

- [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.

2. Bisherige Versuche zur Kompostierung von Flüssigmist

Aus dem Schrifttum sind zahlreiche Versuche bekannt, Flüssigmist unter Zusatz von Trockenstoffen zu kompostieren [1]. Dabei wurden aus dem landwirtschaftlichen Bereich Stroh und Maisspindeln verwendet, aus dem nicht landwirtschaftlichen Bereich Torf, Borken, Sägemehl, Hobelspäne, Schaumstoff, Papier, Karton, Asche, Straßenkehrriecht und Hausmüll. Auch teilweise getrockneter Mist wurde kompostiert.

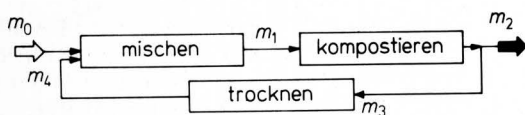
Die Kompostierungstechnik lehnt sich weitgehend an die aus der Müllkompostierung bekannten Verfahren an, d.h. dem Kompost wird in den meisten Fällen zumindestens zeitweilig Luft zugeführt.

Der Anteil der Zusatzstoffe richtet sich neben dem Feuchtegehalt des Flüssigmistes nach der Sorptionsfähigkeit, der Sperrigkeit der Trockenstoffe im feuchten Zustand und dem Kompostierungsverfahren. Eine generelle Angabe über den optimalen Feuchtegehalt bei der Kompostierung ist daher nicht möglich.

3. Feststoffverfahren

Eine weitere Möglichkeit, Flüssigmist zu kompostieren, wurde im Institut für Landmaschinenforschung untersucht [1 bis 7]. Dabei wurde als Trockenstoff getrockneter Flüssigmist-Kompost verwendet, der im Verfahren selbst hergestellt wurde.

Wie **Bild 1** zeigt, wird Flüssigmist mit dem verfahrenseigenen Rückgut vermischt, anschließend kompostiert und scheidet dann teilweise aus dem Verfahren aus. Nur die Menge des kompostierten Gutes, die als Rückgut zur Bindung des Wassers im Flüssigmist notwendig ist, wird getrocknet und zurückgeführt. Damit ist das Verfahren unabhängig von einer Trockenstoffzufuhr von außen.



m_0 Ausgangsgut: Flüssigmist ohne Stroh, Feuchtegehalt 70 bis 90%

m_1 Gemenge: Krümelstruktur; Feuchtegehalt um 50%

m_2 Produkt: Feuchtegehalt unter 45%

m_3 Rückgut: Korngrößen unter 4 mm; Feuchtegehalt unter 45%

m_4 Rückgut: Korngrößen unter 4 mm; Feuchtegehalt unter 20%

Bild 1. Grundprozeß des Feststoffverfahrens.

Die weiteren Ausführungen sind beschränkt auf den Kompostierungsprozeß und den Einfluß einiger Faktoren auf die Struktur und das Selbsterhitzungsverhalten von Komposthaufwerken aus Gemengen von Rinderflüssigmist und Feststoff. Dabei wird auf die folgenden Faktoren eingegangen:

- Feuchtegehalt des Flüssigmistes
- Feuchtegehalt des Gemenges
- Schütthöhe und
- Grobstruktur (Krümel, Preßlinge).

Die Struktur des Haufwerkes wird beschrieben durch die Größen

- Feuchtegehalt
- Schüttdichte
- Luftvolumenanteil und
- Strömungswiderstand.

Die einzelnen Stoffumsetzungen während des Kompostierungsprozesses bleiben außer Acht, untersucht wird die Stärke der Aktivität der Mikroorganismen während der Kompostierung. Als Maßstab der mikrobiellen Aktivität werden herangezogen:

- der Temperaturverlauf,
- die Höchsttemperatur bei der Erhitzung,
- die Zeit bis zum Erreichen der Höchsttemperatur und
- der Sauerstoffverbrauch.

Die Versuchsergebnisse stammen aus Versuchen im Labormaßstab mit Reaktorvolumen von 15, 30 und 35 bis 247 l. Auf eine Überprüfung der im Labormaßstab gewonnenen Ergebnisse im halbttechnischen bzw. technischen Maßstab wird nur kurz eingegangen.

4. Bedeutung der Struktur für die Selbsterhitzung

Aus wirtschaftlichen Gründen ist eine schnelle und intensive Selbsterhitzung sinnvoll. Um die dafür notwendige maximale Aktivität der Mikroorganismen zu erreichen, muß deren Sauerstoffversorgung gesichert sein. Eine ausreichende und ausgewogene Nährstoffversorgung sowie ein günstiger pH-Wert seien vorausgesetzt.

