

- [5] *Laubenberger, G.:* Der Einfluß der hydraulischen Verhältnisse auf Größe und Aktivität der Belebtschlammflocke. Gesundheitsingenieur Bd. 91 (1970) Nr. 12, S. 354/57.
- [6] *Pasveer, A.:* Untersuchungen über das Belebtschlammverfahren für die Reinigung von Abwasser. Gesundheitsingenieur Bd. 76 (1955) S. 332/40.
- [7] • *Loll, U.:* Stabilisierung hochkonzentrierter organischer Abwässer und Abwasserschlämme durch aerob-thermophile Abbauprozesse. Diss. TH Darmstadt 1974 Eigenverlag. gwf-wasser/abwasser Bd. 115 (1974) H. 4, S. 191/98.
- [8] *Loll, U. u. J.C.G. Ottow:* Das Verhalten aerob-thermophiler Mikroorganismen bei der Flüssigkompostierung. gwf-wasser/abwasser Bd. 115 (1974) H. 11, S. 511/14.
- [9] *Steldern, D. von, J.C.G. Ottow u. U. Loll:* Thermophile aerobe Sporenbildner bei der biologischen Reinigung hochkonzentrierter Abwässer. Zeitschrift für Allgemeine Mikrobiologie Bd. (1974) H. 3, S. 229/36.
- [10] • *Müller, W.:* Hygiene landwirtschaftlicher und kommunaler Abfallbeseitigungssysteme. Hohenheimer Arbeiten 69, Stuttgart: Ulmer 1973.
- [11] *Strauch et al.:* Das Umwälzbelüftungsverfahren (System Fuchs) zur Behandlung von flüssigen tierischen und kommunalen Abfällen. 6. Mitteilungen, Berliner-Münchener Tierärztl. Wochenschrift (1976).
- [12] • *Strauch, D., W. Baader u. C. Tietjen:* Abfälle aus der Tierhaltung. Stuttgart: Verlag Ulmer 1977.
- [13] • *Wassen, H.:* Hygienische Untersuchungen über die Verwendbarkeit der Umwälzbelüftung (System Fuchs) zur Aufbereitung von flüssigen Abfällen aus dem kommunalen und landwirtschaftlichen Bereich. Vet. med. Diss., Giessen 1975.
- [14] • *Weißbrodt, W.:* Aerobe Behandlung von Primärschlamm. Stuttgarter Berichte der Siedlungswasserwirtschaft, Bd. 51 (1974).
- [15] *Müller-Neuhaus, G.:* Untersuchungen über die getrennte Schlammstabilisierung und Folgerungen für die Praxis. Berichte aus dem Institut für Wasserwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen Nr. 5, Technische Universität München 1971, S. 181/214.

Untersuchungen zum Stoffumsatz hochmolekularer Fraktionen im Flüssigmist

Von Klaus Grabbe Braunschweig-Völkenrode*)

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

DK 631.862:628.35:631.879.4

Die aerobe Fermentation von Flüssigmist bezweckt die Aufbereitung zu einem lagerfähigen, geruchslosen Produkt. Leider verfügt die überwiegend bakterielle Mischflora nicht über Stoffwechsellleistungen, die wie bei der Kompostierung fester Abfallstoffe mit der Bildung von Huminstoffen und Ligno-Protein-Komplexen verknüpft sind. Infolgedessen führt auch der Stickstoffumsatz in flüssigen Systemen nur über die Stufe des Ammoniaks, das abgast oder zu Nitrat bzw. Nitrit oxidiert wird. Die Stickstoffbindung in der Biomasse trägt nicht zur Stabilisation bei, denn bei einsetzendem Nährstoffmangel und Änderungen des Milieus bewirken autolytische Prozesse erneut Geruchsbelastungen.

Die Arbeit ist Teil eines Forschungsauftrages des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten unter dem Titel: Erarbeitung von Kenndaten für die Steuerung biologischer Prozesse bei der Aufbereitung flüssiger Abfallstoffe.

*) *Wiss. Dir. Dr. K. Grabbe, Biotechnikum des Instituts für Bodenbiologie (Direktor: Prof. Dr. K.H. Domsch) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.*

1. Einleitung

Die Mineralisation der organischen Substanz ist in flüssigen und festen Rottesystemen das Werk einer komplexen Mikroflora, deren einzelne Populationen allgemeine oder spezielle Stoffwechsellleistungen in den Gesamtumsatz einbringen. Während die meisten löslichen Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen allgemein vorhandenen biochemischen Spaltungsreaktionen zugänglich sind, gilt dies nicht für einige wichtige hochmolekulare Fraktionen, zu denen vor allem die Gerüstsubstanzen pflanzlicher Gewebe, die Zellulose und das Lignin zählen. Beide stellen die Hauptmasse des assimilatorisch gebundenen Kohlenstoffs.

