LANDBAUFORSCHUNG VÖLKENRODE, 35. JAHRGANG (1985), HEFT 1, SEITE 11–19

Ein Verfahren zur Kompostierung von Schweine-Flüssigmist unter Zusatz von Stroh und Perlit

FRANK SCHUCHARDT

Institut für Technologie

Gliederung

Einleitung

1 Verfahrensablauf

2 Versuche zur Kompostierung und Lagerung

2.1 Ausgangsstoffe

2.2 Kompostierungsbehälter

2.3 Versuchsdurchführung

3 Versuchsergebnisse

4 Bewertung der Ergebnisse

5 Volumen- und Massenströme

Zusammenfassung

Literatur

Einleitung

Spezialisierung und Mechanisierung haben in der Landwirtschaft zu Betrieben und Regionen mit Überschüssen an Flüssigmist bzw. Stroh geführt. Bei günstiger räumlicher Zuordnung derartiger Betriebe ergeben sich für den Landwirt Möglichkeiten, diese beiden Stoffe zusammenzuführen und zu kompostieren. Dabei wird das Stoffgemisch dem gleichen Prozeß unterworfen, der bei der Festmistbereitung abläuft. Durch entsprechende Aufbereitung der Komponenten, wie Zerkleinerung des Strohs oder Separierung des Flüssigmists, und Prozeßführung, wie Mischen oder Belüften während der Kompostierung, kann der Rotteablauf kontrolliert und gesteuert werden. Damit kann ein nahezu standardisiertes Produkt hergestellt werden, eine wesentliche Voraussetzung für dessen Vermarktung.

Auf dem Markt, auf dem vor allem Klein- und Hobbygärtner als Nachfrager auftreten, trifft ein Kompost aus Stroh und Flüssigmist auf Produkte aus getrocknetem bzw. kompostiertem Fest- bzw. Flüssigmist, auf Düngetorf und Rindenkompost. Da die meisten dieser Produkte über gut organisierte Vertriebsorganisationen in den Handel gelangen, dürfte für den Landwirt, der sich mit der Herstellung von Kompost einen Zu- bzw. Nebenerwerb sichern will, die Frage des Absatzes entscheidend sein. Sie sollte vor Beginn einer Kompostherstellung geklärt sein. Es gibt allerdings auch eine Reihe von Beispielen, wo Landwirte durch Kleinverkauf und Selbstvermarktung erhebliche Kompostmengen absetzen konnten. Hier spielt neben der Marktnähe, der Produktqualität und der innerbetrieblichen Arbeitsstruktur das Engagement des Landwirts eine besondere Rolle.

Die Qualität des Kompostes wird bestimmt durch dessen Farbe, Geruch, Struktur, Besatz an pathogenen Organismen und Unkrautsamen, Humus- sowie Nährstoffgehalt. So sollte ein Kompost dunkelbraun bis erdfarben sein, nach Walderde riechen, locker-krümelig, hygienisch unbedenklich und frei von Unkrautsamen sein.

Der Humus besteht bei den üblichen Komposten auf dem Markt in erster Linie aus Nährhumus, da bei den kurzen Rottezeiten nur eine geringe Bildung von Dauerhumus möglich ist. Der Dauerhumus entsteht erst durch die Bodenorganismen bei Ausbringung des Kompostes. Für die Anwendung des Kompostes ist ein weitgehender Abbau der leicht verfügbaren C-Verbindungen bei der Rotte von Bedeutung, um eine Stickstoffsperre im Boden auszuschließen. Das Angebot an Nährstoffen hat bei Kompost erst an zweiter Stelle eine Bedeutung, da er vor allem als organischer Dünger betrachtet wird, mit seinen positiven Auswirkungen auf die Bodenorganismen und damit die Bodenstruktur.

Bei der üblichen Vermarktung von Kompost in Kunststofftüten ist es notwendig, zuvor dessen Feuchtegehalt zu reduzieren. Je nach Zusammensetzung und Struktur des Kompostes beträgt dessen Feuchtegehalt zwischen 50 und 80 %, bei Stroh- bzw. Torfkomposten und Komposten aus der festen Phase separierten Flüssigmistes 70 bis 75 %. Wenn sich auch während der mehrwöchigen Rotte der Feuchtegehalt, je nach den äußeren Temperaturverhältnissen und der Umsetzfrequenz, vermindert, ergäbe ein derart abgesackter Kompost eine klumpige, feuchte Masse. Daher werden die Komposte entweder zuvor getrocknet oder mit feuchtebindenden Stoff mit geringer biologischer Aktivität, wie z. B. Torf vermengt.

In der vorliegenden Arbeit wurde als feuchtebindender Zuschlagstoff nach der Kompostierung Perlit verwendet, ein aus vulkanischem Silikatgestein durch ein spezielles Blähverfahren hergestelltes Produkt, das unter der Handelsbezeichnung „Perlite" vertrieben wird. Seine große spezifische Oberfläche, Wasserkapazität und Luftdurchlässigkeit sowie geringe Dichte haben für diesen Stoff zahlreiche Einsatzgebiete bei der gärtnerischen Pflanzenproduktion erschlossen (Müller, 1981; Jackson, 1974; Strimpf und Werner, 1981; Informationsschriften der Fa. Deutsche Perlite et al.).

Die Versuche sollten den optimalen Feuchtegehalt bei der Kompostierung von zerkleinertem Stroh und Schweine-Flüssigmist ermitteln, wobei als Kriterien der Temperaturverlauf, der Geruch, die Farbe und die Stoffumsetzungen herangezogen wurden. Außerdem wurde das Verhalten des Kompostes und der Gemenge aus Kompost und Perlit bei der Lagerung in Kunststofftüten beobachtet.

1 Verfahrensablauf

Die Abbildung 1 zeigt das Grundfließbild für die Herstellung eines organischen Düngers aus den Ausgangskomponenten Flüssigmist, Stroh und Perlit. Der Flüssigmist m_1 wird mit dem zerkleinerten Stroh m_2 vermischt und anschließend in Mieten kompostiert, wobei das Material m_4 umgesetzt werden muß. Am Ende der Rottezeit wird der Kompost m_5 zerrissen, um etwaige Klumpen aufzulösen und ihn mit Perlit m_3 zu vermischen. Danach kann das fertige Produkt m_6 abgesackt werden.

