

Untersuchung zur Entwicklung eines technischen Verfahrens zur Gewinnung von Feststoffen aus tierischen Exkrementen – 3

Von Wolfgang Baader, Frank Schuchardt und Hans Sonnenberg, Braunschweig-Völkenrode*)

Mitteilung aus dem Institut für Landmaschinenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode (dritte Mitteilung und Schluß)

DK 66.047:628.35:631.862

Schlämme mit hohem Gehalt an organischer Substanz, wie sie z.B. bei Tierhaltungsbetrieben anfallen, lassen sich durch Kompostieren in einen geruchfreien, hygienisch unbedenklichen und landwirtschaftlich nutzbaren Feststoff überführen, sofern es gelingt, das für den biologischen Prozeß optimale Feuchteangebot und den erforderlichen Gasaustausch im Substrat sicherzustellen. Es wird über ein Verfahren berichtet, bei dem diese Bedingungen erfüllt werden durch Anreichern des Schlammes mit rückgeführtem kompostiertem Trockengut und Herstellen einer grobkörnigen, aus formstabilen Aggregaten bestehenden Schüttung.

Gemenge in der Schüttung auf den Verlauf und auf die Intensität des biologischen Prozesses umfangreiche Erkenntnisse gewonnen werden. Diese erlauben eine optimale Zuordnung der einzelnen Prozeßparameter und damit eine Beschreibung der wichtigsten verfahrenstechnischen Voraussetzungen. Es zeigte sich weiterhin, daß die Rotte auch bei großen Schütthöhen möglich ist, wenn das feuchte und krümelige Gemenge zuvor zu Preßlingen verformt wird. Derart grobkörnige Haufwerke bedürfen auch keiner Zwangsbelüftung.

Inhalt

1. Einleitung
2. Versuche im technischen Maßstab
 - 2.1 Herstellen des Gemenges
 - 2.2 Herstellen der Preßlinge
 - 2.3 Rotten
 - 2.4 Trocknen
3. Eigenschaften des Produktes
4. Zusammenfassung

1. Einleitung

In zwei vorausgegangenen Mitteilungen [1, 2] wurde über Laboratoriumsarbeiten und Versuche im halbtechnischen Maßstab zu einem Verfahren berichtet, mit dem aus Schlämmen bzw. Pasten mit hohem Gehalt an organischer Substanz nach Beimengen von trockenem und zerkleinertem, im Verfahren gewonnenen Rückgut und kurzzeitiger intensiver Warm- bzw. Heißrotte (Kompostierung) ein hygienisch unbedenkliches, geruch- und staubfreies sowie einfach handhabbares Schüttgut gewonnen werden kann. Ausgehend von Flüssigmist landwirtschaftlicher Nutztiere, konnten über den Einfluß der Inhaltsstoffe, des Feuchtegehalts und der Struktur der

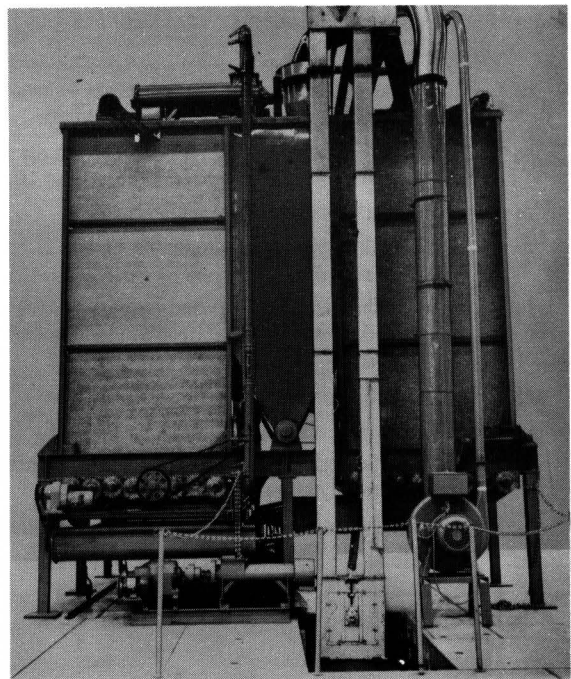


Bild 1. Versuchsanlage für die Gewinnung von Feststoffen aus tierischen Exkrementen (Eigenbau des Instituts).

*) Prof. Dr.-Ing. W. Baader ist Direktor des Instituts für Landmaschinenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode, Dipl.-Ing. agr. F. Schuchardt und Dipl.-Ing. H. Sonnenberg sind wissenschaftliche Mitarbeiter in diesem Institut.

Die Ergebnisse aus den Versuchen im Laboratorium sowie im halbtechnischen Maßstab ließen allerdings noch keine sichere Beurteilung des Verfahrens hinsichtlich seiner Funktion im Betriebsmaßstab zu. So war es ungewiß, ob auch bei einem wesentlich größeren Masseanfall und der dadurch bedingten größeren Reaktorfüllung der Prozeß einwandfrei abläuft und ob dabei die Betriebs-

sicherheit und die Arbeitsgüte der dem Reaktor vor- und nachgeordneten Verfahrensstufen den gestellten Anforderungen genügen. Um diese Fragen beantworten zu können, wurden die wichtigsten Verfahrensschritte unter praxisnahen Bedingungen betrieben. Hierzu diente eine entsprechend dimensionierte Versuchsanlage, die im wesentlichen gemäß Bild 19 bzw. Bild 20 der zweiten Mitteilung [2] aufgebaut war, Bild 1. Die bei diesen Versuchen gewonnenen Erkenntnisse werden im folgenden mitgeteilt, wobei besondere Beachtung den Bedingungen geschenkt wird, die sich aus der Verwendung von Preßlingen ergaben.