Das Porensystem eines Komposthaufwerkes darf daher nur soweit mit Wasser gefüllt und so engporig sein, daß ein Gasaustausch möglich ist. Dabei sind natürlich die Anforderungen an die Beschaffenheit des Porensystems bei Zwangsbelüftung geringer als bei einem selbsttätigen Gasaustausch, bei dem überwiegend Diffusionsvorgänge den Gasaustausch bewirken. Eine starke Intensivierung des selbsttätigen Gasaustausches ist zudem bei zunehmender Erwärmung des Kompostes durch den Wärmehauftrieb zu erwarten. Eine Kaminwirkung in Rottezellen kann zusätzlich den Gasaustausch intensivieren.

Beim Vermengen von Flüssigmist und Rückgut, dessen Korngrößen unter etwa 4 mm liegen, ergibt sich bei Feuchtegehalten zwischen 35 und 55 % ein krümeliges Gut mit einem Durchmesser der Krümel von wenigen μm bis zu etwa 3 cm, **Bild 2**. Dieses Bild zeigt das krümelige Gut in lockerer Schüttung. Die Kompostierungsversuche wurden mit diesem Gut durchgeführt. Alternativ zu der sich ergebenden Krümelstruktur wurden Kompostierungsversuche mit Preßlingen durchgeführt, **Bild 3**. Die Preßlinge wurden aus dem krümeligen Gut auf einer Strangpresse hergestellt. Sie haben einen Durchmesser von 34 mm bei einer mittleren Länge von 50 mm.



Bild 2. Gemenge aus Rückgut und Flüssigmist (Rind) in Krümelform.



Bild 3. Gemenge aus Rückgut und Flüssigmist (Rind) in Preßlingsform.

4.1 Sauerstoffbedarf

Zur Einschätzung der Fähigkeit eines Komposthaufwerkes sich selbsttätig mit Sauerstoff zu versorgen, muß dessen Sauerstoffbedarf bekannt sein. Auf Angaben aus dem Schrifttum konnte nicht zurückgegriffen werden, da diese stark voneinander abwichen oder sogar widersprüchlich waren. Aus diesen Gründen wurden eigene Versuche zur Ermittlung des Sauerstoffbedarfs durchgeführt.

Zur Erklärung der Methodik bei der Ermittlung des Sauerstoffbedarfs zeigt **Bild 4** die Versuchsanordnung mit den wesentlichsten Elementen:

- 30 l-Reaktor g im Klimaschrank mit Temperaturdifferenzregelung h
- Wasserabscheider l mit kontinuierlicher Erfassung des Wassergehaltes in der Abluft und
- den Meßgeräten zur Erfassung des Sauerstoff- und des Kohlendioxid-Gehaltes in der Abluft p, q.

Wie aus der Höhe des Sauerstoffverbrauchs in Abhängigkeit von der Rottetemperatur bei etwa gleichen Belüftungsraten zu erkennen ist, ist der Sauerstoffverbrauch temperaturabhängig, **Bild 5**.

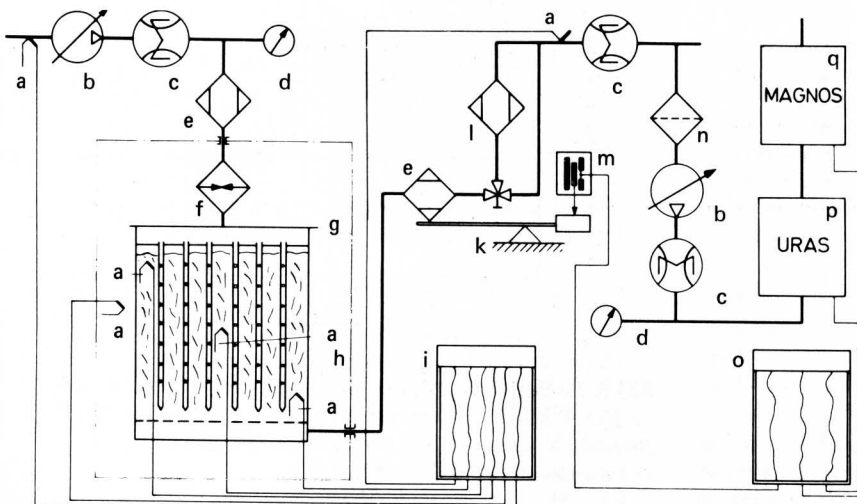


Bild 4. Versuchseinrichtung zur Ermittlung des Sauerstoffverbrauchs bei der Selbstheizung.