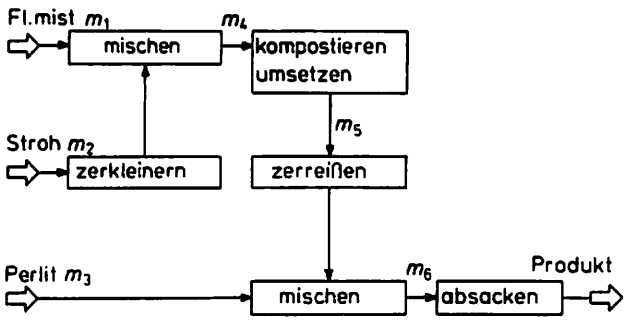

Abb. 1: Grundfließbild
m_1 Flüssigmist
m_2 Stroh
m_3 Perlit
m_4 Gemenge aus Stroh und Flüssigmist
m_5 Kompost
m_6 Produkt; Gemenge aus Kompost und Perlit

Für die Zerkleinerung des Strohs werden übliche Häcksler bzw. Strohmühlen eingesetzt, wobei dem höheren Energiebedarf der Strohmülen die größere Wasserkapazität des Strohs gegenübersteht. Ein Nachteil des gemahlenen Strohs ist dessen starke Staubentwicklung beim Transportieren und Mischen, dem aber durch entsprechende konstruktive Maßnahmen entgegengewirkt werden kann. Da die Sorptionsgeschwindigkeit des Strohs beim Mischen mit Flüssigmist relativ niedrig ist, sind Mischer mit längeren Verweilzeiten notwendig, d.h. Chargenmischer (z.B. Pflugscharmischer) oder Schnecken- bzw. Paddelmischer mit langsamem Vorschub.

Wird in Mieten kompostiert, was für landwirtschaftliche Betriebe wegen der niedrigen Investitionskosten und ausreichend verfügbaren Flächen gegenüber einer Kompostierung in Zellen naheliegt, kann ein Mischen der Komponenten Stroh und Flüssigmist auch beim Aufsetzen der Mieten erfolgen. Als Mischer können dabei Miststreuer oder Mietenumsetzgeräte eingesetzt werden, wobei das Stroh auf dem Miststreuer bzw. Boden verteilt wird und der Mist darüber ausgebracht wird. Der Mischvorgang erfolgt durch das Streuwerk des Miststreuers bzw. beim Überfahren mit dem Mietenumsetzgerät.

Voraussetzung für das Mischen mit einem Miststreuer bzw. Mietenumsetzgerät ist ein dickflüssiger bis pastöser Mist, da dünnflüssiger Mist sofort durch die ausgebreitete Strohschicht durchbricht und vom Wagen bzw. am Boden wegfließt. Beim Mischen mit gemahlenem Stroh ergeben sich hier außerdem erhebliche Staubprobleme.

Das Umsetzen der Mieten, zum Belüften verdichteter Zonen und zum Feuchteausgleich, kann durch Umschaufeln von Hand, mit Front- bzw. Schaufellader oder mit Mietenumsetzgeräten erfolgen, die auf dem Markt als schleppergezogene Maschinen oder als Selbstfahrer angeboten werden. Zum Zerreißen von Klumpen im Kompost, die durch den Aufwuchs von Pilzmycel stark gefördert werden, stehen verschiedene Geräte, die auch zur Aufbereitung von Erden im Gartenbau verwendet werden, zur Verfügung. Durch das Zerreißen wird der Kompost locker und feinkrümelig. Er kann dann ohne Schwierigkeiten mit dem Perlit gemischt werden, wobei derselbe Mischer wie zum Mischen von Stroh und Flüssigmist verwendet werden kann. Das abschließende Absacken des Produktes kann von Hand oder mit handelsüblichen Absackeinrichtungen erfolgen.

Die Mietenhöhe sollte zur Sicherung aerober Verhältnisse im Haufwerk 1,5 m nicht übersteigen, da ansonsten Belüftungseinrichtungen erforderlich werden. Um unabhängig von klimatischen Einflüssen kompostieren zu können, müssen der Untergrund befestigt und die Mieten überdacht sein. Zur Überdachung eignen sich sowohl Folientunnel als auch andere Leichtbauten.

Zur Kontrolle des Kompostierungsprozesses sind Thermometer ausreichend, wobei der Geruch und das Aussehen des Materials als weitere Parameter hinzukommen.

2 Versuche zur Kompostierung und Lagerung

2.1 Ausgangsstoffe

Die Zusammensetzung der verwendeten Komponenten Schweine-Flüssigmist, Weizenstroh und Perlit geht aus den Tabellen 1 und 2 hervor.

Der Schweine-Flüssigmist stammte aus einem Mastbetrieb mit Molkemast und war einige Tage alt. Auffallend war das schnelle Absetzverhalten der Feststoffe im Mist, so daß beim Versuchsansatz ständig gerührt werden mußte, um Material gleicher Zusammensetzung zu behalten. Das Winter-Weizenstroh war auf einem Häcksler und anschließend auf einer Hammermühle zerkleinert worden; Abbildung 2 zeigt die Sieblinie. Als Perlit wurde handelsübliches „Superlite" (Deutsche Perlite GmbH, Dortmund) der Körnungen 0 bis 1 bzw. 0 bis 3 verwendet.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Ausgangskomponenten Schweine-Flüssigmist und Stroh

		Flüssigmist	Stroh
Trockensubstanz	%	6,2	90,4
Wasser	%	93,8	9,6
Organ. Substanz	% d.TS	68,9	95,4
Asche	% d.TS	31,1	4,6
Ges.-C	% d.TS	36,8	42,3
Ges.-N	% d.TS	9,5	0,53
Ges.-N	mg/g FS*	5,9	5,0
NH_4-N	µg/g FS	3463	88
NO_3-N	µg/g FS	329	46
P_2O_5	% d.TS	5,9	0,26
K_2O	% d.TS	4,8	1,20
C/N-Verhältnis	–	3,9	79,8
pH-Wert	–	7,5	–

*FS = Frischsubstanz

Tabelle 2: **Zusammensetzung von Perlit; nach Analysen von F. Huber (Lehrstuhl für anorgan. Chemie II, Universität Dortmund) und Deutsche Perlite GmbH, Dortmund**

SiO_2	67,01 %	60–75 %
Al_2O_3	13,16 %	12–16 %
TiO_2	0,40 %	–
Na_2O	8,94 %	5–10 %
K_2O	4,47 %	2– 5 %
CaO	1,27 %	0– 2 %
MgO	0,29 %	0– 1 %
FeO	0,69 %	–
Fe_2O_3	0,70 %	0– 1 %
MnO	0,13 %	–
CO_2	1,47 %	–
P_2O_5	0,05 %	–
Cl	geringe Spuren	–
geb. H_2O	1,34 %	1– 2 %
pH-Wert	–	6– 8,5