Die Fähigkeit, Zellulose abzubauen, besitzen viele Pilzarten, aber auch einige aerob oder anaerob lebende Bakterienspezies. Das Lignin setzt aufgrund seines besonderen Aufbaus aus Phenylpropanverbindungen dem mikrobiellen Angriff den größten Widerstand entgegen. Hier sind es offenbar nur die Basidiomyceten, die unter Reinkulturbedingungen einen vollständigen Abbau bewerkstelligen können. Dies schließt nicht aus, daß in komplexen Rottesystemen auch andere Mikroorganismenarten allein oder in Kombination das Lignin bis zu einem gewissen Grade zu nutzen vermögen.

Die enge Verknüpfung des Ligninabbaues mit dem Vorkommen von Basidiomyceten bedeutet hinsichtlich des Biotops, daß nur die Kompostrotte das natürliche Milieu für diese Organismen zu bieten vermag, denn flüssige Substrate werden nur schwer oder gar nicht besiedelt.

Die Tätigkeit der Basidiomyceten während der Rotte fester Stoffgemenge prägt entscheidend den Stoffumsatz. Er ist gekennzeichnet durch die Bildung von Huminstoffsystemen, welche sich zu einem hohen Prozentsatz aus Spaltstücken des Ligninabbaues und mikrobiell synthetisierten Phenolen zusammensetzen [1, 2, 3]. Die enzymatisch und chemisch induzierten Polymerisationsreaktionen beinhalten auch die Festlegung von Stickstoff, wodurch dessen Verfügbarkeit stark reduziert wird. Des weiteren wird ein nicht minder hoher Anteil des löslichen Stickstoffs von der Ligninfraktion unter Bildung von Ligno-Protein gebunden [4, 5]. Da die Intensität des Stoffumsatzes nicht zuletzt vom Stickstoffangebot abhängt, führt die Rotte bei ausreichender Belüftung sehr rasch zu einem relativ stabilen Kompost.

Im Gegensatz zur Kompostierung fester Abfallstoffe nimmt die Fermentation flüssiger Substrate einen gänzlich anderen Verlauf. Das Fehlen jeglicher Huminstoffbildung und Synthese von Phenolen [6] deutet auf die Abwesenheit der spezifischen Pilzflora hin.

Die überwiegend bakterielle Mischflora bindet in der umsatzadäquaten Biomasse erhebliche Mengen Stickstoff, der jedoch bei Nährstoffmangel infolge einsetzender Autolyse erneut freigesetzt wird. Die Intensität und der zeitliche Verlauf solcher Prozesse hängt bei ausreichender Sauerstoffversorgung vom Kohlenstoffangebot und der Wachstumsgeschwindigkeit der einzelnen Populationen ab.

Der Stickstoffüberschuß in Form von Ammoniak geht entweder durch Abgasen verloren oder kann bei entsprechender Prozeßgestaltung der Nitrifikation zugeführt werden [7, 8], wovon die mikrobielle Verwertbarkeit unberührt bleibt. Erst die Denitrifikation entfernt den Stickstoff endgültig aus den Reaktionsgleichgewichten.

Gemessen an dem Stoffumsatz der Kompostrotte kann von einer Stabilisierung in flüssigen Systemen nur im Rahmen einer fortschreitenden, fermentativ kontrollierten Mineralisation gesprochen werden.

Die Interpretation des Prozeßverlaufes bei der Aufbereitung flüssiger und fester Abfallstoffe aus der Sicht des Endproduktes läßt die Frage offen, inwieweit das Fehlen spezieller Stoffwechselleistungen Auswirkungen auf den Abbau einzelner Fraktionen hat und welche Konsequenzen sich daraus für die Verfahrensentwicklung und -beurteilung ergeben.

2. Aufgabenstellung

Die fermentative Aufbereitung von Flüssigmist könnte sehr wertvoll für die Herstellung von Schnellkomposten im Champignonanbau sein. Aus der Kompostierung von Pferdemit ist bekannt, daß geeignete Substrate ammoniakfrei sein müssen und einen erhöhten Gehalt an organisch gebundenem Stickstoff aufweisen sollten. Letzteres wird dadurch erreicht, daß die Bildung des Ligno-Protein-Komplexes durch den Zuschlag hochwertiger und leichtverwertbarer Kohlenstoff- und Stickstoffquellen gefördert

wird. Nachteilig ist bei diesem Verfahren, daß ein vergleichsweise hoher Einsatz an mobilem Stickstoff während des Kompostierungsprozesses notwendig ist [9]. Mit dem Ligno-Protein wird dem wachsenden Champignonmyzel eine Kohlenstoff- und Stickstoffquelle zur Verfügung gestellt, die von Konkurrenzorganismen nicht verwertet werden kann.