- | | | | |
|---|------------------|----|---------------------------|
| a | Thermoelemente | k | Waage |
| b | Verstellpumpen | l | Wasserabscheider |
| c | Volumenmesser | u. | Filter |
| d | Manometer | m | Weggeber |
| e | Trockner | n | Filter |
| f | Vorwärmer | o | Linienschreiber |
| g | Versuchsbehälter | p | CO ₂ -Meßgerät |
| h | Klimakammer | q | O ₂ -Meßgerät |
| i | Punktdrucker | | |

Das Maximum des Sauerstoffbedarfs liegt bei 45–55 °C. Wieweit dieses Ergebnis für Rindermist auf andere Mist- und Schlammarten übertragen werden kann, ist nicht bekannt. Zumindest deuten Versuche anderer Autoren auf eine Stoffabhängigkeit des Sauerstoffbedarfs hin, ebenso wie auf eine Temperaturabhängigkeit des maximalen Sauerstoffbedarfs. Eine Gesetzmäßigkeit ist nicht bekannt. Die Haufwerkstruktur muß nun so beschaffen sein, daß der Maximal-Sauerstoffbedarf gedeckt werden kann.

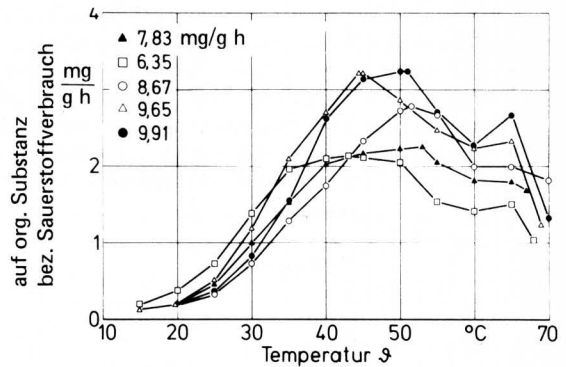


Bild 5. Sauerstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Temperatur bei verschiedenen Sauerstoffangeboten, Rückgut-Flüssigmist-Gemenge (Rind), Feuchtegehalt $U_1 = 45-50\%$.

4.2 Feuchtegehalt des Flüssigmistes

Der Feuchtegehalt des Flüssigmistes, der die Nährstoffkonzentration im Gemenge bestimmt, wirkt sich sowohl auf die Struktur des Haufwerkes als auch auf die Selbsterhitzung aus. Die beiden Diagramme in **Bild 6** zeigen die Schüttdichte bzw. den Luftvolumenanteil in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt krümeliger Gemenge. Dabei handelt es sich um Gemenge aus Rückgut und natürlich anfallendem Flüssigmist bzw. Wasser, die zum einen in lockerer Schüttung in einer 0,5 m hohen Schicht, zum anderen in gestampfter Form vorliegen. Die Gemenge aus Rückgut und Wasser sind Gemengen mit extrem stark verdünntem Flüssigmist gleichzusetzen. Das Stampfen der Krümel vermittelt einen Eindruck des Verhaltens der Gemenge unter mechanischer Beanspruchung. Zwischen beiden jeweiligen Kurvenverläufen liegen alle anderen Gemenge mit Flüssigmist unterschiedlicher Konzentration.

Ausgehend vom Rückgut m_4 nimmt die Schüttdichte bis zu einem Feuchtegehalt von etwa 40 % ab. Folglich nimmt der Luftvolumenanteil zu. Während in diesem Bereich der Feuchtegehalte keine Unterschiede zwischen den Strukturen der Gemenge mit Flüssigmist einerseits und Wasser andererseits bestehen, treten bei zunehmenden Feuchtegehalten der Gemenge stärker werdende Unterschiede auf. Die Zunahme der Schüttdichte ist bei Gemengen mit Flüssigmist sehr viel geringer als bei den Gemengen mit Wasser.

Entsprechend verhalten sich die Luftvolumenanteile. Die Ursachen des unterschiedlichen Verhaltens der Gemenge sind in der Krümelbildung zu suchen, die augenscheinlich bei Zumengen von Flüssigmist eine andere ist als bei Wasser. Bei Gemengen aus Rückgut und Wasser bleibt die Einzelkornstruktur auch bei Feuchtegehalten über 40 % im wesentlichen erhalten, abgesehen von einer Anlagerung der sehr feinen Bestandteile an die größeren.

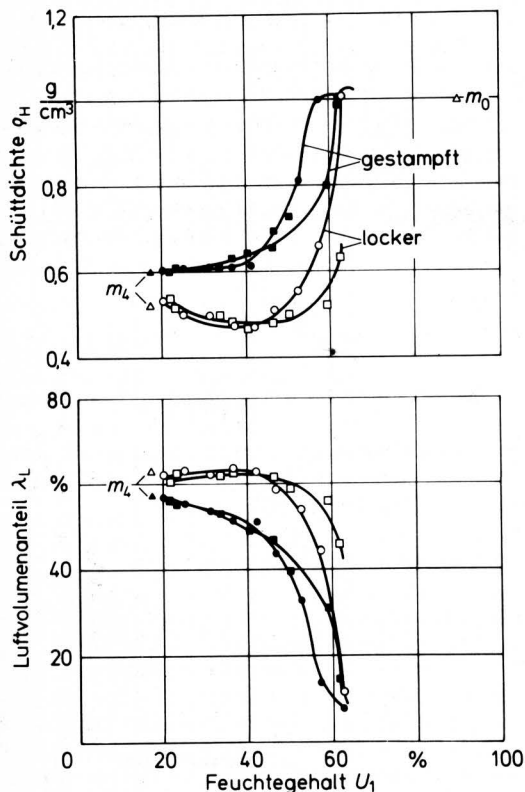


Bild 6. Schüttdichte und Luftvolumenanteil in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt des Gemenges bei Gemengen mit Flüssigmist (Rind) bzw. Wasser.

