrensfestlegung eingehende Untersuchungen unter Berücksichtigung des Standorts des betreffenden Betriebes.

Eine Anwendung konfektionierter Typenlösungen ist schon aus Gründen der unterschiedlichen Güteanforderungen der Gewässeraufsichtsbehörden an das Abwasser (z. B. unterschiedliche Anforderungen an die Nährstoffeliminierung) nicht ohne weiteres möglich.

Dagegen bietet sich die Anwendung typisierter Verfahrensstufen (Intensivstufe, Schwachlastbiologie, Nachkläreinheiten usw.) bei beiden Verfahren an.

Die Komplettierung typisierter Verfahrensstufen zum Gesamtverfahren liegt im Entscheidungsbereich des entwerfenden Ingenieurs.

Für einen geplanten Betrieb zeigten die Voruntersuchungen, daß eine anaerobe Behandlungsstufe standortbedingt nicht anwendbar ist. Deshalb wurde eine aerobe biochemische Fugataufbereitung gewählt.

Aufgrund der hohen Substratkonzentration ist eine Unterteilung des Reaktionsverlaufs in drei Stufen notwendig:

- Die erste Reinigungsstufe wird in Form einer Intensivstufe ausgebildet.
- Die Feinreinigung erfolgt in der Schwachlastbiologie.
- Der Schwachlastbiologie schließt sich als dritte Reinigungsstufe die Nährstoffeliminierung an.

Zur Erzielung des gewünschten Reinigungseffekts muß eine gleichmäßige Belastung der Anlage gegeben sein.

Die Fugataufbereitung ist deshalb auf einen 24stündigen kontinuierlichen Durchlauf eingerichtet.

Eine sichere Aufbereitung ist auch nur dann gewährleistet, wenn keine toxischen Stoffe die biochemischen Prozesse gefährden können. So dürfen u. a. Desinfektionsmittel nur in solchen Konzentrationen zugeführt werden, die den Abbauprozess nicht beeinträchtigen.

Der Einsatz der Industriereiniger P3 und auch Wofasteril (Per-Essigsäure) weist gegenüber Fesiaform (hohe Formalinanteile) im Hinblick auf die biochemische Fugatbehandlung Vorteile auf.

Im Fugatbehälter beträgt die Speicherzeit des Fugats rd. 16 bis 24 h. Aufgrund dieser Aufenthaltszeit besteht besonders bei hohen Außentemperaturen die Gefahr, daß ein anaerober Abbau des Substrats beginnt, der mit der Bildung von  $H_2S$  verbunden ist. Neben der Geruchsbelästigung kann eine toxische Wirkung zur Beeinträchtigung des Abbauprozesses führen.

Um dem vorzubeugen, wird dem Fugatbehälter Luftsauerstoff zugeführt.

Aus dem Fugatbehälter, der gleichzeitig Ausgleichsbehälter für das diskontinuierlich anfallende Fugat aus der Trennanlage ist, wird das Fugat der Intensivstufe zugeführt. Die Intensivstufe ist mit einem „ideal durchmischten Rührkessel“ zu vergleichen.

Die Intensivstufe hat folgende Bedingungen zu erfüllen:

- Weitgehender Abbau der organischen Inhaltsstoffe auf kleinstem Raum
- schnelle Homogenisierung des Behälterinhalts
- hohe Sauerstoffeintragungsgeschwindigkeit
- Einhaltung einer konstanten, max. möglichen Populationsdichte
- Verhinderung der Sedimentation oder Flotation von Bio-Masse
- Begrenzung der Reaktionstemperatur auf physiologisch zulässige Werte
- konstante Belastungsverhältnisse.

Diese Bedingungen werden durch die bauliche Gestaltung des Behälters in Verbindung mit dem Belüftungssystem und einer entsprechenden Betriebsführung erreicht.