Um die Substratherstellung wirtschaftlicher zu gestalten, lag der Gedanke nahe, nach Produkten zu suchen, die bereits einen hohen Anteil an Ligno-Protein enthalten. Unter den tierischen Exkrementen bot sich Rinder-Flüssigmist als geeigneter Zuschlagsstoff an, denn hier konnte eine erhebliche Bindung von Stickstoff an das Lignin während des Zelluloseaufschlusses im Verdauungstrakt des Wiederkäuers erwartet werden. Es stellte sich daher die Frage nach der Richtigkeit dieser Annahme und des weiteren nach dem Schicksal dieser Fraktion bei der fermentativen Vorbehandlung des Flüssigmistes. Gleichzeitig sollte auch beantwortet werden, inwieweit der mikrobielle Stoffumsatz in flüssigen Systemen auch hochmolekulare Fraktionen einbezieht, wenn diese z.B. als Strohmehl zugesetzt werden. Besonderes Interesse galt ferner dem Verhalten der Biomasse im Verlauf des Fermentationsprozesses und deren Einfluß auf die Stickstoffmobilität in Abhängigkeit vom Kohlenstoffangebot.

3. Methodik

Die Kompostproben wurden in einem gewerblichen Champignonanbaubetrieb gezogen. Der Rinderflüssigmist stammte aus den Milchviehställen der Versuchsstation der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

Die Fermentationsversuche wurden im 12 Liter-Biostat-Laborfermentor der Firma Braun, Melsungen durchgeführt. Für die Bestimmung des Wasser- bzw. Trockensubstanzgehaltes wurden aliquote Mengen der Proben bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der Aschegehalt ergab sich aus dem Glühverlust (8 h; 600 °C). Um den löslichen Stickstoff bei den Kompostproben vollständig zu erfassen, wurden jeweils 500 g Feuchtmaterial zerkleinert und in einer Glassäule zuerst mit 2 Liter Wasser und anschließend mit 2 Liter 0,1 n HCl eluiert. Die Huminstoffe wurden danach aus den gleichen Proben mit etwa 8 Liter 0,1 n NaOH herausgelöst, mit Salzsäure gefällt, dialysiert und gefriergetrocknet. Der eluierte Probenrückstand wurde bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und anschließend feingemahlen. Die Gewinnung des Lignins erfolgte nach dem Verfahren von Halse [10].

In allen Proben wurde der Gesamtstickstoff nach der Kjeldahl-Methode, das Ammoniak durch Wasserdampfdestillation in Gegenwart von Magnesiumoxid nach Bremner [11] bestimmt. Anschließend wurde der gleichen Probe Dewarda-Reagenz zugesetzt und die Summe des Nitrit- und Nitratstickstoffs ($\text{NO}_x\text{-N}$) ermittelt. Ammoniak, das mit dem Luftstrom aus den Fermentern entwich, wurde in HCl-Vorlagen aufgefangen und bestimmt. Die Zellulose wurde nach dem Verfahren von Adams und Castagne [12] isoliert. Der Kohlenstoffgehalt wurde mit dem LECO-C-Determinator ermittelt.

Zeit d	Probe	Rotteverlust (org. Subst.) %	Lignin		Huminstoffe ¹⁾		Ant. an Gesamt-N		lösl. N Gesamt-N %
			Abbau %	N-Gehalt %	Masse g	N-Gehalt %	Lignin %	Huminst. %	
1	Rottebeginn	0	0	1,6	11,0	2,6	33	25	4,4 (15)*
15	Ende der Kompostierung	46	17	2,9	9,0	4,2	47	33	6,9 (7,0)*
81	Ende der Pilzernte	57	48	2,7	9,7	9,7	32	45	12 (15)*

* () = lösl. N zuzügl. Ammoniak

¹⁾ Berechnet als Absolutwerte auf der Basis des Aschegehaltes zu Rottebeginn; aschefrei

Tafel 1. Stickstoffumsatz und -verteilung während der Bereitung von Pferdemitkompost für den Champignonanbau unter besonderer Berücksichtigung des Ligninabbaues und der Huminstoffbildung.

4. Ergebnisse

Bei der Kompostierung von Pferdemist über 15 Tage, **Tafel 1**, erhöht sich der Stickstoffgehalt im Lignin von 1,6 auf 2,9 %. Wenn das Champignonmyzel wächst, findet zwar ein erheblicher Ligninabbau statt, doch bleibt der Stickstoffgehalt im isolierbaren Restlignin weitgehend konstant. Dies bedeutet, daß der Ligno-Protein-Komplex vollständig als Kohlenstoff- und Stickstoffquelle genutzt wird.

Der Stickstoffgehalt in den Huminstoffen nimmt ständig zu und beträgt 45 % des Gesamtstickstoffes nach Abschluß der Pilzermte. Für das Lignin liegt der Wert bei 32 %. Beide Fraktionen ergeben zusammen mit dem Anteil des löslichen Stickstoffs 92 %.

Vergleicht man obige Werte mit den Daten, die für ungerottetes Stroh bzw. Rinderflüssigmist erhalten wurden, **Tafel 2**, so zeigt sich, daß natives Lignin nur wenig Stickstoff (0,45 %) enthält. Die Anreicherung von Lignin infolge des Zelluloseabbaues während der Verdauung geht mit einer erheblichen Stickstoffaufnahme einher. Das gleiche gilt für den Einbau von Stickstoff in Produkte, die sich über die Methode der Huminstoffextraktion gewinnen ließen.