- Flüssigmist, $U_0 = 90,2 \%$
- Wasser

Bei den Gemengen aus Rückgut und Flüssigmist verbinden sich die Einzelkörner zu größeren Aggregaten, es entsteht eine schwammartige Struktur. Dies führt bei Feuchtegehalten bis zu etwa 40 % zur Abnahme der Schüttdichte und Zunahme des Luftvolumenanteils. Über 40 % Feuchtegehalt verbinden sich die Aggregate zu ständig größer werdenden Aggregaten, die wenig Luft einschließen und bei einem Feuchtegehalt von etwa 60 % in einen dickbreiigen Zustand mit noch geringeren Lufteinschlüssen übergehen.

Das unterschiedliche Verhalten der Gemenge mit Wasser bzw. Flüssigmist bei Feuchtegehalten über 40 % muß in den Unterschieden der Zusammensetzung der beiden Flüssigkeiten zu suchen sein. Der wesentliche Unterschied liegt im Vorhandensein von kolloidalen Bestandteilen, Schleimstoffen sowie Ionen und Salzen im Flüssigmist. Die Eigenschaften dieser Bestandteile in Gemengen mit fein zerkleinerten Trockenstoffen dürften die Ursache für die geringeren Schüttdichten und höheren Luftvolumenanteile dieser Gemenge sein. Die Kolloide, Ionen und Salze bewirken eine Flockung und damit eine geringere Dichte.

Der Einfluß des Trockenmassegehaltes des Flüssigmistes auf die Stampfdichte wird erst bei Feuchtegehalten um 60 % deutlich. Die Gemenge mit Flüssigmist sind gegenüber Stampfen empfindlicher. Das läßt eine leichtere Verschiebbarkeit der Einzelpartikel aufgrund der Schleimstoffgehalte im Mist vermuten.

Der Temperaturverlauf von Gemengen mit gleichen Feuchtegehalten, hergestellt durch Vermengen von Trockengut mit Flüssigmist unterschiedlichen Feuchtegehaltes U_0 , zeigt eine Verzögerung des

Temperaturanstieges und geringere Höchsttemperaturen mit Zunahme des Feuchtegehaltes des Flüssigmistes, also mit abnehmender Nährstoffkonzentration, **Bild 7**.

Die Höchsttemperaturen in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt der Gemenge zeigen eine stärkere Erwärmung der Gemenge mit unverdünntem Flüssigmist, im Vergleich zu denen mit verdünntem Mist, **Bild 8**. Der Bereich der Feuchtegehalte der Gemenge, in dem die höchsten Temperaturen erreicht werden, liegt zwischen 45 und 55 %. Die Erwärmungszeiten unterstützen diese Aussage. Danach werden die Höchsttemperaturen umso schneller erreicht, je konzentrierter der zugesetzte Flüssigmist ist.

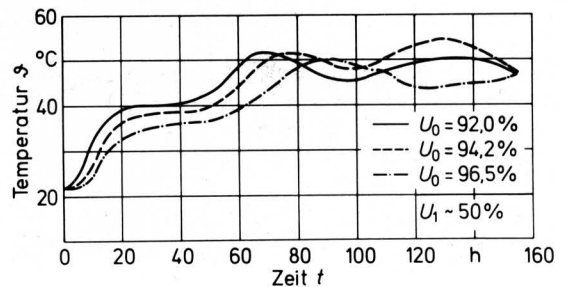


Bild 7. Temperaturverlauf bei der Selbsterhitzung von Gemengen aus Rückgut und Flüssigmist (Rind) unterschiedlicher Konzentration.