Pb, Hg, As, F, Nitrit, Cyanid, S, SO_3, organ. Verbindungen: negativ

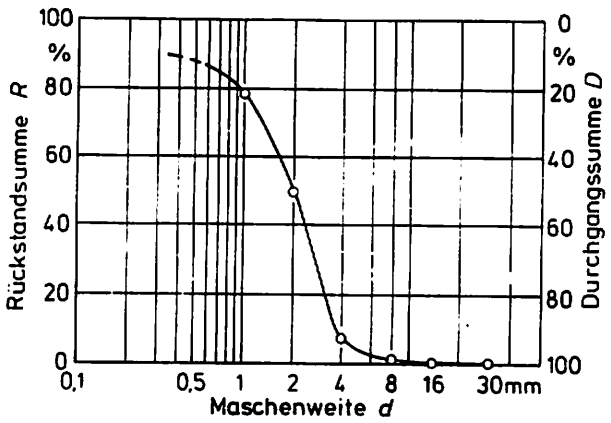

Abb. 2: Sieblinie für das Stroh

2.2 Kompostierungsbehälter

Zur Kompostierung wurden die in Abbildung 3 dargestellten Isolierbehälter mit einem Nutzvolumen von 250 l bei einer Schütthöhe von 1 m und einer Grundfläche von 0,5 x 0,5 m verwendet. Die Seitenwände und der Deckel des Behälters waren sandwichartig aus wasserfester Spanplatte und 50 mm Polystyrol-Hartschaumplatten aufgebaut. Durch den Gitterboden konnte Frischluft von unten in das Substrat eintreten und über ein Entlüftungsrohr oberhalb der Schüttung austreten und ins Freie gelangen. So war es möglich, Kompostierungsversuche in geschlossenen Räumen ohne größere Geruchsbelästigungen durchzuführen. Über ein Thermoelement im Zentrum der Schüttung wurde die Temperatur gemessen und mit einem Drucker registriert. Eine durch den Deckel geführte Stange mit unten befestigter Platte, die auf dem Substrat auflag, diente zur Höhenmessung, um die Veränderungen der Schüttdichte erfassen zu können, ohne den Deckel öffnen zu müssen. Zur Entnahme des Substrates wurden der Deckel und die vordere Seitenwand entfernt.

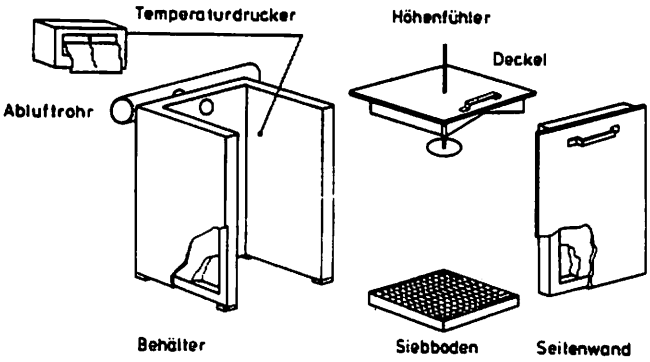

Abb. 3: Kompostierungsbehälter: Volumen V = 250 l

2.3 Versuchsdurchführung

Die Komponenten Schweine-Flüssigmist und Stroh wurden in einem 120 l-Betonmischer jeweils 2 Minuten gemischt, wobei die starke Staubentwicklung durch das Stroh nach kurzer Zeit aufhörte. Die Mischungsverhältnisse und die daraus resultierende Zusammensetzung der Gemenge zeigt die Tabelle 3. Gemenge mit Feuchtegehalten unter 70 % und über 82,5 % waren für die Kompostierung nicht geeignet, da sich kein gleichmäßiges Gemenge herstellen ließ bzw. die Flüssigkeit vom Stroh nicht gebunden werden konnte. Nach dem Wiegen der Gemenge wurden diese in die beschriebenen Kompostierungsbehälter gefüllt, wobei die Fallhöhe von anfangs 1 m gegen 0 abnahm. So ist die ermittelte Schüttdichte lediglich als Mittelwert zu betrachten. Alle sieben Tage wurde das Substrat während sieben Wochen entnommen und mit einer Schaufel gut durchmischt. Dabei wurde der Kompost gewogen sowie Proben für die Analysen und den Lagerversuch entnommen, außerdem wurden der Geruch und das Aussehen beurteilt.

Um das Verhalten des kompostierten Materials während der Lagerung hinsichtlich Geruch und Aussehen beurteilen zu können, wurden jeweils Proben von etwa 500 g in Kunststoffbeutel gefüllt, die anschließend fest verschlossen wurden. Während der Lagerung bei Umgebungstemperaturen (um 20 °C) wurden die Proben in größeren Zeitabständen beurteilt.

Tabelle 3: **Zusammensetzung der Stroh-Flüssigmist-Gemenge bei Versuchsbeginn**

		Versuch Nr. 1	2	3	4	5	6
Stroh	Gew.-%	28	25	22	19	16	13
Flüssigmist	Gew.-%	72	75	78	81	84	87
Trockensubstanz	%	30,0	27,5	25,0	22,5	20,0	17,5
Wasser	%	70,0	72,5	75,0	77,5	80,0	82,5
Organ. Substanz	% d.TS	91,4	90,9	90,2	89,4	88,4	87,0
Asche	% d.TS	9,6	9,1	9,8	10,6	11,6	13,0
Ges.-C	% d.TS	41,2	41,0	40,5	40,5	40,2	39,7
Ges.-N	% d.TS	1,88	2,06	2,28	2,55	2,88	3,30
NH_4-N	µg/g FS*	565	568	570	573	576	578
NO_3-N	µg/g FS	250	258	267	275	284	292
C/N-Verhältnis	–	22	20	18	16	14	12
pH-Wert	–	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5

*FS = Frischsubstanz

3 Versuchsergebnisse

Bei den Gemengen aus Stroh und Flüssigmist trat bei Feuchtegehalten U ≧ 77,5 % (Versuche 4, 5 und 6) freie Flüssigkeit aus, d.h. die Wasserkapazität des Strohs war bei dem vorliegenden Zerkleinerungsgrad überschritten. Bei den Versuchen 5 und 6 mit Feuchtegehalten der Gemenge von 80,0 bzs. 82,5 % konnte der Flüssigkeitsverlust noch nach einer Woche beobachtet werden.

Wie der Temperaturverlauf in Abbildung 4 zeigt, erreichten alle Gemenge Maximaltemperaturen zwischen 72 und 75 °C. Unterschiede zwischen den Gemengen bestanden in den Zeiten bis zum Erreichen der Höchsttemperaturen, die mit ansteigenden Feuchtegehalten zunahmen. So erreichte das Gemenge im Versuch 1 mit einem Feuchtegehalt von 70 % bereits nach zwei Tagen die Maximaltemperatur, während das Gemenge im Versuch 2 mit einem ursprünglichen Feuchtegehalt von 82,5 % zum Erreichen der Maximaltemperatur 11 Tage benötigte. Die Ursache für dieses Verhalten ist zum einen in den zunehmenden Wassermengen zu sehen, die erhitzt werden müssen, zum anderen in dem abnehmenden Luftvolumenanteil der feuchteren Gemenge und der daraus resultierenden schlechteren Sauerstoffversorgung und Wärmeentwicklung der Aerobier. Die Temperaturen der Gemenge blieben mindestens während vier Wochen über 40 °C.

Durch die hohen Temperaturen während der Rotte und langen Haltezeiten kann von einer Inaktivierung pathogener Mikroorganismen ausgegangen werden. Die bei einigen Temperaturkurven erkennbaren Sprünge sind durch das Umsetzen des Rottegutes bedingt, das dadurch eine neue Porenstruktur erhielt.