Bei der Fermentation von Rinderflüssigmist fallen ca. 50 % der ligninhaltigen Fraktion dem mikrobiellen Abbau anheim, **Tafel 3**. Aufgrund dieses überraschenden Ergebnisses wurde in einem weiteren Versuch Strohmehl stark verdünntem Rinderflüssigmist zugesetzt und 14 Tage unter den gleichen Bedingungen fermentiert, **Tafel 4**. In Abständen von zwei bis drei Tagen wurden Proben gezogen und analysiert. Bereits nach sieben Tagen stagnierte der Ligninabbau; die Zellulose hingegen wurde zügig umgesetzt.

Zu Beginn der Fermentation von Flüssigmist jeglicher Art läßt sich bei ausreichender Sauerstoffversorgung ein stürmischer Stoffumsatz beobachten. Er wird durch die rasche Verwertung löslicher Kohlenstoffverbindungen unterhalten. Die damit verbundene Biomasseproduktion wird bei der Verwendung von Schweineflüssigmist besonders deutlich, **Bild 1**. Am ersten Tag erfolgt eine intensive Reassimilation von Stickstoff. Die gleichzeitig einsetzende Temperaturerhöhung ist ebenfalls Ausdruck der gesteigerten mikrobiellen Tätigkeit. In drei weiteren Tagen halten sich Stickstoffaufnahme und -abgabe durch die Biomasse die Waage, bis die Autolyse überwiegt.

Bei der Fermentation von Rinderflüssigmist, der nur ein geringes Reservoir an leicht verwertbarem Kohlenstoff besitzt, dürfte die Ammonifikation den gleichzeitig ablaufenden Prozeß der Biomassebildung überdecken. Ähnliches gilt für Hühnerflüssigmist mit seinem hohen Gehalt an Stickstoffverbindungen.

Material	Probenahme	Inkubationszeit d	Temperatur °C	pH	Rotteverl. (org. Subst.) %	ligninhaltige Fraktion		
						Anteil der Trockenmasse %	Masse im Rotteansatz ¹⁾ g	Abbau durch Rotte %
Lagermist (14 Tage)	Beginn	8	27	8,7	0	39	72	0
	Ende				22	35	43	40
Frischmist	Beginn	10	27	8,7	0	43	87	0
	Ende			6,5	43	42	52	41
Frischmist	Beginn	17	27	8,2	0	43	43	0
	Ende			48	35	19	56	
Frischmist	Beginn	19	27	8,2	0	42	50	0
	Ende			53	39	24	52	
Frischmist	Beginn	21	27	6,75	0	41	91	0
	Ende			41	36	50	45	

¹⁾ aschefrei

Material	Lignin ¹⁾		Lignin-N	Huminstoffe	
	Masse g	N-Gehalt %	Gesamt-N %	Masse g	N-Gehalt %
Rinderflüssigmist	27-30	3,9-4,0	30	4,6	4,7
ungerottetes Stroh	23	0,45	16	5,6	1,3

¹⁾ Lignin nicht korrigiert auf Zellulose, aschefrei

Tafel 2. Lignin, Huminstoffe und deren Stickstoffgehalte bzw. -anteile am Gesamtstickstoff in 100 g Trockenmasse aus Rinderflüssigmist und ungerottetem Stroh.

Versuchsdauer d	Rotteverlust (org. Subst.) %	Masse an N ¹⁾	Lignin		Zellulose g
			Masse ²⁾ g	N-Gehalt %	
0	0	0,78	22	1,3	60
2	—	1,4	21	1,5	—
5	—	1,1	15	1,4	39
7	—	1,0	14	1,5	—
9	31	1,1	16	1,5	—
12	37	1,1	15	1,5	—
14	41	1,1	15	1,6	25

¹⁾ bezogen auf 100 g org. Masse zu Rottebeginn ohne Ammoniakanteil

²⁾ Lignin nicht korrigiert auf Zellulose

Tafel 4. Verwertung von Lignin und Zellulose aus Strohmehl durch die Mikroflora des Rinderflüssigmistes.

Volumen des Fermentationsansatzes: 8 Liter; Luftdurchsatz: 8 l/min; 27 °C; pH 7,5. Gewichtsangaben berechnet auf der Basis des Aschegehaltes zu Rottebeginn, bezogen auf 100 g organische Substanz.

Tafel 3. Abbau der ligninhaltigen Fraktion aus Rinderflüssigmist.

