

Qualitäts-Bestimmungen von Schweinemist-Kompost

Markus BIERI, Bahnhofstrasse 30, CH-8803 Rüschlikon

Robert KAUFMANN, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Werner HELLER, Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau (FAW), CH-8820 Wädenswil

Alfred BERNER, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-5070 Frick

Im Rahmen des Kompoststallprojektes (Schweinemast auf Sägemehl) an der FAT wurden verschiedene Methoden zur Bestimmung der Reife der Endprodukte verglichen und der Einfluss unterschiedlicher Rottetechniken auf den Reifegrad des Materials studiert. Untersucht wurde ein Sägemehl-Kot-Harnmisch in den folgenden Zuständen: frisch, nach einer Rottephase im Stall in Form von Tiefstreu, nach einer zusätzlichen Mietenlagerung sowie nach Behandlung in einer Rottetrommel mit unterschiedlichen Rottezeiten.

Bei dem an der FAT getesteten und weiterentwickelten Kompoststall (Kaufmann 1994; Kaufmann *et al.* 1997; Kaufmann 1997) fällt anstelle von Gülle ein Gemisch aus Harn, Kot und Sägemehl an. Dieses Material hat bereits als Tiefstreubeet im Stall eine Rotte durchlaufen. Das Endprodukt ist eine angerottete Tiefstreu. Neben Abklärungen der Umweltaspekte (Kaufmann 1997; Kaufmann *et al.* 1997) wurde beim Kompoststallprojekt auch die Frage nach den Nährstoffverlusten aus den anfallenden organischen Düngern und deren Wirkung auf das Pflanzenwachstum gestellt.

Bei der Aufbereitung von festen tierischen Abfällen wie Mist gehen die Bestrebungen heute vermehrt dahin, den vorhandenen Stickstoff mit einer gezielten aeroben Rotte mikrobiell zu nicht flüchtigem Nitrat zu oxydieren. Das Endprodukt ist ein Mistkompost, in dem die organischen Komponenten bereits stark abgebaut sind. Heller und Schwager (1996) zeigten mit ihren Versuchen, dass die mikrobielle Nitrifizierung von NH_4 -Stickstoff sehr effizient sein kann und für die Aufbereitung von Hofdüngern genutzt werden könnte. Rotteprozesse beruhen auf mikrobiellen Vorgängen, welche durch verfahrenstechnische Massnahmen beeinflusst werden können. Das heisst, bei entsprechender Kenntnis und Lenkung der Rottevorgänge wäre es möglich, die Eigenschaften der erzeugten Komposte beziehungsweise die der organischen Dünger gezielt zu beeinflussen und, basierend auf diesen Grundlagen, hofeigene Dünger mit definierten Qualitäten herzustellen. Der Gedanke, interne Nährstoffkreisläufe zu optimieren und damit hofeigene Ressourcen besser zu nutzen, gewinnt bei der Gesamtbetrach-

tung von Agrarökosystemen zunehmend an Bedeutung (Anonym 1990).

In der vorliegenden Arbeit erfolgten erste Versuche, Komposte aus Sägemehl, Schweineharn und -kot, welche unterschiedlichen Rotteverfahren unterworfen waren, anhand von einfachen Labortests zu charakterisieren und aufgrund dieser Resultate die Qualität der Komposte zu beurteilen.

Ziel der Untersuchungen war es, die verschiedenen, beim Sägemehl-Kot-Harn-Gemisch angewandten Rottetechniken und Aufbereitungsverfahren, aufgrund der Qualität der Endprodukte zu vergleichen und zu beurteilen.

Die meisten Tests zur Beschreibung der Reife beruhen weitgehend auf Komposten aus rein pflanzlichen Ausgangsmaterialien. Sie dienen dazu, die Handelsqualität solcher Produkte zu beschreiben beziehungsweise zu kontrollieren. Ob diese Tests sich auch zur Beurteilung der speziellen Rotteprodukte aus der Schweinehaltung eignen, war abzuklären.