So gewährleisten die Belüftungsturbinen nach Dr. Franz hohe  $O_2$ -Eintragungsgeschwindigkeiten bis zu  $3 \text{ kg } O_2/m^3 \cdot h$ , die außerdem noch eine schnelle Homogenisierung des Behälterinhalts bewirken. Durch den Einbau radial angeordneter Strömungsbrecher werden darüber hinaus noch turbulente Strömungsvorgänge erzwungen.

Die in der Intensivstufe erzeugte Turbulenz verhindert eine Sedimentation, während die mögliche Flotation der Bio-Masse durch die Belüftungsturbine ausgeschaltet wird.

Eine Anwendung der Tauchstrahlbelüftung ist neben der Turbinenbelüftung dann in Erwägung zu ziehen, wenn eine wirksame Schaumbekämpfung durch dieses Belüftungsverfahren gewährleistet werden kann.

Aufgrund der guten Durchmischung des gesamten Behälterinhalts liegt in der Intensivstufe an allen Stellen die gleiche Substratkonzentration und hieraus resultierend die gleiche Abbaugeschwindigkeit vor.

Die Durchmischung bewirkt eine Herabsetzung der Substratkonzentration auf annähernd die im Behälter zu erreichende Ablaufkonzentration, so daß sich hinsichtlich der hohen Zulaufkonzentration keine Bedenken wegen einer eventuellen physiologischen Schädigung der Mikroorganismen ergeben.

Bei einer mittleren Zulaufkonzentration von  $20000 \text{ mg BSB}_5/l$  Fugat ist in der Intensivstufe eine Reduzierung der Substratbelastung im Ablauf auf  $4000 \text{ mg BSB}_5/l$  vorgesehen. In der Schwachlastbiologie erfolgt die Feinreinigung des Fugats. Zudem werden in der nachfolgenden Nitrifikationsstufe noch im Abwasser verbleibende Substrate abgebaut, so daß im Ablauf der Gesamtanlage lediglich eine Substratmenge  $< 200 \text{ mg BSB}_5/l$  verbleibt. Die Anlage besitzt im Hinblick auf den Substratabbau einen Wirkungsgrad von 99%.

In der Nitrifikationsstufe werden unter Mitwirkung spezieller Mikroorganismen bei ausreichendem  $O_2$ -Angebot die im Fugat enthaltenen N-Verbindungen zu Nitraten ( $NO_3$ ) umgewandelt. Die auf diese Weise gewonnenen Nitrate können in einer anschließenden Behandlungsstufe (Denitrifikationsstufe) als  $O_2$ -Quelle beim Abbau des organischen Substrats genutzt werden. Die Mikroorganismen, die die organischen Substrate abbauen, greifen, wenn im Verfahren kein weiterer Sauerstoff zur Verfügung steht, auf den Nitrat- $O_2$  zurück, wobei sie die Nitrate in molekularen Stickstoff und Sauerstoff zerlegen. Der molekulare Stickstoff gasförmig wird diesem Prozeß aus dem Behälter aus.

Mit dieser Verfahrenskombination Nitrifikation-Denitrifikation wird eine wirksame N-Eliminierung erreicht. Im Anschluß an die Nitrifizierung wird eine Nachklärung angeordnet, um die aus dem Verfahren ausgeschleppten Mikroorganismen vom gereinigt abfließenden Abwasser zu trennen. Der überwiegende Anteil des durch Sedimentation abgetrennten Schlammes wird als Rücklaufschlamm zur Nitrifizierung zurückgeführt. Auf diese Weise werden die Ausschleppverluste kompensiert, im Verfahren bleibt eine konstante Menge an Mikroorganismen für die Prozeßführung erhalten. Ein geringer Teil des in der Nachklärung abgetrennten Belebtschlammes wird als Überschussschlamm dem O-Güllebehälter zur Wertstoffrückgewinnung zugeführt.

Mit dem Abzug von Überschussschlamm wird der Zuwachs an Bio-Masse ausgeglichen, so daß im Verfahren immer eine konstante Belebtschlamm-Menge vorhanden ist.