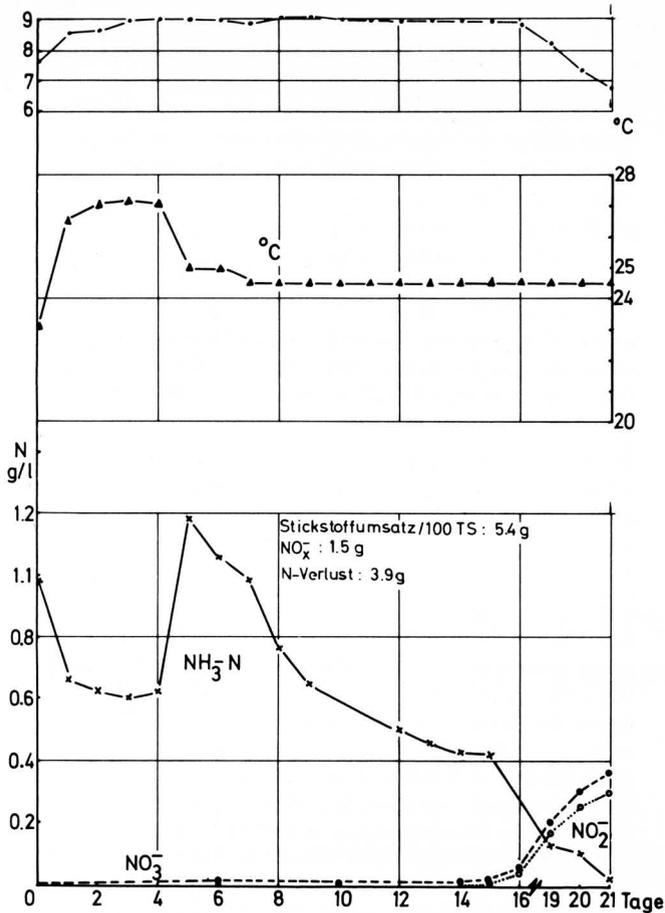


Bild 1. Verlauf einer ungesteuerten Fermentation von Schweineflüssigmist. (Volumen des Fermentationsansatzes: 8 Liter; Luftdurchsatz: 8 l/min).

Wenn der Temperaturverlauf den Abbau der nitrifizierenden Floren verhindert, können in Abhängigkeit von der Belüftungsintensität erhebliche Ammoniakverlust durch Abgasen entstehen. Je eher die Oxidation von Ammoniak zu Nitrit bzw. Nitrat einsetzen kann, desto wirksamer ist der Schutz vor Stickstoffeinbußen. In den hier beschriebenen Versuchen konnten trotz hohen Luftdurchsatzes bei entsprechender Steuerung des Prozeßverlaufes zwischen 50 und 90 % des anfallenden Ammoniaks in die oxidierte Form überführt werden, **Tafel 5**.

Unberührt von der Dauer und der Intensität des Stoffumsatzes blieben die C:N-Verhältnisse, welche jeweils zu Beginn und Ende der Fermentation ermittelt wurden.

		d	Rotteverlust (org. Subst.) mm %	N-Gehalt (ohne NH ₃) %	Gesamt-N (einschl. NH ₃) g	NH ₃ -N g	NO _x ⁻ -N g	C : N
Rinderflüssigmist ohne Nitrifikation	Beginn	0	0	3,5	4,0	1,2	0	11 : 1
	Ende	8	22	3,5	2,8	0	0	11 : 1
Rinderflüssigmist mit Nitrifikation	Beginn	0	0	3,1	4,3	2,3	0	17 : 1
	Ende	8	27	3,2	2,0	0	1,1	16 : 1
Schweineflüssigmist mit Nitrifikation	Beginn	0	0	4,9	7,3	4,0	0	10 : 1
	Ende	15	46	4,5	3,3	0	3,6	10 : 1

Tafel 5. Ammoniakumsatz bei der Fermentation von Rinder- und Schweineflüssigmist ohne bzw. mit Nitrifikation. (Volumina der Versuchsansätze: 8 Liter; Luftdurchsatz: 8 l/min; TM: 4,5 %; 27 °C; pH 7,5)