Um diese Rotteprodukte zu beurteilen, wurden folgende Tests ausgewählt und verglichen:

1. Chemische Analyse (pH-Wert, Salzgehalt, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , C_{org} , N_{org});
2. Biotest (geschlossener Kressetest);
3. N-Mineralisierung im Boden.

Die Aufbereitungsverfahren für Schweinemist

Flachbeetrotte im Stall: Bei diesem güllelosen Aufstellungsverfahren werden die Buchten anfänglich mit einer rund 50 cm starken Sägemehlschicht im Sinne einer Tiefstreu aufgefüllt (Kaufmann *et al.* 1997). Um eine gleichmässige Rotte des

eingestreuten Materials und der Tierexkreme (Kot-Harn-Sägemehlgemisch) zu erreichen, werden die stark mit Kot und Harn belasteten Partien (Kotecken) periodisch mit den weniger belasteten Flächen vom übrigen Einstreubeet vermischt. In der Versuchsphase Juli 1995 bis Juli 1996 wurde je eine wöchentlich einmalige Bearbeitung (intensiv) mit je einer zwei wöchentlichen Bearbeitung (extensiv) verglichen. Beim halbjährlich erfolgten Ausräumen der angerotteten Tiefstreu aus dem Kompoststall hat man von den einzelnen Chargen Proben entnommen und in einer Rottetrommel zu einer Mischprobe aufbereitet.

Flachbeetrotte mit anschliessender Nachrotte an einer Miete: Die Tiefstreu vom Dezember 1995 wurde zur Nachrotte zu einer Trapezmiete aufgeschichtet und mit einem Vlies abgedeckt. Während der Nachrotte hat man die Mieten mehrere Male gewendet und im Juli 1996 Kompostproben entnommen.

Die beiden Mieten unterteilte man in Nachrotte intensiv und Nachrotte extensiv, je nach Herkunft des Materials aus einem intensiven beziehungsweise extensiv umgesetzten Stallbereich.

Rotte in Kompostertrommel: In einer speziell eingerichteten Schrägbodenbucht, in der das Sägemehlbeet nicht bearbeitet wurde, entstanden in den sogenannten Kotecken hohe Konzentrationen von Kot und Harn. Dieses stark belastete Material wurde kontinuierlich in eine Rottetrommel gegeben. Proben vom gleichen Material hat man für die Frischmistvariante verwendet. Mit diesem System, das noch im Prototypenstadium steht, verbindet sich die Idee, das Kot-Harn-Sägemehlgemisch in möglichst frischem Zustand einer biologisch-technischen Aufbereitung zuzuführen, in der sich die Kompostprozesse leichter steuern lassen. In der Trommel wurde das Material alle zwölf Stunden einmal (zwei Rotationen/Tag) gewendet. Das Material passiert die Trommel im Sinne eines Durchflusssystems. Der Trommelinnenraum wurde während der ganzen Zeit künstlich mit Frischluft versorgt. Um den Einfluss

der Rottedauer zu erfassen, wurde die Frischmaterialzufuhr und die Entnahmemenge so gesteuert, dass die jeweilige Durchlaufzeit 60, 45 beziehungsweise 30 Tage betrug (Varianten: RoTro 60d, RoTro 45d, RoTro 30d).

Reifetests

Für die Untersuchungen wurden von allen Materialien jeweils drei Proben entnommen und sofort tiefgefroren.

Chemische Analyse: Im Bodenlabor der FAW in Wädenswil wurden folgende Parameter bestimmt:

- pH-Wert (Volumenextrakt 1/2);
- Salzgehalt (Volumenextrakt 1/2);
- Organische Substanz in Prozent der Trockenmasse (Glühverlust);
- Gesamt-N in Prozent der Trockenmasse (nach Kjeldahl);
- Stickstoffformen NH_4 , NO_2 und NO_3 (Volumenextrakt 1/2);
- P und K (HCl-Auszug);

Die Bestimmungen erfolgten gemäss den Schweizerischen Referenzmethoden der eidgenössischen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten (Anonym 1996).