2. Versuche im technischen Maßstab

Wie in der zweiten Mitteilung [2] an Beispielen bereits dargestellt wurde, ist für den Betrieb des Verfahrens eine Mindestausrüstung an technischen Einrichtungen erforderlich, unabhängig davon, ob für die Rotte krümeliges oder zu Preßlingen verformtes Gemenge verwendet wird. In jedem Falle werden für das Verfahren an technischen Einrichtungen benötigt: Zerkleinerungsmaschine, Mischer und Presse, Rottebehälter und Trocknungseinrichtung sowie Rückgutspeicher und Fördererlemente.

Hammermühlen	Bauart		
	a	b	c
Siebart	Rundloch	Rippenkorb	Langloch
Weite der Sieböffnungen [mm]	8 ϕ	6 x 180	11 x 60
Siebgröße [mm]	85 x 800	280 x 400	80 x 1250
Werkzeugform			
Werkzeugbreite [mm]	100	20	4
Umfangsgeschwindigkeit [m/s]	34	23	52
Mischer			
Rotor: Länge [mm]	900		
Durchmesser [mm]	280		
Drehzahl [min ⁻¹]	640		
Massendurchsatz [t/h]	10		
Leistungsbedarf [kW]	10		
Pressen			
Bauart			
Schnecken: Länge [mm]		a	b
		500	480
Durchmesser außen [mm]		130	300
Durchmesser innen [mm]		50	150
Drehzahl [min ⁻¹]		100	110
Preßkanal: Anzahl			
		13	13
Durchmesser außen [mm]		34	50
Durchmesser Kern [mm]		(8) ¹⁾	15
Massendurchsatz ²⁾ [t/h]		2	10
Leistungsbedarf ²⁾ [kW]		5	28

¹⁾ wahlweise

²⁾ bei Feuchtegehalt 0,45

2.1 Herstellen des Gemenges

Um den für eine sichere Rotte erforderlichen Feuchtegehalt des Gemenges zu erreichen, wird dem Flüssigmist Trockengut beigeengt, dessen Teilchenoberfläche möglichst groß sein sollte, um ein großes Feuchteadsorptionsvermögen zu erhalten. Zum Zerkleinern des Trockengutes haben sich Hammermühlen bewährt, Tafel 1. Die obere Grenze des Feuchtegehaltes, bei dem die Zerkleinerung von Rückgut ohne Verschmieren der Siebe noch möglich war und das notwendige weite Korngrößenspektrum erreicht werden konnte, Bild 2, lag bei $U_4 = 0,18$. Hammermühlen sind nicht nur unempfindlich gegen Federn, Haare und andere faserige Beimengungen in tierischen Exkrementen, sondern eignen sich auch zum Aufbereiten von trockenen Zuschlagstoffen pflanzlichen Ursprungs (z.B. Stroh- und Heuhäcksel, Torf), die zum Anfahren einer Anlage an Stelle von Rückgut gegebenenfalls benötigt werden.

Für das Vermengen wurde ein Durchlauf-Wirbelschneckenmischer verwendet, Bild 3 und Tafel 1, der ein sehr luftporenreiches und feinkrümeliges Gut liefert.

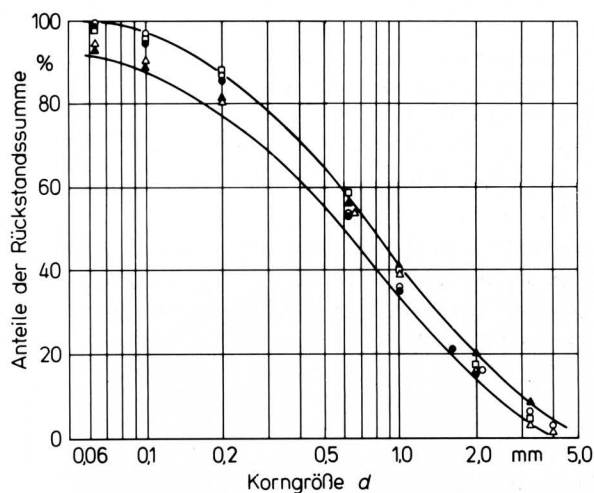


Bild 2. Korngrößenverteilung von Rückgut nach Zerkleinern in Hammermühlen (techn. Daten in Tafel 1).

Mühlentyp	Feuchtegehalt	
△	a	0,06
▲	c	0,08
●	c	0,11
○	a	0,11
□	b	0,14

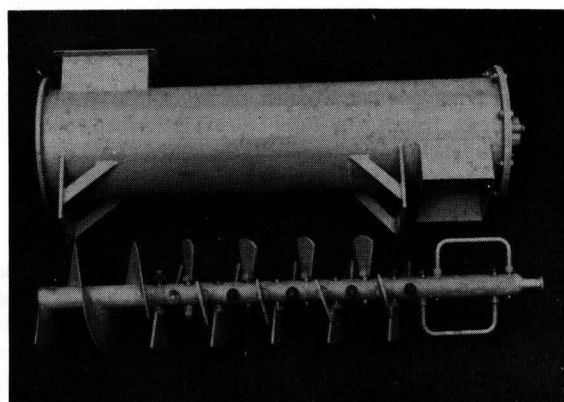


Bild 3. Durchlaufmischer zum Herstellen von Flüssigmist-Trockengut-Gemengen (Eigenbau des Instituts).

Tafel 1. Technische Daten der verwendeten Aufbereitungsmaschinen.