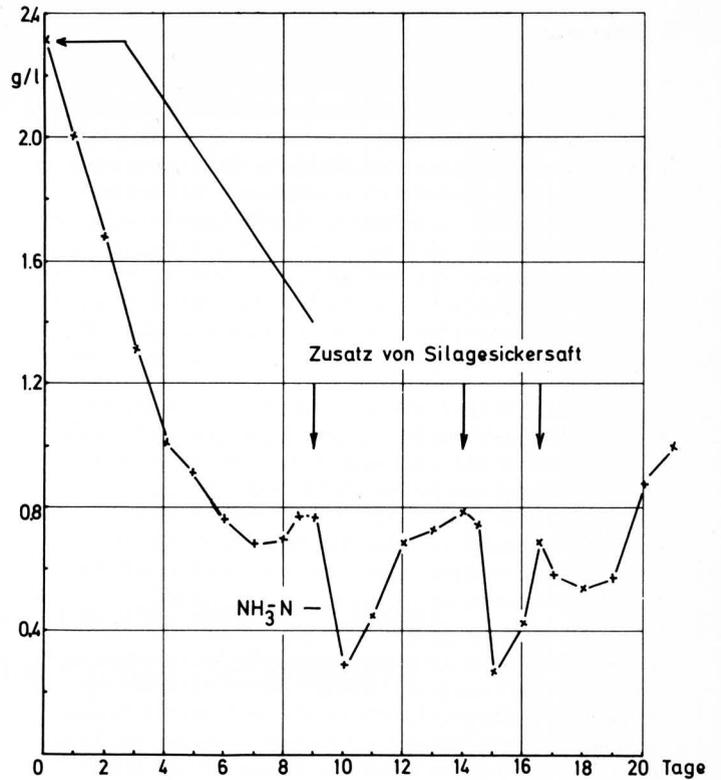


Bild 2. Verlauf des Ammoniakumsatzes während der Fermentation von Rinderflüssigmist bei diskontinuierlicher Zugabe von Silagesickersaft. (Volumen des Fermentationsansatzes: 8 Liter; Luftdurchsatz: 8 l/min; TM: 4,5 %; 27 °C; pH 7,5).

Die Zugabe leichtverwertbaren Kohlenstoffs zur Flüssigmistfermentation bindet zusätzlich Nährstoffe in der Biomasse, **Bild 2**. Mit Hilfe von Silagesickersaft konnte der Gehalt an freiem Ammoniak drastisch gesenkt werden. Dieses System erfordert jedoch die ständige Nachlieferung von Kohlenstoff, um das Pendeln zwischen Ammoniakbindung und -freisetzung weitgehend zu unterbinden.

5. Diskussion

Bei der Spaltung des Lignin-Zellulose-Komplexes während des Verdauungsvorganges im Wiederkäuer wird Stickstoff an das Lignin in einer Größenordnung gebunden, die sich unter den Bedingungen der Substratbereitung auf Pferdemistbasis nur dann erzielen läßt, wenn die Aufwertung mit leichtverfügbaren Kohlenstoff- und Stickstoffquellen unwirtschaftlich hoch ist [9]. Aus vielen Versuchen läßt sich ableiten, daß ein N-Gehalt um 4 % das erreichbare Maximum darstellt. Daß die Intensität der Stickstoffbindung gleichzeitig ein Maß für den Grad des Ligninabbaues sein könnte, ergibt sich aus dem Versuch mit Strohmehlzusatz. Obwohl genügend Stickstoff zur Verfügung stand, erhöhte sich der Prozentgehalt im isolierten Lignin nur auf 1,5 %. Dies ging mit der Stagnation des Ligninabbaues einher. Der mikrobielle Angriff der Flüssigmistflora auf das native Lignin erschöpft sich offenbar mit dem Abbau anhaftender Zellulosereste, die normalerweise mit dem Isolat anfallen. Auch könnte die rasche Abspaltung von Methoxygruppen [5] die Reaktionsbereitschaft mit Stickstoffverbindungen erhöhen. Der begrenzte Stickstoffeinbau in das Lignin während früher Rottstadien gilt sowohl für die Kompostrotte als auch für die Flüssigfermentation.

Die erhebliche Abnahme angedauter Ligninbestandteile während der Fermentation des Rinderflüssigmistes bedarf noch der Erklärung. Die im Verdauungsrückstand vorliegende Anreicherung entspricht ungefähr dem Substanzverlust des Futters. Daher ist die Wahrscheinlichkeit, daß durch die hier verwendete Methode neben dem ligninhaltigen Material auch andere Produkte isoliert wurden, gering. Es muß also angenommen werden, daß die Ligninspaltung im Verdauungstrakt des Wiederkäuers einen Grad erreicht hat, der den späteren Abbau durch die überwiegend bakterielle Mischflora ermöglicht. Die Idee, durch Zusatz von Rinderflüssigmist große Mengen an Ligno-Protein in Champignonkultursubstraten anzureichern, läßt sich also nur zum Teil verwirklichen.

Als wichtiges Ergebnis für die Beurteilung des Stoffumsatzes bei einer vergleichsweise kurzzeitigen aeroben Fermentation von Flüssigmist bleibt festzuhalten, daß die hochmolekularen Fraktionen Zellulose und Lignin in größerem Umfang abgebaut werden, als bisher angenommen wurde. Der freigesetzte Stickstoff wird nicht in Polymerisaten festgelegt, die sich mit Methoden der Huminstoffchemie isolieren lassen, sondern vermehrt den Ammoniakanteil.

Trotz des hohen Luftdurchsatzes läßt sich in den Laborfermentern der Abgasungsverlust von Ammoniak durch die Förderung der Nitrifikation erheblich reduzieren. Die vorübergehende Bindung von Stickstoff in der Biomasse durch den kontinuierlichen Zusatz leichtverfügbarer Kohlenstoffquellen bildet keine dauerhafte Maßnahme zur Vermeidung von N-Verlusten oder zur Konservierung von Nährstoffen. Auch läßt sich keine Stabilisierung im Sinne der Lagerfähigkeit erreichen. Eine Aufbereitung von Flüssigmist nach dem Verfahren von *Nebiker* [13] erscheint unrealistisch, wenn nicht gleichzeitig die Konservierung der Biomasse betrieben wird. Sich selbst überlassen fällt die Biomasse bei Nährstoffmangel zwangsläufig der Autolyse anheim, die umso gravierender ist, je nachhaltiger die Biomassebildung zuvor gefördert wurde.