Biotest: Als Biotest wurde der Kressetest in geschlossenen Gefässen nach B. Lehmann (Gebr. Gerber, Fehraltorf in: Berner und Bieri 1991) ausgewählt, da mit diesem Test auch sehr schwache Effekte aufgedeckt werden. Im geschlossenen Test werden auch Gase wie Ammoniak wirksam, welche sich im Freiland ohne Pflanzenbeeinträchtigung verflüchtigen. Der Test gibt keine Hinweise auf die Nährstoffwirkung der Komposte.

Die Gefässe (Honiggläser 750 ccm) hat man bis zur Hälfte mit Ackererde gefüllt, der 5 beziehungsweise 2,5 Volumenpro-

zente Kompost zugesetzt wurden. Der Wassergehalt der Ackererde betrug 22 % (gravimetrisch best.). Beimengungen von 50 beziehungsweise 25 % Sägemehlmist oder Mistkompost erwiesen sich in Vorversuchen für diese Hofdünger als zu hoch. Der Test dauerte jeweils fünf Tage bei Zimmertemperatur. Erhoben wurden die Länge von Wurzel und Spross, die Farbe der Blätter und der Wurzeln. Für die Analyse der Ergebnisse wurden Spross- und Wurzellänge als Verhältnis zu den Längen der Kontrollpflanzen berechnet.

Stickstoffmineralisierung der Komposte im Boden: Die Brutversuche erfolgten am Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL). Pro Probe wurden 1000 cm^3 eines Gemisches von 10 % Kompost, 40 % frische Ackererde und 50 % Perlit in Brutgefässe eingefüllt. Pro Kompostvariante setzte man drei Wiederholungen an. Eine Nullprobe diente zur Erfassung der N-Mineralisierung der verwendeten Ackererde. Beim Ansetzen wird Wasser bis zur Feldkapazität zugesetzt und danach bei konstanten Temperaturen (25°C) bebrütet. Nach zwei, sechs und zehn Wochen erfolgten jeweils eine Spülung mit 500 ml demineralisiertem Wasser und die Analyse des NO_3 -Gehalts in der Extraktionslösung. Nach 14 Wochen erfolgte die Analyse der inkubierten Proben im Bodenlabor der FAW auf Nitrat und Ammonium.

Ergebnisse

Organische Substanz: Die Unterschiede in den Gehalten an organischer Substanz sind relativ gering. Die tiefsten Werte weisen Komposte auf, die noch ein halbes Jahr an einer Miete nachgerottet haben. Die Komposte der Rottetrommeln unter-

scheiden sich nur wenig vom Ausgangsmaterial (Frischmist). Einzig bei der Rotte nach 60 Tagen ist eine etwas stärkere Abnahme des Gehaltes an organischer Substanz in der Trockensubstanz erkennbar.

Norg. und P: Bezüglich Gesamtstickstoff- und Phosphor-Gehalte (Abb. 1 und 2) weisen die Nachrottemieten sowie die Komposte aus den Rottetrommeln höhere Werte auf als diejenigen aus dem Stall. Bei den Mietenkomposten geht dies wohl zu einem guten Teil auf die längere Rottedauer zurück. Bei den Trommelkomposten könnten die höheren Werte mit den höheren Nährstoffwerten des Ausgangsmaterials, das heisst des Frischmistes erklärt werden.

$\text{N}_{\text{min.}} (\text{NH}_4 + \text{NO}_3)$: Die deutlichsten Unterschiede weisen die mineralischen Stickstoffformen auf. Die Komposte, welche einer sechsmonatigen Nachrotte unterlagen, und die Trommelkomposte haben gegenüber den anderen Komposten und dem Frischmist geringere NH_4 -Gehalte (Abb. 3).

Die Nitratgehalte der Komposte der einzelnen Verfahren (Abb. 4) liegen praktisch reziprok zu den Ammoniumgehalten. Frischmist und die Tiefbeetstreu aus dem Kompoststall weisen durchwegs geringe Nitratwerte auf. Bei den Komposten aus den Rottetrommeln fällt auf, dass mit zunehmender Rottedauer die Nitratgehalte deutlich ansteigen.