2.2 Herstellen der Preßlinge

Über die zweckmäßige Form und Größe der Preßlinge sowie über das Preßverfahren hatten bereits die Versuche im halbtechnischen Maßstab entscheidende Hinweise gegeben. So war die Verwendung einer Schnecken-Strangpresse, ausgerüstet mit einer Mehrkanalmatrize, naheliegend. Da die Matrize aus mehreren Scheiben zusammengesetzt war, ließen sich die Druckkräfte über die Anzahl dieser Scheiben, d.h. über die Kanallänge, den jeweiligen Betriebsbedingungen anpassen. Der ursprünglich in den Laborversuchen gewählte Preßlingsdurchmesser von 20 mm wurde in den halbtechnischen Versuchen auf 34 mm vergrößert, um einen höheren Massendurchsatz der Presse zu erreichen. Diese Maßnahme hatte keinen nachteiligen Einfluß auf den Verlauf der Rotte. Andererseits verringerte sich die Gefahr des Zusetzens der Matrizenkanäle durch faserige Bestandteile im Gemenge (Haare, Federn, Stroh u.a.). Da dieses Risiko jedoch für einen Betrieb im technischen Maßstab völlig ausgeschlossen sein muß, war die Entwicklung einer neuen Matrizenbauart notwendig. Es wurde eine Lösung gefunden [3], bei der die Kanäle von zwei Halbschalen gebildet sind, deren Längstrennfugen einen so weiten Abstand aufweisen, **Bild 4**, daß Faserstoffe, die sich auf der Druckseite der Matrize quer zur Fließrichtung eingestellt haben, mit dem Gutstrang ungehindert ausgeschoben werden. Diese Matrizenbauart läßt allerdings eine Anordnung der Kanäle auf nur einem konzentrischen Kranz um die Längsachse zu. Eine bei gegebenem Außendurchmesser der Preßschnecke geforderte Erhöhung des Massendurchsatzes ist somit nur über die Vergrößerung der Preßlingsdurchmesser zu erreichen. Um zu verhindern, daß sich dann im Kern der Preßlinge die Gasdiffusionsverhältnisse unzulässig verschlechtern, wird der Preßling als dickwandiger Hohlzylinder hergestellt.

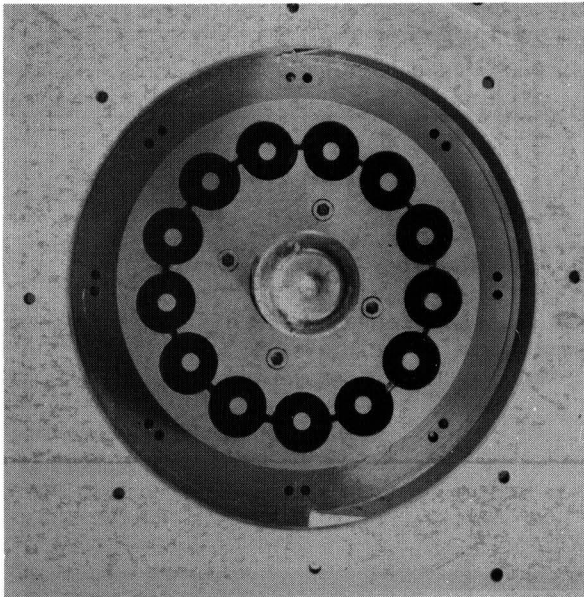


Bild 4. Matrize mit geteilten Kanälen, für den Anbau an eine Schneckenpresse, Bauart b (s. Tafel 1), zum Herstellen von Hohlpreßlingen aus feuchten Flüssigmist-Rückgut-Gemengen (Eigenbau des Instituts).

Die Gutdichte im Preßling und damit dessen Druckfestigkeit reicht bei den für die Rotte erforderlichen Feuchtegehaltswerten im Bereich $0,40 < U_1 < 0,45$ aus, um auch bei Druckbelastungen infolge großer Füllhöhen (in den Versuchen bis 2,8 m) den Luftporenanteil in der Schüttung sicherzustellen, der für einen ungehinderten Gasaustausch notwendig ist, **Tafel 2**. Allerdings müssen die Preßlinge bis zur Ablage im Rottebehälter vorsichtig gehandhabt werden (Vermeiden größerer Fallstufen und Quetschbeanspruchung), damit der Anteil kleinerer Bruchstücke in der Schüttung

nicht zu groß wird, was sich ebenfalls auf den Gasaustausch nachteilig auswirkt; größere Bruchstücke (über etwa 1/3 der Preßlingsgröße) sind jedoch ohne Einfluß, sofern sie in geringer Zahl in der Schüttung verteilt sind.

Die Wechselwirkungen zwischen Dichte, Porenvolumen, Festigkeit und Feuchtegehalt werden darüber hinaus aber auch durch die Zusammensetzung des Gutes und dessen Korngrößenspektrum, besonders des Rückgutes, beeinflusst. Diese Zusammenhänge gilt es bei der Optimierung des Preßverfahrens zu berücksichtigen.

	Einzelpreßling		Schüttung			
	ρ g/cm ³	λ %	ohne Belastung		unter 2,5 m hoher Schüttung	
	ρ g/cm ³	λ %	ρ g/cm ³	λ %	ρ g/cm ³	λ %
Preßling 34 mm ϕ						
$U_1 = 0,474$	1,17	5,3	0,635	48,1	0,757	42,4
$U_2 = 0,498$	1,16	5,0	0,627	49,0	0,760	38,4
Preßling 50 mm ϕ						
$U_1 = 0,451$	1,16	5,2	0,576	52,9	0,746	38,7
$U_2 = 0,465$	1,15	5,5	0,623	48,8	0,763	37,6

Tafel 2. Dichte ρ und Luftporenanteil λ bei Aggregaten aus Hühnerkot-Rückgut-Gemengen.

2.3 Rotten

Die Rotteversuche in größeren Zellen dienen der Überprüfung des Selbsterhitzungsverhaltens von krümeligen Flüssigmist-Rückgut-Gemengen, **Bild 5**, sowie von Schüttungen aus Preßlingen, die aus diesen Gemengen hergestellt wurden, **Bild 6**. Der mit quadratischem Querschnitt ausgeführte Rottebehälter der in **Bild 1** dargestellten Versuchsanlage hatte ein Nettovolumen von 7,7 m³ bei einer maximalen Füllhöhe von 3,3 m.



Bild 5. Krümelstruktur von Rinderflüssigmist-Rückgut-Gemenge.