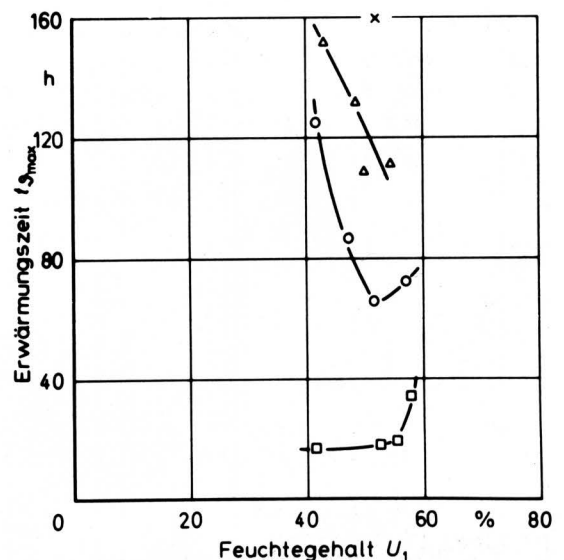
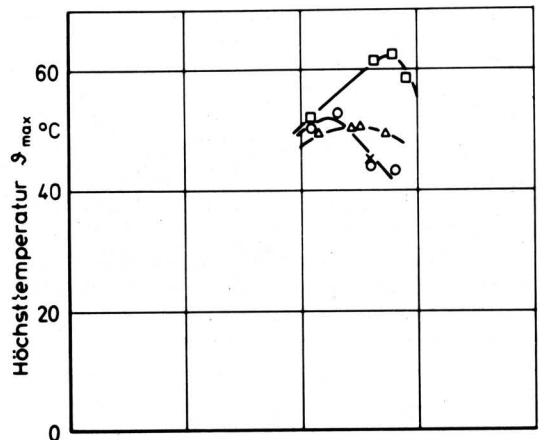


Bild 8. Höchsttemperatur und Erwärmungszeit bei der Selbsterhitzung in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt von Gemengen aus Rückgut und Flüssigmist (Rind) unterschiedlicher Konzentration.

- x $U_0 = 100 \%$
- $U_0 = 92,3 \%$
- Δ $U_0 = 96,7 \%$
- $U_0 = 84,6 \%$

4.3 Schütthöhen und Grobstruktur

In ruhenden Haufwerken beeinflusst die Schütthöhe mit ihren Auswirkungen auf das Luftporenvolumen den Austausch der Atemgase. Eine Stabilisierung der inneren Haufwerkstruktur ist über die Höhe des Feuchtegehaltes des Gemenges zu beeinflussen. Mit abnehmenden Feuchtegehalten des Gemenges verringert sich die plastische Verformbarkeit der Krümel bzw. Preßlinge. Der Anspruch der Mikroorganismen an den Gehalt an Wasser setzt allerdings eine untere Grenze des Feuchtegehaltes, die zwischen 35 und 40 % liegt.

Der Luftvolumenanteil blieb bei Preßtopfversuchen bei einer Druckbelastung entsprechend einer 4 m hohen Gutsäule in den untersten 0,5 m über 40 % (bei Feuchtegehalten unter 46 %). Diese Aussage trifft sowohl für krümelige Gemenge als auch für Preßlinge zu. Im Hinblick auf Veränderungen der Schüttdichte und des Luftvolumenanteils bei Druckbelastung bestehen unabhängig vom Feuchtegehalt nur geringfügige Unterschiede zwischen krümeligen und brikettierten Gemengen.

Trotz gleicher Schüttdichten und Luftvolumenanteile krümeliger und brikettierter Gemenge gleicher Feuchtegehalte besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Strukturen in der Porengrößenverteilung. Da keine einfache Methode bekannt ist, die Porengrößenverteilung in Haufwerken von Kompost zu bestimmen, wurde der Strömungswiderstand ermittelt, der direkt von der Porengrößenverteilung abhängig ist.

Die Versuchseinrichtung zur Ermittlung des Strömungswiderstandes und der Selbsterhitzung für Schütthöhen bis zu 3,5 m zeigt Bild 9. Bei dieser Versuchseinrichtung handelt es sich um beidseitig offene Zylinder von jeweils 0,5 m Höhe und einem Volumen von 35 l, die bis zu einer Gesamthöhe von 3,5 m übereinandergesetzt werden können. Der unterste Zylinder ist mit einem Drahtgitter verschlossen. Bei der Anordnung I kann die von unten einströmende Luftmenge mit Hilfe eines Hitzdraht-Anemometers bestimmt werden. Zur Temperaturmessung befindet sich im Zentrum eines jeden Zylinders ein Thermolement.

Bei der Versuchsanordnung II wird die Gutsäule durch ein Gebläse von unten mit unterschiedlicher Luftgeschwindigkeit angeblasen. Der Strömungswiderstand kann direkt an einem Manometer abgelesen werden.

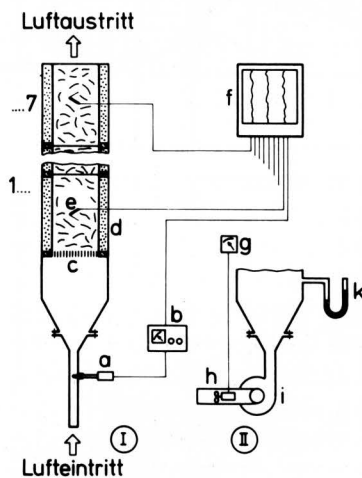


Bild 9. Versuchseinrichtung zur Bestimmung des Selbsterhitzungsverhaltens und des Strömungswiderstandes für Schütthöhen bis zu 3,5 m.