Ammoniumgehalt als Indikator der Pflanzenverträglichkeit: Abbildung 5 zeigt, dass der Ammoniumgehalt der Komposte deutlich negativ mit der Entwicklung der Kressekeimlinge korreliert. Komposte mit geringem Ammoniumgehalt erwiesen sich als pflanzenverträglicher. Die Höhe der Nitratgehalte beeinflusste diese Ergebnisse nicht.

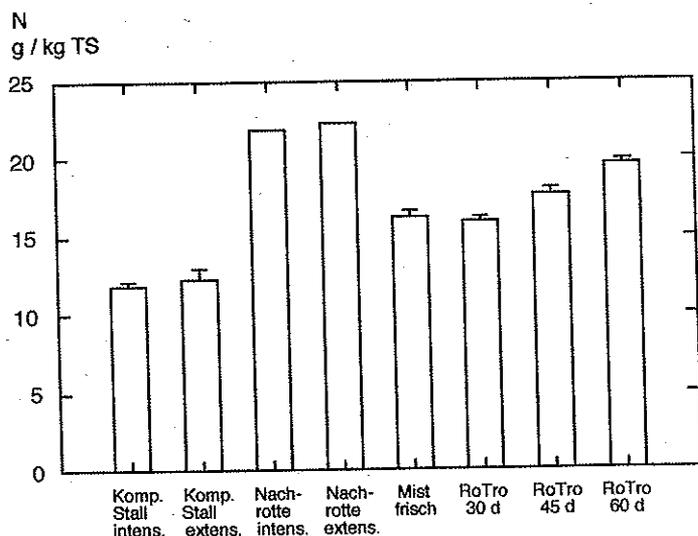


Abb 1. Gesamt-N-Gehalte in g/kg Trockensubstanz in Sägemehl-Kot-Harn-Gemischen (inkl. Standardfehler).

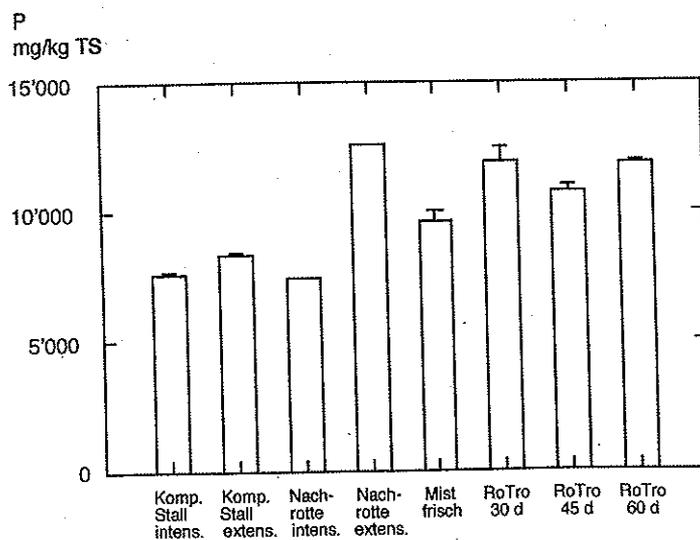


Abb. 2. Phosphor-Gehalte in mg/kg Trockensubstanz in Sägemehl-Kot-Harn-Gemischen (inkl. Standardfehler).

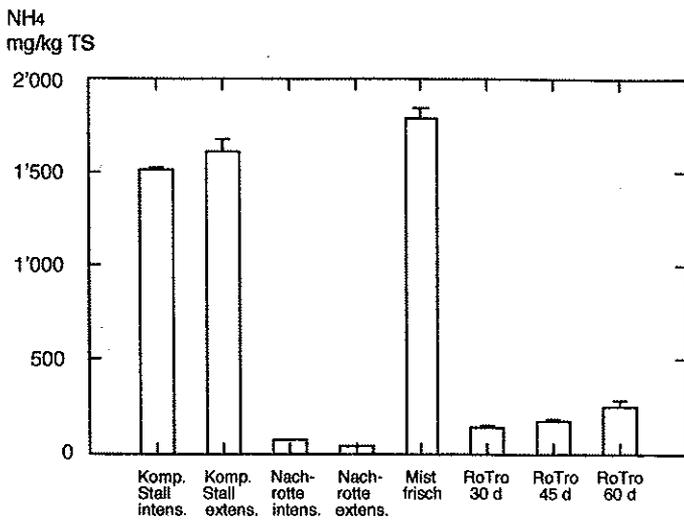


Abb. 3. NH₄-Gehalte in mg/kg Trockensubstanz in Sägemehl-Kot-Harn-Gemischen (inkl. Standardfehler).