Bild 6. Preßlinge, hergestellt mit Schneckenpresse der Bauart a (s. Tafel 1).

Für die Versuche mit krümeligem Rottegut wurde Rindermist-Rückgut-Gemenge verwendet. Täglich wurde davon 1/5 des Reaktorinhaltes, d.h. 1,54 m³, entsprechend einer Gutschicht von 0,66 m Höhe, an der Unterseite des Reaktors entnommen und eine gleich große Menge von oben zugegeben, so daß die Gesamt-Verweilzeit des Gutes im Reaktor 5 Tage betrug und sich die Füllung jeweils um den Betrag einer Schicht nach unten bewegte. Die 20 Stunden nach einem solchen Wechsel vorgenommene Messung der Guttemperatur im Kern der Füllung entlang der vertikalen Behälterachse mit einer Sonde ergab, daß sich ohne Belüftungshilfe Höchsttemperaturen von 45 bis 50 °C einstellten, **Bild 7**, wobei die niedrigste Temperatur bei etwa 2/3 der Füllhöhe eintrat. Da bei ausreichendem Sauerstoffangebot und Wärmeisolierung die Selbsterhitzungstemperaturen bei Rindermist auf über 75 °C steigen können, wie frühere Versuche zeigten [1, 4, 5] kann gefolgert werden, daß die Rotte unter den gegebenen Bedingungen unter Sauerstoffmangel litt. Diese Vermutung wurde bestätigt durch das Auftreten höherer Temperaturen, nachdem zeitweilig mit Hilfe von gelochten Rohren, die vertikal die gesamte Reaktorfüllung durchzogen und deren Stirnöffnung mit der Umgebungsluft in Verbindung standen, sowie mit einer Druckluftlanze ein besseres Sauerstoffangebot erreicht worden war, Kurven b und c in **Bild 7**.

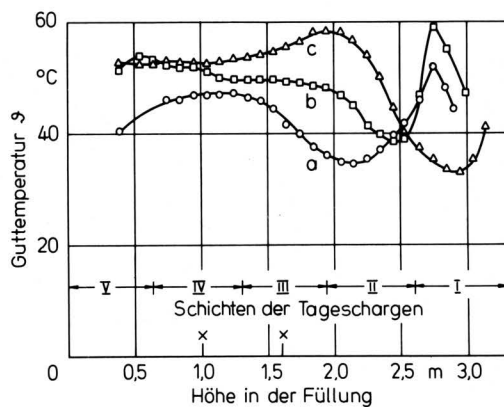


Bild 7. Guttemperatur im Kern des 8 m³-Rottebehälters bei Rinderflüssigmist-Rückgut-Gemenge; Einfluß des Sauerstoffangebotes.

- a ohne Belüftungshilfe
- b mit gelochten Rohren
- c mit Druckluftlanze (x Höhenlage des Lanzen-Einstichs)

Gestützt auf die Aussagen aus den Laborversuchen zum Strömungswiderstand und zum Gasaustausch bei krümeligen Gemengen [2,5], läßt sich aus den Ergebnissen dieser Versuche an Großbehältern ableiten, daß krümelige Gemenge aus Flüssigmist und Rückgut bei der beschriebenen Betriebsweise, d.h. bei Schichthöhen, wie sie in technischen Anlagen erwartet werden, sich nur bei Zwangsbelüftung ausreichend erhitzen und somit die Rotte befriedigend und sicher verläuft.

Für die Selbsterhitzungsversuche mit Preßlingen aus Hühnermist-Rückgut-Gemengen mit einem Durchmesser von 34 mm wurde der Rottebehälter in einer Charge bis zu einer Höhe von 2,8 m gefüllt und der Temperaturverlauf über 5 Tage im Kern der Füllung in verschiedenen Höhen verfolgt. Infolge der für den Gasaustausch günstigeren Struktur erreichten die aggregierten Gemenge in allen Zonen Temperaturen bis in den Bereich thermophiler Mikroorganismen. Jedoch war ein Einfluß des Feuchtegehalts der Preßlinge auf den Temperaturverlauf festzustellen, **Bild 8 bis 10**. Während sich bei einem Feuchtegehalt von 0,45 günstige Werte für die Erwärmungszeit und für die Höchsttemperatur einstellten, wirkte sich ein niedrigerer Feuchtegehalt nur wenig, ein höherer jedoch stark hemmend auf die Selbsterhitzung aus. Die Ursache für die schlechtere Erhitzungsfähigkeit feuchteren Gutes dürfte in der

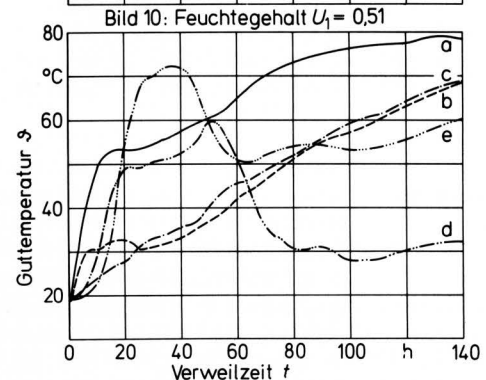
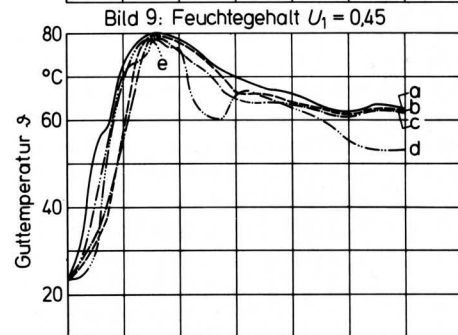
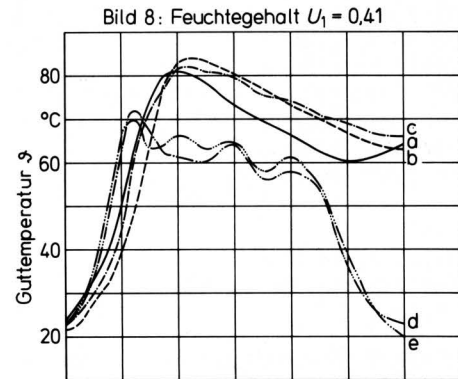