Anordnung I: Selbsterhitzungsverhalten
Anordnung II: Strömungswiderstand

- | | |
|--|---|
| a Hitzdraht-Anemometer | f Punktdrucker für Temperatur und Luftgeschw. |
| b Anzeigegerät für Hitzdraht-Anemometer | g Anzeigegerät für Flügelrad-Anemometer |
| c Drahtgitterboden, Maschenweite 10 mm | h Flügelrad-Anemometer |
| d Rottebehälter aus PVC | i Gebläse |
| e Höhe 0,50 m, Durchmesser 0,31 m, Isolierung 50 mm Styropor | k U-Rohr-Manometer |
| f Thermolement | |
| 1... 7 Anzahl der übereinander gesetzten Segmente | |

Den Unterschied zwischen dem Strömungswiderstand von Krümeln und Preßlingen bei unterschiedlichen Luftgeschwindigkeiten zeigt Bild 10. Der bezogene Druckverlust Δp ist bei krümeligen Gemengen etwa 100 mal größer als bei brikettierten Gemengen. Verantwortlich für diese Erscheinung ist der Durchmesser der Poren im Haufwerk. Der Unterschied zwischen beiden Gemengestrukturen findet seinen Niederschlag im Selbsterhitzungsverhalten, Bild 11.

Dieses Bild zeigt beispielhaft den Selbsterhitzungsverlauf von Krümeln und Preßlingen in verschiedenen Meßpunkthöhen einer 2 m hohen Säule. Es zeigt sich, daß sich Krümel (oberes Diagramm) nur in der oberen 0,5 m starken Schicht bis in den Bereich thermophiler Mikroorganismen erhitzen können, während die darunterliegende Säule von 1,5 m nur einen schwachen Temperaturanstieg hat. Bei Preßlingen (unten) dagegen ist zu beobachten, daß sich die oberen 1,5 m der Gutsäule spontan auf über 50 °C erhitzen, während die unteren 0,5 m unter 40 °C bleiben.

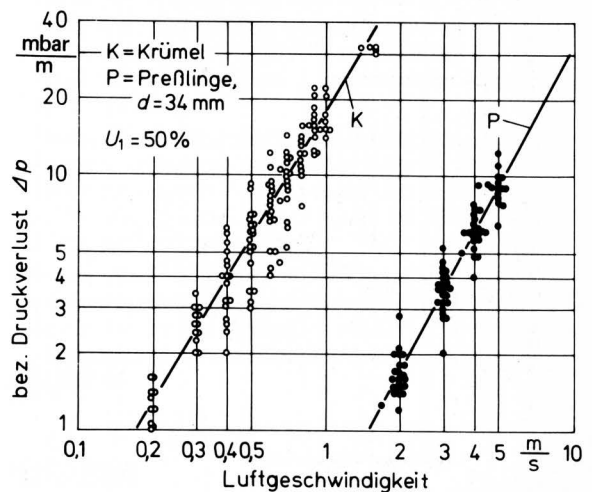


Bild 10. Bezogener Druckverlust in Abhängigkeit von der Luftgeschwindigkeit bei Gemengen in Krümelform K und in Preßlingsform P.

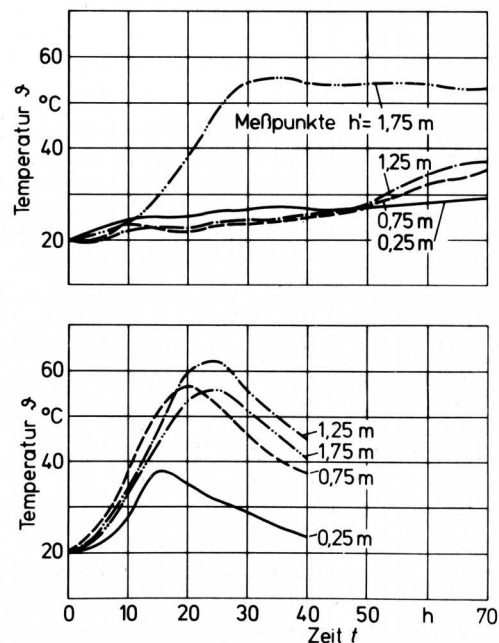


Bild 11. Temperaturverlauf bei der Selbsterhitzung von Gemengen in Krümelform (oben) und in Preßlingsform (unten) an verschiedenen Meßpunkten einer 2 m hohen Gutsäule.