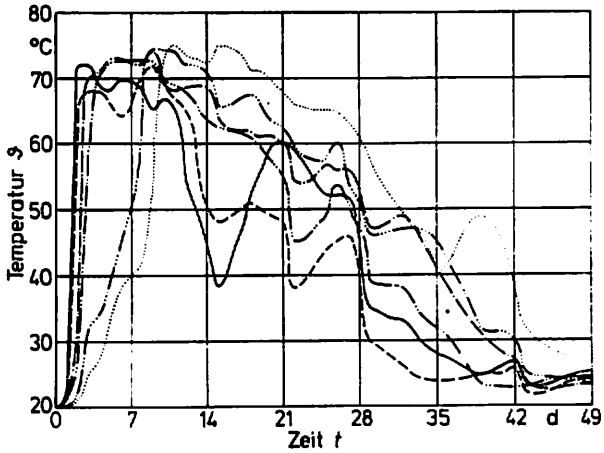

Abb. 4: Temperaturverlauf während der Kompostierung

——— Versuch Nr. 1 — · · — Versuch Nr. 4
– – – Versuch Nr. 2 — ... — Versuch Nr. 5
—.— Versuch Nr. 3 ..... Versuch Nr. 6

Die Schütthöhe h, die auch dem Volumen V entspricht, nahm während der Rotte bei allen Gemengen unterschiedlich stark ab (Abb. 5). Dabei war die Abnahme in den ersten Tagen stärker als in der Folgezeit. Während dieser Zeit wurde das Stroh durch die Wasseraufnahme und die zusätzliche Erwärmung weich und verdichtete sich. Bei den Gemengen 5 und 6, die sich in den ersten Tagen nur gering erwärmten, war die Abnahme der Schütthöhe bzw. des Volumens anfangs schwächer ausgeprägt als bei den übrigen Gemengen. Im Laufe der folgenden Rotte nahmen die Schütthöhen durch den Aufschluß des Strohs, das zunehmend brüchiger und feiner wurde, weiter ab. Das relativ trockene Gemenge 1, das nach 28 Tagen Rottezeit nur noch geringe Temperaturen zeigte, vermutlich bedingt durch Wassermangel, veränderte sich von diesem Zeitpunkt an nur noch unwesentlich. Dagegen nahmen die Schütthöhe und Volumen bei den feuchteren Gemengen weiter ab.

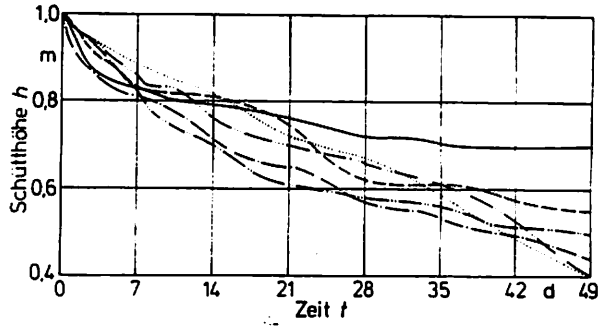

Abb. 5: Schütthöhe h während der Kompostierung (Symbole siehe Abb. 4)

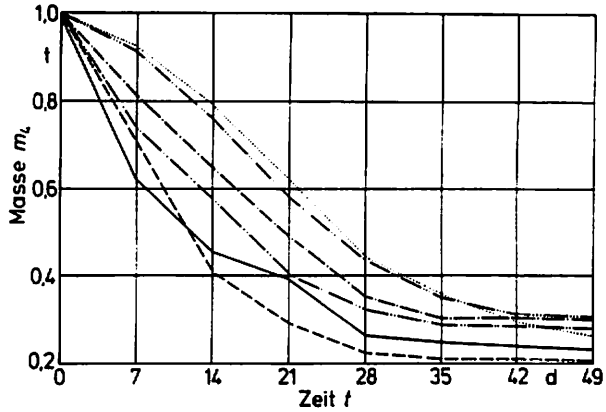

Abb. 6: Masse m_4 während der Kompostierung

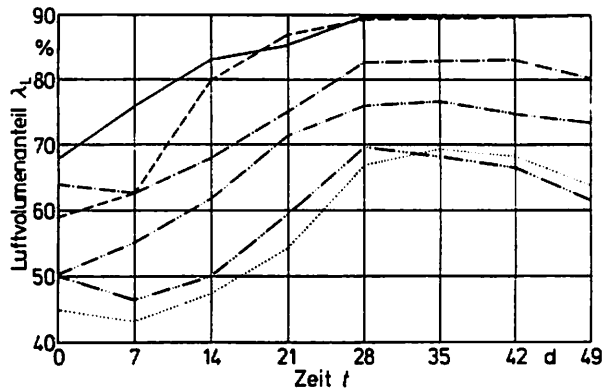

Abb. 7: Luftvolumenanteil λ_L während der Kompostierung

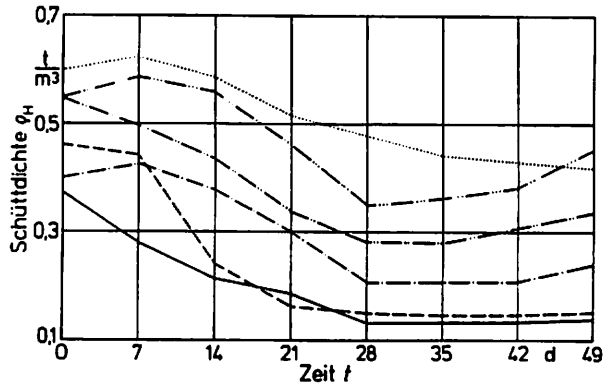

Abb. 8: Schüttdichte φ_H während der Kompostierung

Die Masse m wurde innerhalb von 49 Tagen auf ein Drittel bis ein Fünftel der Ausgangsmasse reduziert, während der Heißrottephase der ersten 28 Tage stärker als danach (Abb. 6). Die Ursachen der Massenverluste sind sowohl im Wasserverlust durch Verdunstung, verstärkt bei hohen Substrattemperaturen, als auch in Kohlenstoffverlusten durch abgasendes CO_2 aus dem Oxidationsprozeß der organischen Substanz begründet.

Der Luftvolumenanteil λ_L lag bei den Gemengen zum Beginn der Rotte zwischen 45 und 68 % (Abb. 7). Bei den feuchten Gemengen 5 und 6 war der Luftvolumenanteil mit weniger als 50 % an der Grenze zur Anaerobie, wobei sich durch das Verdichten der Schüttung in den ersten sieben Tagen zusätzlich eine Verschlechterung ergab. Durch das Ablaufen von Überschußflüssigkeit und zusätzliche Verdunstung von Wasser während der Heißrottephase kam der Luftvolumenanteil zunehmend in einen für die aeroben Mikroorganismen günstigeren Bereich. Die Zunahme des Luftvolumenanteils ist im wesentlichen auf die Abnahme des Feuchtegehaltes zurückzuführen.