Die weitgehend stabilen C:N-Verhältnisse lassen vermuten, daß die Nettobildung von Biomasse während der Fermentation ohne zusätzliche Nährstoffgaben keine Größenordnung erreicht, die sich durch eine Einengung eben dieses Verhältnisses zu erkennen geben würde.

6. Zusammenfassung

1. Bei der Verrottung fester Abfallstoffe wird Stickstoff in der Huminstoff- und Ligninfraktion festgelegt. Nach fünfzehn Tagen sind 80 % des Gesamtstickstoffs dem unmittelbaren mikrobiellen Stoffumsatz entzogen.

2. Ligninisolate aus Stroh enthalten nur geringe Mengen Stickstoff (0,45 %). Im Rinderflüssigmist verdoppelt sich während des Verdauungsprozesses der Gehalt an Lignin, das zuletzt einen Stickstoffgehalt um 4 % aufweist. Dies entspricht dem höchsten Wert, der sich bei der Kompostierung von Pferdemist unter Zusatz hochwertiger C- und N-Quellen erreichen läßt.
3. Bei der Fermentation von Rinderflüssigmist werden im Verlauf von zwei bis drei Wochen zwischen 40 und 50 % der ligninhaltigen Fraktion abgebaut. Die Inkubation von Strohmehl mit der Rinderflüssigmistflora zeigte einen zügigen Zelluloseumsatz, aber eine Stagnation des Ligninabbaues. Der Stickstoffgehalt lag bei nur 1,5 %. Dieses Ergebnis stützt die Vermutung, daß der Umfang des Stickstoffeinbaues vom Grad der Ligninspaltung abhängt.
4. Bei der Flüssigfermentation mündet der gesamte Stickstoffumsatz in die Ammoniakbildung. Eine Festlegung in hochmolekulare Fraktionen konnte nicht nachgewiesen werden. Die Nitrifikation verringerte erheblich die Ammoniakverluste durch Abgasen. Je nach den Versuchsgegebenheiten wurden zwischen 40 und 90 % des Ammoniaks oxidiert.
5. Im Gegensatz zu Rinder- und Hühnerflüssigmist, die nur einen geringen Gehalt an leichtverfügbarem Kohlenstoff, aber Überschuß an Stickstoff besitzen, wurde bei Schweineflüssigmist die Reassimilation von Ammoniak durch die Vermehrung der Biomasse sichtbar. Dieser Vorgang läßt sich durch Zusatz von Kohlenstoffverbindungen, z.B. Silagesickersaft, erheblich verstärken. Die Stickstoffbindung durch Förderung der Biomassebildung ist kein Mittel zur nachhaltigen Geruchs-beseitigung oder Nährstoffkonservierung. Bei beginnendem Nährstoffmangel oder Veränderungen im Milieu führen autolytische Prozesse erneut zur Geruchsbelastung.
6. Die Bezeichnung Flüssigkompostierung für die Aufbereitung von Flüssigmist ist ein unzulässiger Vergleich mit der Kompostrotte.

Beide Prozesse unterscheiden sich in der Zusammensetzung der Mikroflora und damit auch im Stoffumsatz. Bei der Rotte fester Gemenge vermindert sich der verfügbare Stickstoff durch den Einbau in hochmolekulare, relativ schwerverwertbare Fraktionen. Dadurch wird auch der Mineralisationsprozeß verzögert. Stabilisation ist hier gleichbedeutend mit der Begrenzung des Stickstoffangebotes.

Bei der Flüssigmistfermentation bleibt der gesamte Stickstoff bis zur Stufe des Ammoniaks, Nitrats oder Nitrits voll verfügbar. Die Intensität des Stoffumsatzes hängt allein vom Kohlenstoffangebot und der Wachstumsgeschwindigkeit der Mikroflora ab. Die Biomassebildung erhöht die Instabilität des Materials, da die Autolyse nicht vermieden werden kann. Unter Stabilisation ist hier also die Mineralisation unter kontrollierten Bedingungen zu verstehen.

Schrifttum

- [1] *Grabbe, K. u. K. Haider*: Die Huminstoffbildung und die Stickstoffverteilung bei der Strohrotte in Beziehung zur mikrobiellen Phenolbildung. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkunde* Bd. 129 (1971) S. 202/16.
- [2] *Haider, K. u. J.P. Martin*: Synthesis and transformation of phenolic compounds by *Epicoccum nigrum* in relation to humic acid formation. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* Bd. 31 (1967) S. 766/72.
- [3] *Haider, K. u. J.P. Martin*: The role of microorganisms in the formation of humic acids. *International Atomic Energy Agency, Wien* (1968) S. 184/96.
- [4] *Waksman, S.A.*: Cellulose as a source of "humic" in the soil. *Proc. 1st Int. Congr. Soil Sci. Comm.* Bd. 3 (1927) S. 690/702.