Als Nachklärung wird die Röhrensedimentation eingesetzt, die

gegenüber in der Abwassertechnik bisher gebräuchlichen Nachklärereinrichtungen wesentliche verfahrenstechnische Vorteile mit sich bringt.

Dadurch wird der Investaufwand um rd. 40% gesenkt. Zudem gestattet die Röhrensedimentation eine höhere Belebtschlammkonzentration in den Reaktoren, so daß rückwirkend durch die Röhrensedimentation auch eine merkliche Leistungssteigerung in der biologischen Stufe gegeben ist.

Ist der Einsatz von Flockungsmitteln aufgrund spezieller Forderungen der Gewässeraufsicht erforderlich (z. B. Phosphat-Eliminierung), dann wird dieser Schlamm auf Trockenbeete ausgebracht und später als Bodenverbesserungsmittel verwendet.

Das Besondere an der beschriebenen biochemischen Fugataufbereitungsanlage liegt u. a. in der Zuordnung der einzelnen Hauptbaugruppen.

Bei konventionellen kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen wird die Denitrifizierung der Nitrifizierung nachgeschaltet. Das zur Denitrifizierung notwendige Substrat wird aus dem Rohabwasser gedeckt.

Hierzu ist es notwendig, daß ein Teilstrom des Rohabwassers unter Umgehung der biologischen Stufe und der Nitrifizierung direkt in die Denitrifizierung eingeleitet wird.

Mit dieser Lösung sind einige Nachteile verbunden:

— Mit dem zugeführten Rohabwasser werden in die Denitrifizierung auch N-Verbindungen in Form von  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  und  $\text{NH}_3$  eingeleitet.

Diese Verbindungen verlassen die Denitrifizierung unverändert und können im Vorfluter erhebliche Schäden hervorrufen.

So wirkt z. B.  $\text{NH}_3$  bereits in Konzentration von 0,2 mg/l toxisch auf Fischbrut, während Konzentrationen von 0,6 bis 1,0 mg/l auf Karpfen tödlich wirken.

— Um eine vollständige Denitrifizierung zu erreichen, muß eine ausreichende Substratmenge zur Verfügung gestellt werden. Aufgrund meßtechnischer Schwierigkeiten (keine sofortige Substratkontrolle) ist immer mit einem Überschuß zu „fahren“. Durch dieses Überangebot von Substrat wird ein Teil der organischen Inhaltsstoffe biochemisch nicht umgesetzt und vermindert somit die Reinigungswirkung der Anlage.

Diese Nachteile werden in der biochemischen Fugataufbereitungsanlage durch die besonders gestalteten Kreisläufe und die spezielle technologische Anordnung einzelner Reinigungsstufen ausgeschlossen, unter Einhaltung des konzipierten Wirkungsgrades.

### 3. Verfütterung des Zentrifugats

Der in der Trennanlage anfallende Feststoff wird in der Rindermast als Beifutter verwendet. Die Abgabe an den Verbraucher ist an bestimmte veterinärhygienische Bestimmungen gebunden. Außerdem sind periodisch wiederkehrende Untersuchungen vorzunehmen, die die Unbedenklichkeit des Futtermittels überwachen. Diese Vorsichtsmaßnahmen sind im Interesse der Gesunderhaltung von Mensch und Tier erforderlich. Das Futtermittel wird meist so wie es anfällt beim Verbraucher mit anderen Futterkomponenten gemischt.

Das Zentrifugat selbst ist feuchtkrümelig, sondert kein Wasser ab, hat eine grau-grüne Färbung, ist in seiner Struktur dem getrockneten Grünfutter ähnlich, hat keinen unangenehmen, aber einen leicht spezifischen Geruch.

Der Nährstoffgehalt ist abhängig von der Art der Fütterung der Hühner, der Höhe der Legeleistung und der Dauer der Lagerung der Hühnergülle vor und nach der Aufbereitung. Demzufolge sind Schwankungen des Nährstoffgehalts möglich und entsprechend zu berücksichtigen.

Der Futterwert des Zentrifugats wird durch seine günstigen Mineralstoff- und Spurenelementanteile erhöht.