Dieses Verhalten war durchweg bei Schütthöhen bis zu 3,5 m zu verzeichnen, Bild 12. Im oberen Diagramm sind die Höchsttemperaturen in Abhängigkeit von der Höhe des Meßpunktes bei unterschiedlich hohen Gutsäulen aus Krümeln dargestellt, im unteren Diagramm für Preßlinge. Krümel können sich nur in den obersten 0,5 m intensiv erhitzen, Preßlinge dagegen in allen Schichten über 0,5 m. Aus diesem Verhalten ist zu folgern, daß Krümel in einer Säule bei Schütthöhen von über 0,5 m nur von der Oberseite der Schüttung mit Luftsauerstoff versorgt werden, während bei Preßlingen die Luftzufuhr vor allem von der Unterseite her erfolgt, wo bei die unterste Schicht durch die einströmende Luft abgekühlt wird. Diese Vermutungen werden durch die Messungen des Luftwechsels in der Gutsäule bestätigt, Bild 13 und 14.

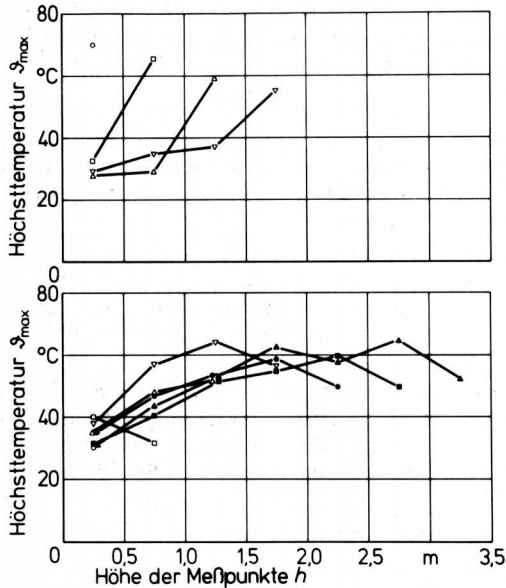


Bild 12. Höchsttemperaturen bei der Selbsterhitzung von Gemengen in Krümel- (oben) und in Preßlingsform (unten) in verschiedenen Höhen unterschiedlich hoher Säulen.

Höhe der Gutsäule:
 ○ 0,5 m ● 2,5 m
 □ 1,0 m ■ 3,0 m
 △ 1,5 m ▲ 3,5 m
 ▽ 2,5 m

Das obere Diagramm zeigt den Luftwechsel in Abhängigkeit von der Verweilzeit bei Krümeln unterschiedlicher Schütthöhen. Der Luftwechsel gibt an, wie oft das gesamte Luftvolumen in der Gutsäule in einer Stunde theoretisch ausgetauscht wird. Im unteren Diagramm ist das Verhältnis von Sauerstoffangebot und Sauerstoffbedarf in Abhängigkeit von der Verweilzeit dargestellt.

Bei der Berechnung des Luftwechsels und des Verhältnisses Sauerstoffangebot/Sauerstoffbedarf ist nur die von unten einströmende Luft berücksichtigt. Bei einer Schütthöhe von 0,5 m wird die Luft in der Gutsäule intensiv ausgetauscht, während bei größeren Schütthöhen der Luftwechsel rapide abnimmt. Wird das durch den Luftwechsel bestimmte Sauerstoffangebot auf den Sauerstoffbedarf bezogen, so ergibt sich, daß bei Schütthöhen über 0,5 m das Sauerstoffangebot den Bedarf nicht mehr decken kann. Die Ursache hierfür dürfte der große Strömungswiderstand der Krümel bei Schütthöhen über 0,5 m sein. Bei Preßlingen dagegen, Bild 14, ist der Luftwechsel unabhängig von der Schütthöhe ausreichend und das Sauerstoffangebot kann in jedem Falle den Bedarf decken.

Auf eine besondere Erscheinung bei der Selbsterhitzung von Preßlingen sei noch hingewiesen. Während das Luftvolumen in Haufwerken aus Krümeln und Preßlingen bei gleichen Feuchtegehalten nahezu gleich ist, beträgt das Luftvolumen im Preßling selbst nur etwa 5 %, wobei das durch Risse hervorgerufene Luftvolumen unberücksichtigt ist.

Werden Preßlinge während des Selbsterhitzungsprozesses aufgebrochen, so ist ein leicht fauliger Geruch festzustellen. Es herrschen im Innern des Preßlings zumindest teilweise anaerobe Verhältnisse. An der Oberfläche des Preßlings ist dagegen kein Fäulnisgeruch festzustellen. Bei fallenden Rottetemperaturen, d.h. nach einigen Tagen Rotte, ist dieser faulige Geruch im Innern der Preßlinge nicht mehr wahrnehmbar.

Vermutlich spielen sich vorwiegend an der Oberfläche der Preßlinge aerobe Prozesse ab, die allmählich in das Innere des Preßlings fortschreiten. Durch Gestaltung der Preßlinge als Hohlzylinder kann die Oberfläche des Preßlings vergrößert und die anaerobe Zone verkleinert werden.