Die Schüttdichte φ_H (Abb. 8), hatte einen ähnlichen Verlauf wie die des Luftvolumenanteils λ_L und resultierte aus den Veränderungen im Feuchtegehalt U der Gemenge und den strukturellen Veränderungen des Strohs.

Der Feuchtegehalt U_4 der Gemenge verringerte sich während der Rotte durch Verdunstung über die Abluft und bei den Gemengen 5 und 6 zusätzlich durch den Verlust von nicht sorbierter Flüssigkeit (Abb. 9). Während diese beiden Gemenge dadurch erst kompostierfähig wurden – der mittlere Feuchtegehalt der Schüttung lag nach sieben Tagen bei etwa 78 % mit deutlich erkennbaren Unterschieden zwischen dem oberen und dem unteren Teil der Schüttung – war der Verlust an Feuchtigkeit bei den Gemengen 1 und 2 nach 28 Tagen so groß, daß ein weiterer Abbau nicht möglich war. Das wird zum einen aus den abfallenden Temperaturen und zum anderen aus den nahezu konstant bleibenden Gehalten an organischer Trockensubstanz OS_4 (Abb. 10) geschlossen. Die Gemenge 1 und 2 hatten zu diesem Zeitpunkt einen Feuchtegehalt von etwa 50 %. Begünstigt wurden die hohen Feuchteverluste bei diesen Gemengen durch den hohen Luftvolumenanteil λ_L von 60 bis 70 %. Die Temperaturen der Gemenge 3, 4, 5 und 6 gingen zwar nach 28 Tagen ebenfalls zurück – bei Feuchtegehalten zwischen 63 und 74 % – doch wurde weiterhin organische Substanz abgebaut, so daß nur von einer Abnahme der Nährstoffe ausgegangen werden kann. Allgemein nahm der Abbaugrad an organischer Substanz mit zunehmendem Feuchtegehalt des Gemenges zum Beginn der Rotte ab.

Die pH-Werte der Gemenge stiegen in den ersten 7 bis 14 Tagen, auch bedingt durch die fermentative Abspaltung von Ammonium-N aus dem Harnstoff des Schweineharns, stark an, um während der Folgezeit durch abgasendes Ammonik bei hohen Substrattemperaturen wieder abzunehmen (Abb. 11).

Wie sich aus dem Verlauf des auf die Trockensubstanz bezogenen Gehaltes an Gesamt-Stickstoff ergibt (Abb. 12), kam es zum Beginn der Rotte durch abgasendes Ammoniak-N zur Verringerung des Stickstoffgehaltes. Im weiteren Verlauf der Rotte stieg der Stickstoffgehalt relativ an, da weiterhin organische Substanz abgebaut wurde. Die starke Abnahme der Gehalte an Ammonium- und Nitrat-N ist aus der Tabelle 4 zu entnehmen. Diese Zahlen zeigen, daß der Stickstoff im Kompost bereits nach wenigen Wochen Rottezeit in gebundener Form vorlag.

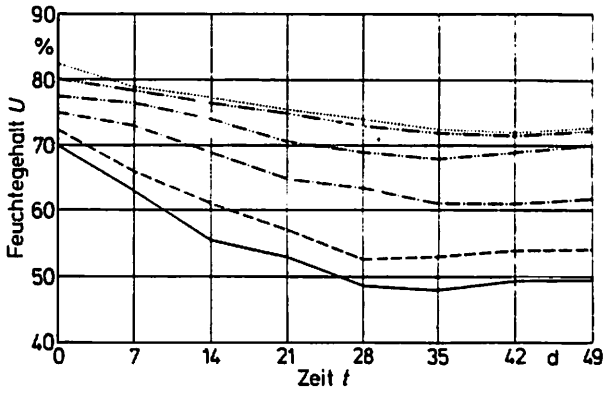

Abb. 9: Feuchtegehalt U_4 während der Kompostierung

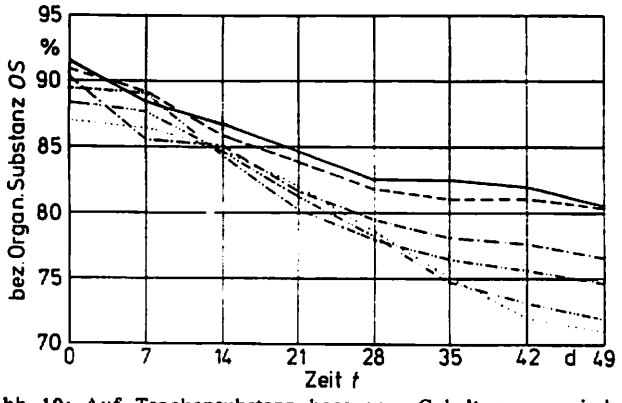

Abb. 10: Auf Trockenssubstanz bezogener Gehalt an organischer Substanz OS_4 während der Kompostierung

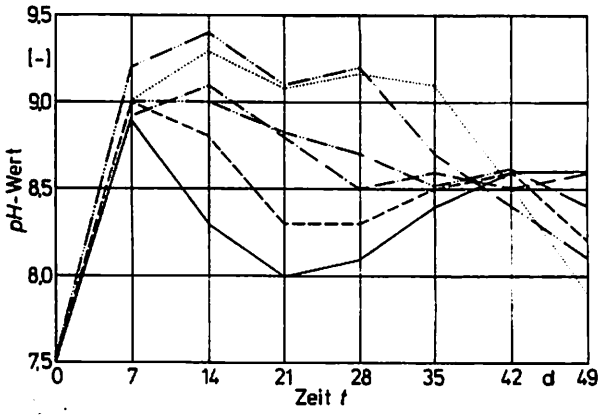

Abb. 11: pH-Wert während der Kompostierung

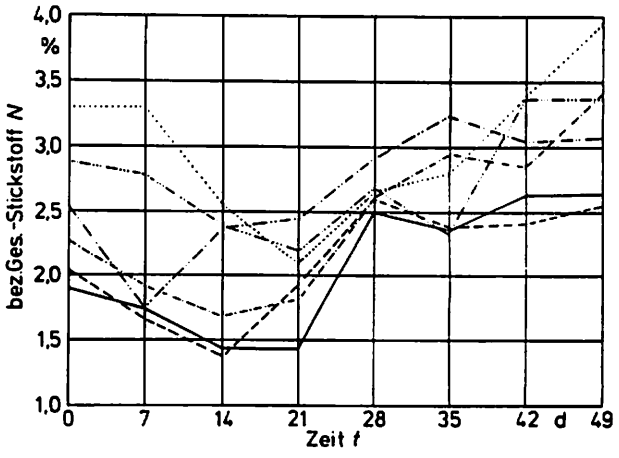

Abb. 12: Auf Trockensubstanz bezogener Gehalt an Gesamt-Stickstoff während der Kompostierung.