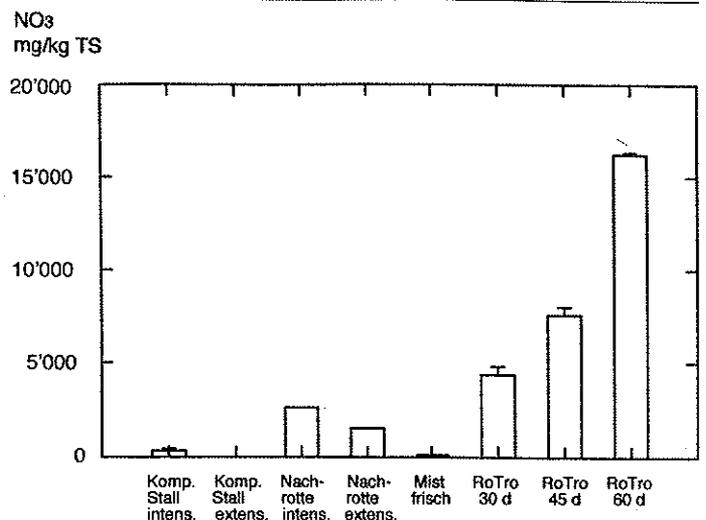


Abb. 4. NO₃-Gehalte in mg/kg Trockensubstanz in Sägemehl-Kot-Harn-Gemischen (inkl. Standardfehler).

Unterschiede in der N-Freisetzung im Boden:

Der Kompost aus der Rottetrommel nach 60 Tagen Rottedauer hat den höchsten Gehalt an verfügbarem N_{min} (Abb. 6). Die N-Freisetzung im Boden nimmt danach ab und steigt nach der zehnten Woche wieder an. Bei einer angenommenen Gesamtstickstofffracht von 115 kg N pro ha würde der Rottetrommel-Kompost (60 d) innert 14 Wochen etwa 38 kg N pro ha an mineralisiertem N freisetzen. Bei der Kompoststallvariante intensiv stieg in den ersten zwei Wochen die N-Mineralisierung markant an, nahm danach stetig ab. Ab der 14. Woche wurde N-Festlegung festgestellt. Der Frischmist zeigt einen weniger deutlichen Anstieg nach zwei Wochen und weist eine regelmässige, stetig abnehmende N-Freisetzung auf. Der Anteil an mineralisiertem Stickstoff bei einer Gesamtstickstoff-

fracht von 115 kg pro ha läge nach Kalkulationen bei der Kompoststallvariante intensiv bei zirka 33 kg N/ha und bei Frischmist rund 35 kg/ha. Der Bedarf von Silomais (115 kg N/ha) wird bei den errechneten Gaben bei weitem nicht gedeckt.

Unausgeglichene Nährstofffrachten

Die Menge an Sägemehlmist und -kompost, die auszubringen wäre, um eine Gesamtstickstoff-Zufuhr von 115 kg pro ha zu erreichen, wurde kalkuliert. Die Mengenunterschiede zwischen den einzelnen Hofdüngerformen sind beträchtlich. Erwartungsgemäss nimmt die benötigte Menge Kompost mit zunehmendem Rottealter ab, wie dies bei den beiden Nachrottetmieten sowie beim Kompost aus der Rottetrommel nach 60 Tagen der Fall ist.