Bild 8 bis 10. Temperaturverlauf im Kern des 8 m³-Rottebehälters bei aggregiertem Gemenge aus Hühnerkot und Rückgut, Preßlinge 34 mm ϕ , Schütthöhe 2,8 m; Einfluß des Feuchtegehalts. Höhe der Temperaturmeßstelle über dem Behälterboden: a 0,5 m; b 1,0 m; c 1,5 m; d 2,0 m; e 2,3 m

dann geringeren Druckfestigkeit der Preßlinge liegen, die bei großen Füllhöhen zu einer höheren Dichte der Schüttung in den unteren Zonen und damit zu einem schlechteren Gasaustausch führt.

Das günstige Rotteverhalten von Preßlingen konnte ebenfalls in weiteren Versuchen unter Verwendung von Containern festgestellt werden. Diese hatten ein Nutzvolumen von $1,9 \text{ m}^3$ bei einer Füllhöhe von 2 m und waren aus Drahtgittergeflecht (quadratische Maschen, Weite 50 mm) hergestellt, das auf einer genormten Holzpalette aufgesetzt war, Bild 11.

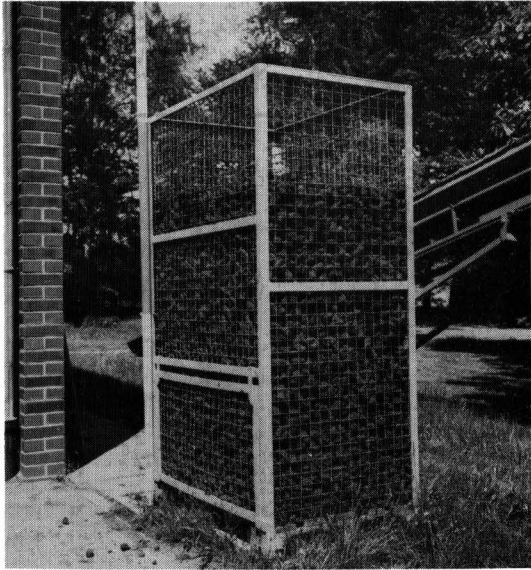


Bild 11. Draht-Container auf Palette zum Rotten von Preßlingen (Eigenbau des Instituts).

Bei der Rotte ist das Temperaturgefälle im Rottegut zwischen dem Kern der Füllung und der Behälterwand zu berücksichtigen. Entsprechend niedrige Außentemperaturen können in den wandnahen Zonen zu Guttemperaturen führen, die für eine Hygienisierung nicht mehr ausreichen. Wird eine solche gefordert, dann ist – insbesondere bei einem im Freien aufzustellenden Rottebehälter – eine Wärmeisolierung nicht zu umgehen. Zu Blöcken zusammengestellte Paletten-Drahtcontainer bedürfen dann nur einer Umhüllung der Block-Außenflächen.

Beim Betreiben eines Heißrotteverfahrens müssen auch die prozeßbedingten und daher unvermeidlichen Geruchsemissionen beachtet werden. Im Hinblick auf den großen Einfluß des Gasdurchsatzes auf die Kosten einer Geruchseseitigungseinrichtung ist das beschriebene Rotteverfahren mit Preßlingen, das eine Belüftung durch freie Konvektion mit einem sehr kleinen Abgasstrom ermöglicht, gegenüber Kompostierungsverfahren, die nicht mit aggregiertem Gut arbeiten und daher Zwangsbelüftung erfordern, im Vorteil.

2.4 Trocknen

Das Gut weist bei Beendigung der Rotte einen mittleren Feuchtegehalt von 0,40 bis 0,50 auf und muß, soweit es als Rückgut dienen soll, auf einen Feuchtegehalt von mindestens 0,15 bis 0,18 getrocknet werden. Der Trockner der Versuchsanlage nach Bild 1 hatte dieselben Abmessungen wie der Rottebehälter und wurde mit dem täglichen Austausch teils von $1/5$ und teils von $1/4$ der aus Preßlingen bestehenden Füllung betrieben. So durchlief das Gut die Anlage in fünf bzw. in vier Tagen. Die Gesamtfüllhöhe betrug 2,8 m. Die Trocknungsluft lieferten zwei mit einem elektrischen Luftherhitzer gekoppelte Radialgebläse.

Beim Fahren der Anlage im Viertagerhythmus ist täglich eine Gutmenge von 750 kg auf den geforderten Restfeuchtegehalt zu trocken

nen und dabei jeweils eine Wassermenge von 250 kg/d zu verdunsten. Hierfür wurden $33000 \text{ m}^3/\text{d}$ der in der Versuchshalle zur Verfügung stehenden Luft (im Langzeitmittel Temperatur $\vartheta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; rel. Feuchte $\varphi = 0,5$) benötigt, die auf die durchschnittliche Trocknungslufttemperatur $\vartheta_{L1} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ (zugehörige rel. Feuchte $\varphi_1 = 0,1$) erwärmt wurde. Die von Luftherhitzer und Gebläse verbrauchte Energiemenge betrug $E_{\text{eff}} = 1,3 \text{ GJ/d}$. Das entspricht einem spezifischen Wärmebedarf $q = 5,2 \text{ MJ/kg}$ entzogenen Wassers.