Das C/N-Verhältnis erweiterte sich in den ersten Wochen der Kompostierung während der Heißrottephase durch abgasendes Ammoniak (Tab. 4). In der Abkühlphase der Rotte verengte sich das C/N-Verhältnis, um nach 49 Tagen zwischen 9 und 15 zu liegen. Das relativ weite C/N-Verhältnis von 15 hatten dabei die Gemenge 1 und 2, bei denen der Abbau durch zu geringe Feuchtigkeit während der Rotte eingeschränkt war.

Wie aus der Tabelle 5 hervorgeht, war der Geruch während der Rotte innerhalb der ersten 14 bis 21 Tage durch eine sehr intensive Freisetzung von Ammoniak gekennzeichnet. Mit absinkenden Temperaturen ging diese Freisetzung zurück; es kam zur Entwicklung von Aktinomyceten und Pilzen und damit zu einem Geruch, der als „angenehm, nach Erde riechend" bezeichnet wurde, dem typischen Kompostgeruch. Dieser Geruch war um so früher erreicht, je niedriger der Feuchtegehalt im Ausgangsgemenge war. Während der Lagerung des unterschiedlich lange gerotteten Materials kam es, dem Geruch nach zu urteilen, zu weiteren Stoffumsetzungen oder zumindest zu einer Verflüchtigung des Ammoniaks. Da die verwendeten Plastiktüten einen geringen Gasaustausch ermöglichen, ist dieses Verhalten zu erklären. So hatten die Proben, die nur 14 Tage im Kompostierbehälter waren und mit „stechendem Ammoniakgeruch" abgesackt worden waren, nach 35 Tagen Lagerzeit einen „angenehmen Erdgeruch" angenommen. Dies galt für die sehr feuchten Gemenge 5 und 6 nur eingeschränkt, da sich lediglich die Intensität des Ammoniakgeruches minderte. Ansonsten behielten bzw. erreichten alle Proben während der Lagerung den gewünschten erdigen Kompostgeruch.

Bei der Farbe und Struktur der Gemenge traten während der Rotte deutliche Unterschiede auf. Mit zunehmendem

Tabelle 4: Gehalte an Gesamt-Kohlenstoff, Gesamt-Stickstoff, Ammonium- und Nitrat-Stickstoff sowie C/N-Verhältnisse während der Kompostierung

Versuch-Nr.	Zeit t [d]							
	0	7	14	21	28	35	42	49
	Gesamt-C [% d. TS]							
1	41,2	40,6	40,2	39,7	38,3	38,3	38,7	39,8
2	41,0	40,8	39,8	39,5	37,3	38,9	39,7	39,1
3	40,5	39,1	40,3	38,6	36,9	36,6	37,6	38,7
4	40,5	39,7	39,0	37,5	36,4	38,2	37,3	37,7
5	40,2	38,0	38,9	38,1	36,0	36,2	36,2	36,7
6	39,7	40,5	38,7	39,3	37,1	36,1	35,4	36,1
	Gesamt-N [% d. TS]							
1	1,88	1,77	1,44	1,46	2,50	2,37	2,64	2,63
2	2,06	1,63	1,36	1,93	2,59	2,38	2,42	2,53
3	2,28	1,91	1,69	1,82	2,60	2,93	2,85	3,42
4	2,55	1,74	2,36	2,45	2,91	3,24	3,06	3,08
5	2,88	2,79	2,28	2,20	2,69	2,34	3,37	3,39
6	3,30	3,30	2,56	2,11	2,63	2,80	3,54	3,94
	Gesamt-N [mg/g FS*]							
1	5,6	6,5	6,4	6,9	12,9	12,3	13,4	12,5
2	5,7	5,5	5,3	8,3	12,3	11,2	11,2	11,2
3	5,7	5,2	5,2	6,3	9,5	11,5	11,1	12,5
4	5,7	4,1	6,1	7,2	9,0	10,3	9,4	9,7
5	5,8	6,0	5,6	5,5	7,3	6,6	9,6	8,0
6	5,8	7,1	5,8	5,2	6,8	7,9	10,1	11,0
	NH_4-N [µg/g FS]							
1	2518	679	359	367	93	211	137	94
2	2620	115	364	289	123	118	95	50
3	2721	484	448	445	258	171	118	84
4	2823	480	453	349	181	120	69	47
5	2924	2492	1320	564	582	319	124	57
6	3025	1405	1949	798	562	510	418	103
	NO_3-N [µg/g FS]							
1	250	44	26	31	21	36	47	130
2	258	33	34	31	38	58	31	19
3	267	31	33	45	30	22	29	33
4	275	103	85	93	77	41	47	43
5	284	245	111	60	52	40	35	118
6	292	94	239	59	70	118	68	278
	C/N [–]							
1	22	23	28	27	15	16	15	15
2	20	25	29	20	14	16	16	15
3	18	20	24	21	14	12	13	11
4	16	23	17	15	13	12	12	12
5	14	14	16	17	13	15	11	11
6	12	12	15	19	14	13	10	9

*FS = Frischsubstanz

Feuchtegehalt der Gemenge wurde der Kompost dunkler und die Struktur des Strohs kaum mehr erkennbar. Das Gemenge 1 behielt die gelbliche Farbe des Strohs, teilweise überdeckt durch die weiß-gräuliche Farbe der Aktinomyceten. Das Gemenge 6 war dagegen dunkelbraun, ähnlich feuchtem Torf, und ließ sich zwischen den Fingern zerreiben.

Während der Lagerung des unterschiedlich lange gerotteten Materials in den Plastiktüten unter Druckbelastung, wie sie z. B. bei der Lagerung von Säcken auftritt, zeigte sich bei allen Gemengen, außer Versuch 1, ein Zusammenklumpen bis zum Austritt von freier Flüssigkeit. Diese Klumpen fielen auch bei Druckentlastung und Aufschütteln der Tüten kaum auseinander. Durch Zugabe von Perlit konnte erreicht werden, daß sowohl eine Klumpenbildung unterblieb als auch überschüssiges Wasser gebunden wurde. Je nach Feuchtegehalt des Kompostes war eine Zugabe von 30 bis 45 Vol.-% (10 bis 15 Gew.-%) Perlit ausreichend, wobei das Perlit der Fraktion 0 bis 1 mm im Produkt weniger deutlich zu erkennen war als die Fraktion 0 bis 3 mm. Die Zugabe von Perlit ergibt sowohl eine Verminderung des Feuchtegehaltes als auch eine Reduzierung des Gehaltes an organischer Substanz im Produkt.