Die dabei ausgebrachten Phosphormengen (Abb. 7) hingegen liegen mit einer Ausnahme weit über dem Bedarf von Silomais. Die gezeigten Phosphorfrachten stellen eigentlich das Verhältnis der Stickstoffgehalte zu den Phosphorgehalten der einzelnen Varianten dar. Komposte, welche höhere P-Frachten als Frischmist aufweisen, haben während der Rotte Stickstoff verloren. Am deutlichsten zeigt sich dies bei Rottetrommel-Kompost mit einem Durchsatz von 30 Tagen und den beiden Flachbeetkomposten aus dem Kompoststall. Auf die N-Verluste im Kompoststall wurde bereits hingewiesen (Kaufmann 1997 und Kaufmann *et al.* 1997).

Die Reduktion der Stickstoff-Phosphor-Verhältnisse der beiden Komposte, welche einer Mietennachrotte unterzogen wurden, kann nur mit den Verlusten durch P-Auswaschung erklärt werden (Kaufmann *et al.* 1997).

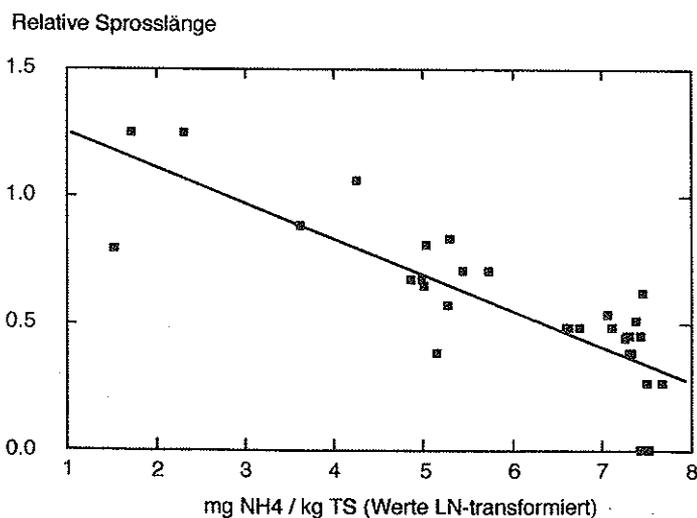


Abb. 5. Beziehung zwischen den Log.naturalis transformierten Werten der Ammonium-Gehalte in Sägemehl-Kot-Harn-Gemischen und dem Sprosslängenwachstum von Gartenkressekeimlinge, ermittelt im geschlossenen Kresstest mit 5 % Kompost zu Erde. Relative Sprosslänge = Längenwachstum im Vergleich mit den Kontrollpflanzen auf Erde ohne Zusatz.

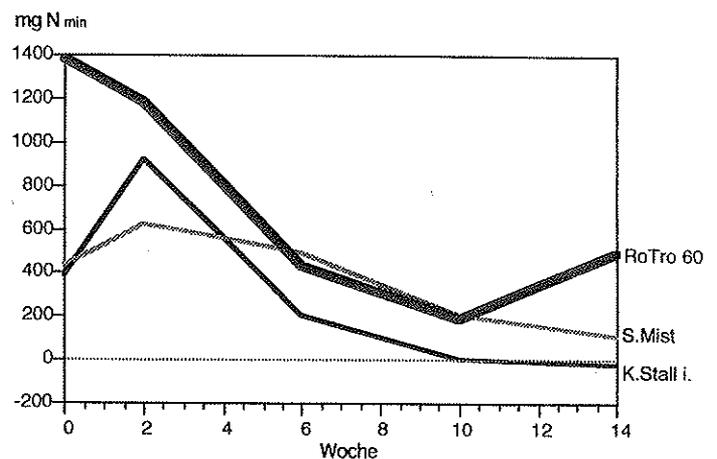


Abb. 6. Freigesetzter, mineralisierter Stickstoff (N_{min}) von Kompost aus Kompoststall intensiv (K.Stall i.), Kompost aus Rottetrommel 60 Tage alt (RoTro 60) und von Sägemehl-Schweinemist aus Schrägbodenbucht (S.Mist) in mg pro kg TS im Boden bei 25° C in Abhängigkeit der Verweilzeit in Wochen.