- [5] *Grabbe, K. u. K. Haider*: Die Huminstoffbildung und der Stickstoffumsatz bei der Bereitung des Kultursubstrates und während des Wachstums von *Agaricus bisporus*. Z. Pflanzenernähr. Bodenkunde Bd. 129 (1971) S. 216/26.
- [6] *Grabbe, K.*: Kenndaten bei der Aufbereitung flüssiger Abfallstoffe. (unveröffentlicht)
- [7] *Grabbe, K., R. Thaer u. R. Ahlers*: Investigations on the procedure and the turn-over of organic matter by hot fermentation of liquid cattle manure. The Proceedings of 3rd. International Symp. on Livestock Wastes (1976) S. 506/09.
- [8] *Thaer, R., R. Ahlers u. K. Grabbe*: Behandlung von Rinderflüssigmist. 1. Teil: Behandlung in aeroben Verfahren mit erhöhten Temperaturen. Sonderh. Ber. Landw. 192 (1975) S. 836/81.
- [9] *Grabbe, K.*: Behandlung von Rinderflüssigmist. 2. Teil: Verwertung bei der Herstellung von Pilzkultursubstraten. Sonderh. Ber. Landw. 192 (1975) S. 882/902.
- [10] *Halse, O.M.*: Determinations of cellulose and wood fiber in paper. Papier J. Bd. 14 (1926) S. 121/26.
- [11] *Bremner, G.M.*: Organic forms of nitrogen. Methods of soil analysis. C.A. Black, ed. (American Soc. of Agron., Madison, Wisc.) (1965) S. 1238/55.
- [12] *Adams, G.A. u. A. E. Castagne*: Holocellulose from straw. Canad. J. Res. Sect. Bd. 26 (1948) Nr. 13, S. 325.
- [13] *Nebiker, H.*: Neues Verfahren zur Aufbereitung von Flüssigmist. Schweiz. Ldw. Monatshefte Bd. 52 (1974) S. 57/87.

Einfluß der Haufwerkstruktur auf den Kompostierungsverlauf, dargestellt am Beispiel von Flüssigmist-Feststoff-Gemengen

Von Frank Schuchardt, Braunschweig-Völkenrode*)

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

DK 631.862:628.35:66.047

Durch Zugabe feuchtebindender Stoffe kann Flüssigmist kompostiert und in einen geruchsarmen, hygienisch unbedenklichen Feststoff überführt werden. Von besonderer Bedeutung für den Verlauf des Kompostierungsprozesses ist der Gasaustausch im Substrat, der vor allem von der Struktur des Haufwerkes beeinflusst wird. Neben der Struktur sind der Feuchtegehalt, die Korngröße der Aggregate und die Stärke der Schüttung die wichtigsten Faktoren für Gasaustausch und Rotteablauf. Ist der Sauerstoffverbrauch während der Kompostierung bekannt, so kann über die Auswahl geeigneter Bedingungen ein selbsttätiger Gasaustausch sichergestellt werden.

Inhalt

1. Einleitung
2. Versuche zur Kompostierung von Flüssigmist (Literatur)
3. Feststoffverfahren
4. Bedeutung der Struktur für die Selbsterhitzung
 - 4.1 Sauerstoffbedarf
 - 4.2 Feuchtegehalt des Flüssigmistes
 - 4.3 Schütthöhe und Grobstruktur
5. Zusammenfassung

1. Einleitung

Durch die Kompostierung von Flüssigmist, also die aerobe Behandlung des Mistes in fester Phase, können die gleichen Ziele erreicht werden, wie bei der Belüftung des Mistes:

- Geruchsbeseitigung bzw. -verminderung und
- Abtötung pathogener Organismen.

Der Vorteil kompostierten, festen Mistes besteht im Vergleich zu belüftetem, flüssigem Mist in der Möglichkeit, während der Lagerphase selbsttätig ein aerobes Milieu zu erhalten. Voraussetzung dafür ist eine Struktur des Komposthaufwerkes, die einen ausreichenden Gasaustausch ermöglicht.

Ein Nachteil für die Kompostierung besteht darin, daß das Ausgangsmaterial Flüssigmist einen für die Kompostierung zu hohen Feuchtegehalt hat. Dieser zu hohe Feuchtegehalt tritt zusammen mit einer für die Kompostierung ungeeigneten Struktur auf: Flüssigmist hat kein Porensystem, das mit der Außenatmosphäre in Verbindung steht. Voraussetzung für die Kompostierung von Flüssigmist ist daher der Zusatz sorptionsfähiger und strukturbildender Stoffe.

*) *Dr. agr. F. Schuchardt* ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Landmaschinenforschung (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Baader) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.