Tabelle 5: Geruchsbeurteilung während der Rotte und Lagerung

Rottezeit d	Lagerzeit d	Versuch Nr. 1	2	3	4	5	6
		Geruch während der Rotte					
0		–m	–m	–m	–m	–m	–m
7		–a!!	–a!!	–a!!	–a!!	–a!!	–a!
14		–a!!	–a!!	–a!!	–a!!	–a!!	–a!!
21		±(a)e	±(a)e	±(a)e	±(a)e	–a	–a
28		+e	+e (a)	+e (a)	±(a)e	±(a)	–a
35		+e	+e	+e	+e (a)	+e (a)	+e (a)
42		+e	+e	+e	+e	+e	+e
49		+e	+e	+e	+e	+e	+e
		Geruch während der Lagerung					
14	35	+e	+e	+e	+e	±(a)	±a
	112	+e	+e	+e	+e	+e	±a
21	28	+e	+e	+e	+e	+e	+e
	105	+e	+e	+e	+e	+e	+e
28	21	+e	+e	+e	+e	+e	+e
	98	+e	+e	+e	+e	+e	+e
35	14	+e	+e	+e	+e	+e	+e
	91	+e	+e	+e	+e	+e	+e
42	7	+e	+e	+e	+e	+e	+e
	84	+e	+e	+e	+e	+e	+e
49	0	+e	+e	+e	+e	+e	+e
	77	+e	+e	+e	+e	+e	+e

Geruchsschlüssel:

		e	nach Erde/Pilzen
		+	angenehm
o	ohne	±	nicht unangenehm
m	nach Mist	–	unangenehm
f	faul	()	schwach
s	säuerlich	!	stark
a	nach Ammoniak	!!	stechend

4 Bewertung der Ergebnisse

Aus den Versuchsergebnissen wird gefolgert, daß der Feuchtegehalt des Gemenges aus Stroh und Flüssigmist 75 % (Versuch 3) und die Rottezeit 4 Wochen betragen sollten. Die enge Begrenzung des Feuchtegehaltes ergibt sich aus der Wasserkapazität des Strohs bei dem verwendeten Zerkleinerungsgrad. Bei höheren Feuchtegehalten läuft überschüssige Flüssigkeit aus der Miete bzw. dem Rottebehälter und es besteht die Gefahr der Bildung anaerober Zonen im unteren Bereich der Schüttung. Bei niedrigeren Feuchtegehalten kommt die Verrottung des Strohs nach einiger Zeit durch Wasserdefizit zum Stillstand und es entsteht ein Produkt, das nicht den gewünschten Anforderungen in Bezug auf Farbe und Struktur entspricht. In welchem Umfange die Rotte in der Miete verkürzt und in den Sack verlegt werden kann, sollte geprüft werden. Die Entwicklung des Geruchs weist auf einen Fortgang der Rotte im Sack hin.

Die Zugabe von Perlit führt zwar neben der erwünschten Reduzierung des Feuchtegehaltes und Strukturverbesserung des Kompostes zu einer Verringerung der Gehalte an organischer Substanz und an Nährstoffen (Tab. 6), doch ist die Aufwertung des Produktes durch das Perlit entsprechend hoch zu bewerten. Von der Zusammensetzung her ist das Produkt mit organischen Handelsdüngern ähnlicher Herkunft vergleichbar, wobei der hohe Gehalt an gebundenem Stickstoff (97 % des Gesamt-Stickstoffs) hervorzuheben ist. Die Freisetzung von Stickstoff und die Durchwurzelungseigenschaften sind in entsprechenden Pflanzversuchen zu prüfen. Vom Geruch, der Farbe und Struktur her gesehen können die Zielvorstellungen erreicht werden; es entsteht durch die Kompostierung ein angenehm nach Erde riechender dunkelbrauner, rieselfähiger Kompost. Die sichtbaren, weißen Perlitanteile können dem Anwender möglicherweise fremd erscheinen, daher ist beim Verkauf auf eine deutliche Deklaration dieses Mineralstoffes zu achten.

Tabelle 6: Zusammensetzung des Kompostes und des Produktes mit Zuschlag von Perlit nach 4 Wochen Kompostierung; Versuch Nr. 3 mit Ausgangsfeuchte U_4 = 75 %

		Kompost	Produkt mit 10 Gew.-% Perlit	Produkt mit 15 Gew.-% Perlit
Trockensubstanz	%	37	43	45
Wasser	%	63	57	55
Organ. Substanz	% d.TS	82	63	57
Asche	% d.TS	18	37	43
Ges.-C	% d.TS	37	29	26
Ges.-N	% d.TS	2,60	2,05	1,84
Ges.-N	mg/g FS	9,5	8,6	8,3
NH_4-N	µg/g FS	258	234	224
NO_3-N	µg/g FS	30	27	26
P_2O_5	% d.TS	1,92	1,52	1,37
K_2O	% d.TS	2,78	2,19	1,99
C/N-Verhältnis	–	14	14	14
pH-Wert	–	8,5	8,5	8,5

5 Volumen- und Massenströme

Auf der Grundlage des als optimal angesehenen Feuchtegehaltes U_4 von 75 % für Gemenge aus Stroh und Flüssigmist ergeben sich die in den Abbildungen 13 und 14 dargestellten Volumen- und Massenströme für eine Rottezeit von 4 Wochen und einen Perlit-Zuschlag von 48 Vol.-% (15 Gew.-%). Bezogen auf 1 m^3 Flüssigmist mit einem Trockensubstanzgehalt von 7 % werden 2,820 m^3 zerkleinerten Strohs benötigt. Daraus ergeben sich 3,205 m^3 Gemenge zur Kompostierung, aus denen 1,763 m^3 Kompost entstehen, während die übrigen 1,442 m^3 als Rotteverlust (Wasser und organische Substanz) anzusetzen sind. Nach Zusatz von 0,850 m^3 Perlit zum Kompost ist mit 2,613 m^3 verkaufsfertigem Produkt zu rechnen. Massenbezogen ist 1 t Flüssigmist mit 0,282 t Stroh zu mischen. Bei der Kompostierung dieser 1,282 t tritt ein Rotteverlust von 0,828 t auf; 0,454 t Kompost bleiben übrig und werden mit 0,068 t Perlit zu 0,522 t Endprodukt aufgemischt.

Aus der Abbildung 15 können für unterschiedliche Flüssigmistmengen mit einem Trockensubstanzgehalt von 7 % die erforderlichen Mengen an Zuschlagstoffen und die entstehenden Mengen an Kompost bzw. Produkt entnommen werden. Mit der Änderung des Trockensubstanzgehaltes TS_1 des Flüssigmistes ändert sich auch der Bedarf an Stroh zur Einstellung des Feuchtegehaltes U_4 im Gemenge von 75 % (Abb. 16). Bei Trockensubstanzgehalten $TS_1 > 10$ % kann bei Schweine-Flüssigmist davon ausgegangen werden, daß es sich dabei um die Sinkschicht des Mistes bzw. um die abgetrennte feste Phase handelt. Erreicht der Trockensubstanzgehalt 25 %, kann auf einen Zuschlag an Stroh verzichtet werden. Durch die sehr viel kleineren Teilchengrößen in der Festphase des Mistes im Vergleich zum Stroh sind jedoch bei der Kompostierung niedrigere Schütthöhen notwendig – nach praktischen Erfahrungen zwischen 0,2 und 0,5 m – um eine ausreichende Sauerstoffversorgung zu sichern. Durch ein häufiges Umsetzen bzw. durch künstliche Luftzufuhr sind auch höhere Schütthöhen möglich.