Bei Verwendung von Außenluft, deren Zustandswerte im Jahresablauf für den Versuchsstandort in Bild 12 dargestellt sind [6], ergibt sich zum Erwärmen der Trocknungsluft auf die vorgenannte Temperatur ϑ_{L1} der jeweilige Energiebedarf E_{eff} , wie ihn Bild 13 zeigt. Hierbei liegen den Grenzen des schraffierten Bereichs die monatlichen höchsten bzw. niedrigsten Mittelwerte der Klimadaten zugrunde. Der Trocknungszeitbedarf kann durch die Wahl anderer Trocknungslufttemperaturen und -mengen verändert werden [6].

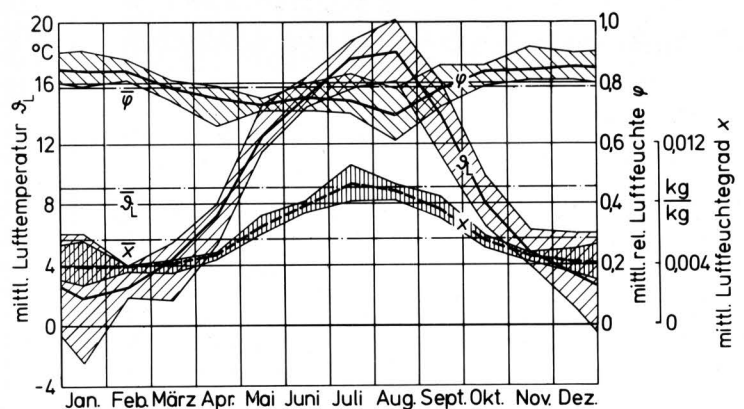


Bild 12. Durchschnittliche Werte von Temperatur ϑ_L , relativer Feuchte φ und Feuchtegrad x der Luft nach Aufzeichnung der Wetterstation Braunschweig-Völkenrode, für den jeweiligen Monat gemittelt aus den Klimawerten der Jahre 1971 bis 1975 (nach Georgi). Der Streubereich wird begrenzt durch den höchsten und niedrigsten Mittelwert des jeweiligen Monats.

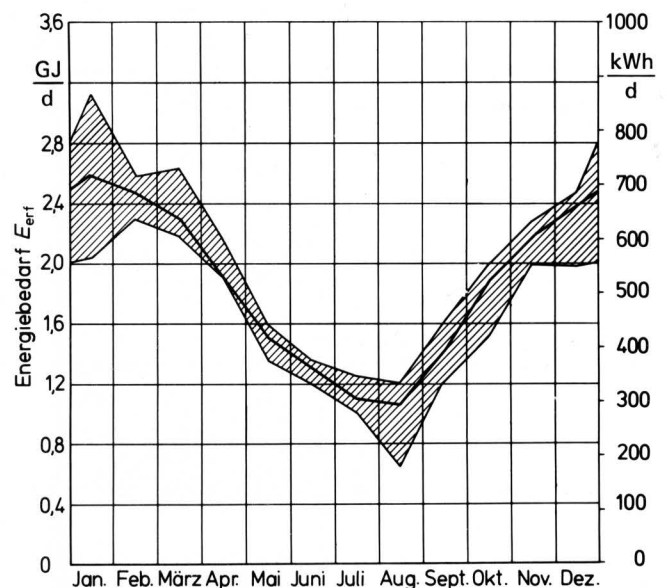


Bild 13. Erforderlicher Energiebedarf pro Tag zum Trocknen gerotteter Preßlinge in der Versuchsanlage im Ablauf des Jahres.

Mit abnehmendem Feuchtegehalt schrumpfen die Preßlinge. Dieser Volumenschwund kann bis 30 % des bei Feuchtegehalten um 0,45 vorliegenden Ausgangsvolumens betragen. Werden die Preßlinge in ruhender Schüttung getrocknet, muß der Gefahr begegnet werden, daß sich an den Behälterwänden Luftspalte bilden, durch die die Trocknungsluft ungenutzt abströmen kann, und dadurch das Gut im Kernbereich der Füllung ungenügend trocknet. Im Versuchstrockner konnte diesem Nachteil durch Einbau eines zentralen, vertikalen, zylindrischen Kerns von 250 mm Durchmesser entgegengewirkt werden.

3. Eigenschaften des Produktes

Mechanische Stabilität

Die Druckempfindlichkeit der Preßlinge im Feuchtegehaltsbereich der Rotte erfordert eine vorsichtige Handhabung beim Aufschütten zum Trocknen bzw. Zwischenlagern. Mit fortschreitender Trocknung nimmt die mechanische Stabilität der Preßlinge jedoch schnell zu, Bild 14. Bereits bei Feuchtegehalten unter etwa 0,25 halten sie selbst den höchsten beim Einsatz üblicher Förder- und Umschlageinrichtungen auftretenden mechanischen Belastungen stand; die Zerkleinerung der Preßlinge in gröbere Fraktionen (z.B. mit Brechwalzen), um günstige Streueigenschaften bei der Ausbringung des Produktes als Dünger zu erreichen, ist dann ebenfalls gewährleistet. Soll das Gut einwandfrei in Hammermühlen zerkleinert werden können, so muß es soweit getrocknet werden, daß es sprödebrüchig ist; hierzu sind Feuchtegehalte unter etwa 0,18 erforderlich.

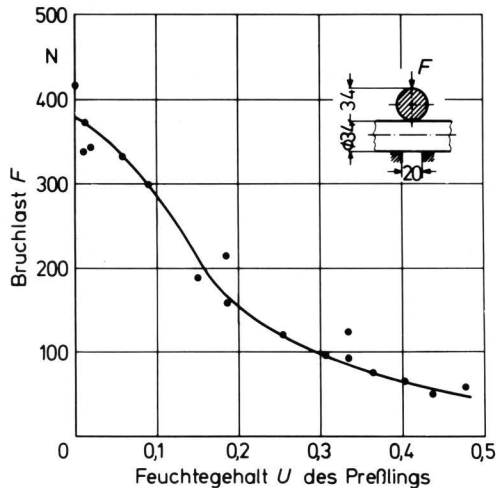


Bild 14. Mechanische Stabilität von Voll-Preßlingen (Durchmesser 34 mm) bei unterschiedlichem Feuchtegehalt.