Folgende Werte können als Richtsatz angegeben werden:

TS	30 ... 35 %
Rohprotein	6 ... 8 %
Rohfett	1 ... 2 %
Rohfaser	7 ... 8 %

Rohasche	7 ... 9 %
NFE	8 ... 10 %
N	0,6 ... 0,8 %
P	0,6 ... 1 %
Ca	1 ... 3 %
Mg	0,3 ... 0,7 %
Na	0,07 ... 0,1 %
K	0,2 ... 0,3 %
pH-Wert	7

Die Verfütterung des Zentrifugats an Mastbullen erfolgt in Abhängigkeit von deren Lebendmasse. Die Zentrifugatmengen betragen im allgemeinen 6 bis 12 kg/Tier · Tag.

Die Futtermenge eines Mastbullen ab 270 kg beträgt z. B.:

10,0 kg Zentrifugat
2,5 kg Getreideschrot
2,0 kg Trockenblatt
1,5 kg Stroh
5,0 kg Silage.

Durchgeführte Kontrollmessungen zwischen Mastbullen, die mit und ohne Zentrifugat gefüttert wurden, ergaben keine nennenswerten Unterschiede in der Massezunahme.

Zu beachten ist, daß die Zufütterung von Zentrifugat eine bestimmte Gewöhnungszeit erfordert. Diese beträgt rd. 2 bis 4 Wochen. Die Zufütterung sollte bei Mastbullen ab 200 kg beginnen.

Weiterhin ist das Absetzen des Zentrifugats mindestens 3 Wochen vor der Schlachtung einzuhalten.

Die vorgenommenen Schlachtwertuntersuchungen haben keine Bestandungen der Fleischqualität ergeben.

Das Zentrifugat wird an Mastbullen bereits 3 Jahre als Beifutter verabreicht und ist zu einem festen Futtermittelanteil in bestimmten LPG und VEG geworden.

### 4. Zusammenfassung

Im Bild 2 ist das beschriebene Gülleverwertungssystem schematisch dargestellt.

Dieses Verwertungssystem arbeitet unter industrieartigen Bedingungen. In einem nahezu geschlossenen Kreislauf wird das Abfallprodukt „Hühnergülle“ aufbereitet. Die in der Gülle enthaltenen verwertbaren Stoffe werden als ständig fließende Futtermittelquelle erschlossen. Das dabei noch anfallende Fugat wird umweltgerecht geklärt und kann als Brauchwasser verwendet werden.

Die Anwendung dieses Verfahrens trägt mit dazu bei, das „Gülleproblem“ in vielen Betrieben zu lösen. A 1133/11

1) Teil I im Heft 2/1976, S. 63

## Fremdsprachige Importliteratur

Aus dem Angebot des Leipziger Kommissions- und Großbuchhandels (LKG) 701 Leipzig, Postfach 520, haben wir für unsere Leser die nachstehend aufgeführte Neuerscheinung ausgewählt. Bestellungen sind an den Buchhandel zu richten. Dabei ist anzugeben, ob sich der Besteller u. U. mit einer längeren Lieferzeit (3 bis 6 Monate) einverstanden erklärt, wenn das Buch erst im Ausland nachbestellt werden muß.

### Verbrennungsmotoren

Wissenschaftlich-technischer Sammelband, 21. Folge, Charkow 1975. 160 Seiten, mit zahlr. einfarb. Abb. u. Tab., 14,7 cm × 21,5 cm. Br. NK 26-74/78 3,55 Mark

Der Band enthält die auf elektronischen Digitalrechnern gewonnenen Untersuchungsergebnisse der Arbeitsprozesse nach der Methode der volumetrischen Bilanz sowie Beschreibungen mathematischer Modelle der Gasströmungen und automatischer Regelanordnungen mit Turboaufladung. Interessentenkreis: Ingenieure Bestell-Nr. IX C-8136/21 lsd-wo Charkowsk. uniw. In russischer Sprache

AK 1168