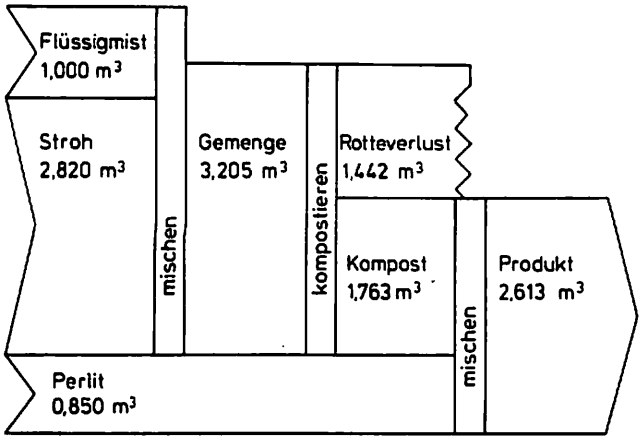

Abb. 13: Volumenströme bei der Kompostierung von Flüssigmist (U_1 = 93 %), Stroh (U_2 = 10 %; φ_H = 0,1 t/m³) und Perlit

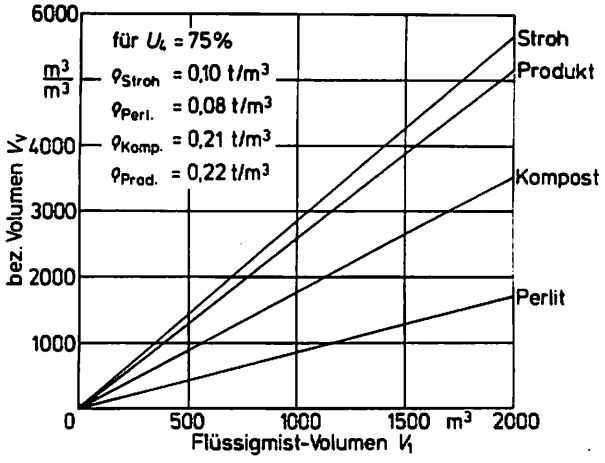

Abb. 15: Volumina V_V für Stroh, Perlit, Kompost und Produkt in Abhängigkeit von Flüssigmist-Volumen V_1

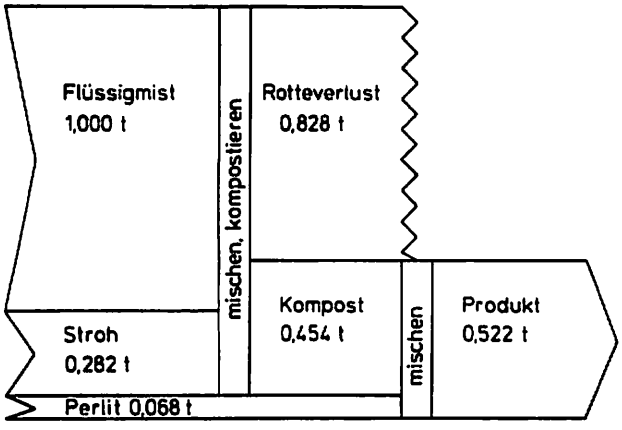

Abb. 14: Massenströme bei der Kompostierung von Flüssigmist, Stroh und Perlit

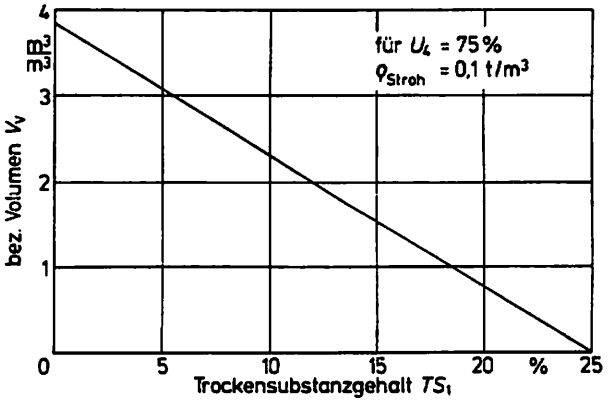

Abb. 16: Volumen V_V für Stroh in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt TS_1 des Flüssigmistes

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren beschrieben zur Kompostierung von Schweine-Flüssigmist und zerkleinertem Stroh, bei dem zur Lager- und Rieselfähigkeit nach der Rotte Perlit zugesetzt wird. Bei der Kompostierung ohne Zwangsbelüftung in isolierten Behältern (250 l) mit 1 m Füllhöhe war ein Feuchtegehalt des Gemenges von 75 % optimal. Nach 4 Wochen Rottezeit war ein Kompost mit folgender Zusammensetzung entstanden: 37 % TM, davon 82 % organ. Substanz, 2,6 % Ges.-N, 1,9 % P_2O_5, 2,8 % K_2O; C/N-Verhältnis 14; pH-Wert 8,5. Der Anteil an mineralischem Stickstoff beträgt dabei nur etwa 3 % des Gesamt-Stickstoffs. Der Kompost ist dunkelbraun und riecht nach Erde. In Diagrammen werden die Stoffumsetzungen, physikalischen Parameter sowie Massen- und Volumenströme dargestellt.

A process of composting swine manure added with straw and Perlit

A process is described of composting swine manure and chopped straw with addition of Perlit after composting for storing stability and crumbly structure. The optimal moisture content of the mixture was 75 % by composting without aeration in an isolated bin (250 l) with a filling height of 1 m. After a composting time of 4 weeks the compost had the following composition: 37 % d.m. with 82 % organ. m., 2.6 % N, 1.9 % P_2O_5, 2.8 % K_2O; C/N ration 14; pH 8.5. The part of anorganic Nitrogen was only 3 % of total N. The compost has the colour darkbrown and smells a erthy. Diagrams show the conversions, physical parameters, mass- and volume-flows.

Mitarbeitern des Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde der FAL danke ich für die Stickstoff-Analysen.

Literatur

Müller, F.: Anzucht von Duoglasien-Sämlingen in Perlit-Saatbeeten. – Allgemeine Forstzeitung 92 (1981), H. 4, S. 119–122.

Jackson, D. K.: Some characteristics of perlite as an experimental growth medium. – Plant and Soil 40 (1974), H. 1, S. 161–167.

Stripf, R. und Werner, D.: Wirkungen verschiedener Perlite-Sorten und Wassergehalte auf Wachstum und Größe von Sojabohnen-Knöllchen. – Angewandte Botanik 55 (1981), H. 1/2, S. 29–35.

Informationsschriften der Firmen Deutsche Perlite GmbH, Dortmund und Ekoperl GmbH, Dortmund.

Verfasser: Schuchardt, Frank, Wiss. Oberrat, Dr. agr., Institut für Technologie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Baader.