kg P/ha bei einer N-Gabe von 115 kg/ha

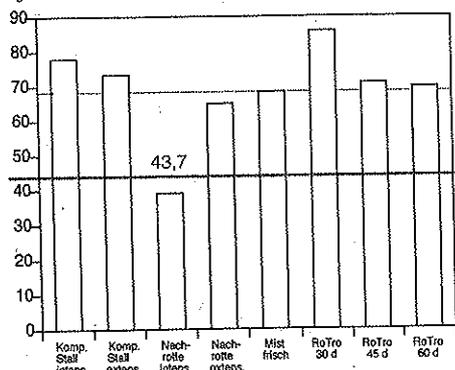


Abb. 7. Ausgebrachte Mengen an Phosphor pro Hektare bei einer Frischmaterialfracht, die 115 kg N pro ha enthält. Der P-Bedarf für Silomais beträgt durchschnittlich 43,7 kg/ha (100 kg P₂O₅). Gestrichelte Linie oben: P-Fracht von Sägemehl-Frischmist.

Folgerungen

Die deutlichsten Unterschiede bei den chemischen Parametern treten bei den Stickstoffformen auf. Alte Komposte, wie die der Nachrottemieten oder Komposte aus der Rottetrommel, die während der Rotte gut mit Sauerstoff versorgt waren, weisen hohe Nitrat- und niedrige Ammoniumgehalte auf (Abb. 3 und 4). Das Nitrat-Ammonium-Verhältnis ist eine wichtige Grösse zur Beurteilung der Kompostreife.

Mit dem geschlossenen Kressetest konnte die Vermutung, dass tiefe Ammoniumgehalte ein sicherer Hinweis auf Pflanzenverträglichkeit sind, erhärtet werden. Anstelle von Kressetests schlagen wir für ältere Komposte eine Bestimmung der Nitrat- und Ammoniumgehalte vor.

Kompostreife wird oft mit Pflanzenverträglichkeit gleichgesetzt. Pflanzenverträglichkeit allein erlaubt jedoch noch keine Schlüsse auf die Wirkung der Komposte als Dünger, besonders auf die N-Freisetzung im Boden. Die durchgeführten Brutversuche haben gezeigt, dass die N-Freisetzung der einzelnen Verfahren grosse Unterschiede aufweist. Anhand des Verlaufes der Stickstoff-Mineralisierung lassen sich Schlüsse auf die mögliche Wirkung im Feld ziehen. Hofdünger oder Komposte, die negative Werte aufweisen, können im Feld Stickstoff festlegen. Im vorliegenden Fall wurden innert 14 Wochen bloss 29 % (Kompoststall intensiv) bis 33 % (RoTro 60) des vorhandenen organischen Stickstoffs freigesetzt.

Mit Hilfe von Inkubationstests lässt sich die mögliche N-Wirkung von Komposten abschätzen. Der grosse Nachteil dieser Tests ist die lange Versuchsdauer. Sie sind hingegen wesentlich einfacher durchzuführen als Pflanzenwachstumsversuche.

Den Bruttest hat mittlerweile Heller (1997) weiterentwickelt und verfeinert. Er soll dazu dienen, die chemischen Parameter zu eruieren, aufgrund derer eine Aussage über die Düngewirkung der Komposte mittels chemischer Analysen möglich ist. Ausserdem laufen zurzeit Topfpflanzenversuche an der Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau Zürich-Reckenholz, anhand derer die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe der untersuchten Hofdünger überprüft wird.

Die Bestimmung der Kompostqualität erwies sich damit als wesentlich komplexer und umfassender als ursprünglich angenommen.

Künftig werden vermehrt Komposte als natürliche Dünger und Bodenverbesserer eingesetzt, wobei neben den klassischen Grüngutkomposten zunehmend Hofdünger zu Komposten beziehungsweise zu nährstoffreichen Spezialdüngern aufbereitet werden.

Die wissenschaftlichen Arbeiten auf diesem Gebiet sollen deshalb koordiniert und gezielt auf die Bedürfnisse der Anwender, das heisst der Landwirte, Gemüseproduzenten und Gartenbauer ausgerichtet werden.