Unter dem Einfluß der natürlichen Niederschläge weichen die Preßlinge erst nach mehreren Monaten allmählich auf; geschützt vor Regen behalten sie dagegen über mehrere Jahre ihre Festigkeit bei. Nach Ausbringen auf bzw. in den Boden zerfallen sie unter dem Einfluß der Bodenfeuchte verhältnismäßig schnell.

Geruch

Die kompostierten Preßlinge riechen im warmen Zustand nach Ammoniak, nach Abkühlung erdig. Dieser Geruch verliert sich mit zunehmender Abkühlung; er stellt sich nach erneuter Befeuchtung abgeschwächt wieder ein. Wird das Gut jedoch in feuchtem Zustand unter Luftabschluß gelagert (z.B. in stauender Nässe), dann entwickeln sich infolge anaerober Zersetzungs Vorgänge allmählich übelriechende Gase.

Hygienisierung

Sofern die gesamte Menge des Rottegutes während einer Zeitspanne von mindestens 12 Stunden Temperaturen über 60 °C unterworfen wird, weist das Endprodukt einen Hygienisierungsgrad auf, der seine unbedenkliche Verwendung als Pflanzendünger zuläßt. Diese Bedingungen lassen sich mit wärmeisolierten Reaktoren erfüllen [7, 8, 9].

Düngewert

Wie die Werte der Tafel 3 zeigen, nimmt der Gehalt an organischer Substanz während der Behandlung nur sehr wenig ab. Hingegen sind die Verluste an Stickstoff beträchtlich; sie treten vor allem dann auf, wenn das noch warme Rottegut mit warmer Luft getrocknet wird und dadurch große Mengen an Ammoniakgas ausgeblasen werden. Der hohe pH-Wert begünstigt die Ammoniakfreisetzung. Trocknen mit höheren Temperaturen, wobei derartige Nachteile entstehen, ist jedoch nur für das Rückgut und für den Fall erforderlich, daß kurze Trocknungszeiten angestrebt werden, wie sie z.B. für Simultanbetrieb von Reaktor und Trockner notwendig sind. Das Produkt sollte möglichst unter normalen Luftbedingungen im Zwischenlager abtrocknen. Bei diesen Temperaturen dürfte dann mit geringeren Stickstoffverlusten zu rechnen sein. Hierüber liegen allerdings noch keine gesicherten Ergebnisse vor.

Die bisherigen Untersuchungen zur Düngewirkung deuten darauf hin, daß das kompostierte Gut ein organischer Dünger mit langsam fließender Stickstoffquelle ist. Bei der Düngung ist allerdings anfangs mit einer "Stickstoffsperre" im Boden zu rechnen [4].

Gut	Feuchtegehalt	Anteil an der Trockenmasse		pH-Wert
		org. Substanz %	Ges.-Stickstoff %	
Flüssigmist m_0	0,82–0,91	75–62	4,9–9,0	7,8–6,5
Gemenge vor der Rotte m_1	0,41–0,51	69–63	2,9–4,4	9,5–8,2
Gemenge nach der Rotte m_2	0,32–0,49	66–63	2,1–3,4	10,3–8,6
Trockengut m_4	0,15–0,05	67–62	1,3–2,9	9,6–8,6

Tafel 3. Veränderungen von Stoffkennwerten bei der Behandlung von Hühnerkot-Rückgut-Gemengen.

4. Zusammenfassung

Die Erprobung der für das Verfahren wesentlichen technischen Einrichtungen unter praxisnahen Bedingungen bestätigte weitgehend die Ergebnisse der Versuche im Modellmaßstab. Die Rotte des Flüssigmist-Trockengut-Gemenges ließ sich auch in Schüttungen bis 3 m Höhe sicher und ohne Zwangsbelüftung durchführen, wenn aus dem Gemenge zuvor Preßlinge mit einem Durchmesser bis 50 mm hergestellt wurden, die eine gute Gasdurchlässigkeit der Schüttung bewirkten. Entsprechend verbesserten sich hierdurch auch die Bedingungen für das Trocknen des Rückgutes sowie für das Zwischenlagern des Produktes. Zum Herstellen des Gemenges und der Preßlinge wurden einfache Maschinen, wie Hammermühle, Einwellen-Durchlaufwirbelmischer und Schnecken-Strangpresse mit gutem Erfolg eingesetzt. Durch besondere Gestaltung des Preßwerkzeugs war die störungsfreie Verarbeitung auch von Gemengen mit faserigen Bestandteilen möglich.

In den Versuchen konnte ferner nachgewiesen werden, daß sich das Verfahren funktions sicher verwirklichen läßt und ein Produkt erzielt wird, das den Forderungen sowohl des Umweltschutzes wie auch nach einfacher Handhabung und Verwertung als Pflanzendünger gerecht wird.

Die Ergebnisse lassen jedoch noch keine gesicherte Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu, da die zu erwartenden Kosten weitgehend von dem jeweils vorgegebenen Mechanisierungsgrad und der konstruktiven Gestaltung des Gesamtverfahrens und der einzelnen Maschinen und Apparate abhängen. Einen wesentlichen Einfluß auf die Kosten hat der Feuchtegehalt des zu verarbeitenden Flüssigmistes, der den Bedarf an trockenem Rückgut und damit die Abmessungen der Behälter sowie den Energiebedarf, insbesondere für das Trocknen, bestimmt. Fällt das Ausgangsgut bereits mit einem Feuchtegehalt im Bereich der Rottebedingungen

an (z.B. bei Hühnerhaltungen mit Kotvortrocknung im Stall) oder besteht die Möglichkeit, das gerottete Gut während einer langfristigen Lagerung unter Dach, gegebenenfalls mit einer Kaltbelüftung unterstützt, zu trocknen, dann können durch Wegfall eines eigenen Trockners die Kosten erheblich gesenkt werden.