LITERATUR

Anonym, 1990. Ammoniak in der Umwelt, Kreisläufe, Wirkungen, Minderungen. Symposium 10.-12. Oktober 1990, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) Braunschweig-Völkenrode. 825 S.

Anonym, 1996. Boden- und Substratuntersuchungen zur Düngeberatung, Band 1; Bodenuntersuchungen zur Standortcharakterisierung, Band 2. Eidg. Forschungsanstalten FAL, RAC, FAW.

Berner A. und Bieri M., 1991. Bericht über den heutigen Stand zur Beurteilung der Qualität von Komposten. KEZO, AGW, BUWAL. 82 S.

Heller, W., 1997. Neue Methode zur Untersuchung der N-Freisetzung aus organischen Düngern im Boden. In: Stoff- und Energiebilanzen in der Landwirtschaft, 109. VDLUFA-Kongress, Leipzig 15-19. Sept. 1997.

Heller, W. und Schwager H., 1996. Luftreinigung durch Kompost-Biofiltration. *Agrarforschung* 3 (11-12), 520-522.

Kaufmann R., 1994. Kompoststall für Mastschweine, Zwischenbilanz aus verfahrenstechnischer Sicht. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon. FAT-Bericht Nr. 450, 12 S.

Kaufmann R., 1997. Haltung von Mastschweinen auf Sägemehl: Verfahrenstechnisch optimiert, Umweltverträglichkeit fraglich. In: R. Weber, 1997. Tiergerechte Haltungssysteme für landwirtschaftliche Nutztiere. Tagung Internationale Gesellschaft für Nutztierhaltung (IGN), 23.-25. Okt. 1997, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon. S. 64-72.

Kaufmann R., Heller W. und Bieri M., 1997. Nährstoffbilanz im Kompoststall für Mastschweine. *Agrarforschung* 4 (1), 25-28.

RÉSUMÉ

Détermination de la qualité du compost de fumier porcin

Outre la comparaison de plusieurs méthodes de détermination du degré de maturation des produits finaux, l'influence de différentes techniques de fermentation sur le processus de maturation du compost a été examinée dans le cadre du projet de la FAT portant sur la litière profonde biomatrisée (engraissement de porcs sur une litière de sciure de bois). Des mélanges d'excréments, d'urine et de sciure de bois ont été analysés dans les états suivants: frais, après une phase de fermentation dans la porcherie (litière profonde), après stockage supplémentaire en andains, après compostage dans un tambour de fermentation (avec des durées de fermentation variables).

La matière fraîche et le compost provenant directement de la porcherie présentent des teneurs élevées en ammonium et de faibles teneurs en nitrates. Les produits obtenus après le stockage en andains ou le traitement dans le tambour de fermentation se distinguent en partie par des teneurs importantes en nitrates. La teneur en nitrates du compost provenant du tambour de fermentation augmente avec la durée de fermentation. La teneur en ammonium du compost s'avère négativement corrélée avec la compatibilité pour les plantes. Celle-ci est d'autant plus faible que la teneur en ammonium est élevée. Les essais portant sur la minéralisation de l'azote dans le sol ont montré que la teneur en N_{min} de la matière fraîche diminue pour atteindre presque zéro.

SUMMARY

Determination of the quality of pig manure compost

Besides comparing several methods of defining the degree of maturity of the final products, the influence of different fermentation techniques on the maturing process of compost was examined within the scope of the FAT project on the biobed system (pig fattening on sawdust bedding). Mixtures of excrement, urine and sawdust were analysed in the following conditions: fresh, after a fermentation phase in the pig house (deep litter), after additional storing in windrows, after composting in a fermentation drum (with varying fermentation times). Fresh material and compost coming directly from the pig house show high ammonium and low nitrate contents. Some of the composts coming from the fermentation drum or the windrows show high nitrate contents. The longer the composting process in the fermentation drum the higher the nitrate content. The ammonium content of compost correlates negatively with the compatibility for plants. The higher the ammonium content the lower the compatibility for plants. As shown by analyses of nitrogen mineralization in the soil, the N_{min} content of fresh material drops towards zero.

KEY WORDS: pig, manure, compost, maturity, quality