Eine kompakte und vollmechanisierte Anlage, wie sie z.B. gemäß Bild 20 der 2. Mitteilung [2] aufgebaut sein könnte, dürfte besonders für die Verarbeitung großer Mengen möglichst feststoffreichen Ausgangsgutes wirtschaftlich sein und daher in erster Linie für die Entsorgung von größeren Betrieben mit Geflügelhaltung infrage kommen. Als ein weiterer Anwendungsbereich des Verfahrens wird die Behandlung von entwässertem Klärschlamm angesehen [10].

Schrifttum

- [1] Baader, W., F. Schuchardt u. H. Sonnenberg: Untersuchungen zur Entwicklung eines technischen Verfahrens für die Gewinnung von Feststoffen aus tierischen Exkrementen (1. Mitteilung). *Grundl. Landtechnik* Bd. 25 (1975) Nr. 2, S. 33/42.
- [2] Baader, W., F. Schuchardt u. H. Sonnenberg: Untersuchungen zur Entwicklung eines technischen Verfahrens zur Gewinnung von Feststoffen aus tierischen Exkrementen (2. Mitteilung). *Grundl. Landtechnik* Bd. 26 (1976) Nr. 6, S. 234/44.
- [3] Baader, W.: Verfahren zur Behandlung von tierischen Exkrementen und Klärschlämmen. Deutsche Patentanmeldung Nr. P 2705 098.2.
- [4] Baader, W., F. Schuchardt, H. Sonnenberg u. H. Söchtig: Die Gewinnung eines lagerfähigen und landwirtschaftlich nutzbaren Feststoffes aus Rinderflüssigmist. *Berichte über Landwirtschaft Sonderh.* 192 (1975) S. 798/835.
- [5] Schuchardt, F.: Einfluß des ökologischen Faktors "Struktur" auf die Kompostierung von Flüssigmist-Feststoff-Gemengen. Dargestellt am Beispiel des Feststoffverfahrens. Diss. TU Berlin, Juni 1977, Sonderheft 38 der *Landbau*. Völkenrode, 1977.
- [6] Sonnenberg, H.: Untersuchungen zur Trocknung von Preßlingen aus tierischen Exkrementen mit Luft niedriger Trocknungstemperaturen. *Grundl. Landtechnik* Bd. 27 (1977) Nr. 2, S. 57/61.
- [7] Platz, S.: Untersuchungen über das Verhalten pathogener Mikroorganismen bei der Heißverrottung von Hühnerkot. *Zentralbl. f. Veterinärmedizin, Reihe B*, Bd. 24 (1976) S. 25/34.
- [8] Platz, S. u. A. Matthies: Die Heißbrotte als Möglichkeit zur Gewinnung hygienisch unbedenklichen Geflügelkompostes und dessen Verwertung als Tierfutter. — II. Congress of Intern. Soc. for Animal Hygiene, Zagreb 29.9.—2.10.77, *Collected Report* S. 592/96.
- [9] Platz, S.: Untersuchungen über den Einfluß thermischer und athermischer Faktoren auf die Tenazität pathogener Bakterien während der Heißverrottung von Hühnerkot. *Berl. Münchn. Tierärztl. Wschr.* im Druck.
- [10] Widmer, P. u. H.D. Konstandt: Ein neues Schnellrotte-Verfahren als Beitrag zur weitergehenden Klärschlamm-Verwertung. *Gas-Wasser-Abwasser* Bd. 57 (1977) Nr. 3, S. 297/303. (weitere Schrifttumshinweise in [1] und [2])

Verteilen und Dosieren von Flüssigmist

Von Rüdiger Krause und Rolf Ahlers,
Braunschweig-Völkenrode*)

Mitteilung aus dem Institut für Landmaschinenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

DK 631.333:631.862

Bei der gewünschten Minimierung der Verfahrenskosten der Rückführung tierischer Exkremente in den pflanzlichen Produktionsprozeß dürfen drei Gesichtspunkte nicht außer acht gelassen werden:

1. Wahrung der Belange des Umweltschutzes
2. Weitgehende Nutzung der Nähr- und Inhaltsstoffe
3. Verminderung des arbeitswirtschaftlich-organisatorischen Aufwandes unter Wahrung der Funktionssicherheit und Schlagkraft des Verfahrens.

Dabei ist der erhöhte Einsatz an technischen Mitteln kaum vermeidbar. Besondere Schwierigkeiten bereitet die notwendige gleichmäßige Verteilung nicht nur von Fest-, sondern auch von Flüssigmist unter allen Betriebsbedingungen. Lösungsalternativen mit Grenzen der hydraulischen Auslegung von Verteilsystemen für Flüssigmist werden diskutiert.

*) Dr.-Ing. R. Krause, wissenschaftlicher Oberrat, und Ing. grad. R. Ahlers sind Mitarbeiter im Institut für Landmaschinenforschung (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Baader) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

Inhalt

1. Einleitung
2. Stromaufteilung
 - 2.1 Gleichmäßige Aufteilung auf mehrere Fallrohre
 - 2.2 Absätziges Beaufschlagung aller Fallrohre
 - 2.3 Vermindern von Strömungsverlusten
 - 2.4 Vermeiden von Verstopfungen
 - 2.5 Erkennen von Verstopfungen
3. Verteilung über die Arbeitsbreite
 - 3.1 Verteilung am Prallteller
 - 3.2 Abstand der Prallteller
 - 3.3 Verteilung mittels Zinken
4. Verteilung in Arbeitsrichtung
 - 4.1 Teilweise Flächenbelegung
 - 4.2 Vollständige Flächenbelegung
5. Zusammenfassung

Diese Arbeit entstand im Rahmen eines Forschungsauftrages vom BML 114-1553.3/52