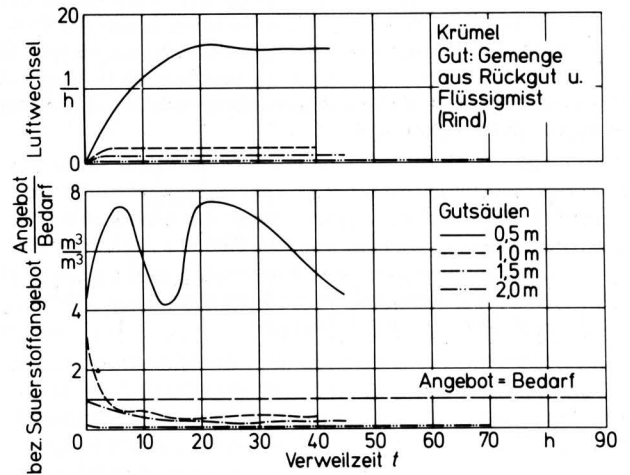


Bild 13. Luftwechsel und auf den Bedarf bezogenes Sauerstoffangebot während der Selbsterhitzung von Gemengen in Krümel-Form in unterschiedlich hohen Säulen (berechnet aus Analogaufzeichnung der Luftgeschwindigkeit).

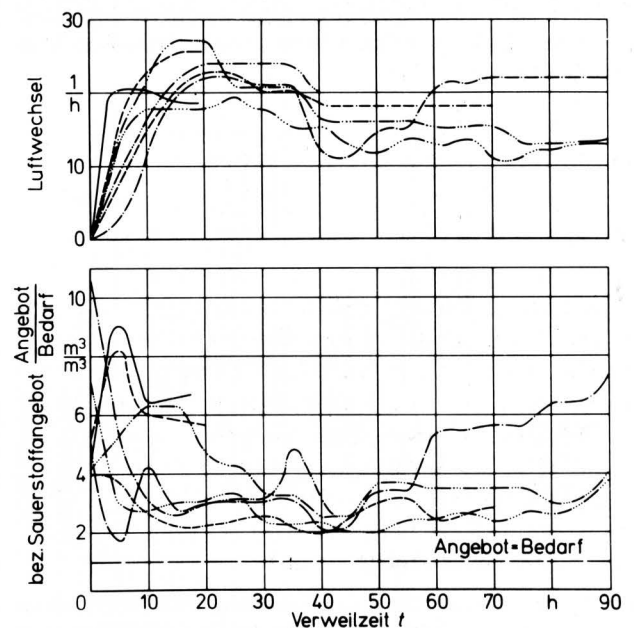


Bild 14. Luftwechsel und auf den Bedarf bezogenes Sauerstoffangebot während der Selbsterhitzung von Gemengen in Preßlings-Form in unterschiedlich hohen Säulen (berechnet aus Analogaufzeichnung der Luftgeschwindigkeit).

Höhe der Gutsäule:
 — 0,5 m - - - 2,5 m
 - - - 1,0 m ····· 3,0 m
 ····· 1,5 m ····· 3,5 m
 ····· 2,0 m

Die Versuchsergebnisse des Labormaßstabes konnten in einem 8 m³-Reaktor, der eine maximale Schütthöhe von 2,8 m zuließ, im wesentlichen bestätigt werden: Krümel konnten sich infolge Sauerstoffmangels bei Schütthöhen über 0,65 m nicht optimal erhitzen. Bei Preßlingen war selbst bei 2,8 m Schütthöhe das Sauerstoffangebot ausreichend, wenn auch in Zonen, die durch den Befüllvorgang verdichtet worden waren, Verzögerungen im Temperaturanstieg auftraten. Der in den Laborversuchen ermittelte optimale Feuchtegehalt der Gemenge von 45 bis 55 % muß für praktische Verhältnisse, also für Schütthöhen über 1 m, auf 40 bis 48 % korrigiert werden.

5. Zusammenfassung

Eine einwandfreie Selbsterhitzung von krümeligen Gemengen aus Flüssigmist und feinkörnigen Trockenstoffen ist bei selbsttätiger Belüftung bei Schütthöhen über 0,5 m nicht möglich.

Durch Verpressen des krümeligen Gutes zu Aggregaten kann ein Gasaustausch gesichert werden, der in Rottezellen eine Selbsterhitzung noch bei Schütthöhen von 2,8 m sicherstellt.

Durch das Feststoffverfahren mit Kompostierung verpreßter Gemenge ergibt sich eine Möglichkeit, schlammförmige Abfallstoffe ohne fremde Zusatzstoffe ohne Zwangsbelüftung zu kompostieren.

Schrifttum

- [1] *Schuchardt, F.*: Einfluß des ökologischen Faktors "Struktur" auf die Kompostierung von Flüssigmist-Feststoff-Gemengen. Diss. TU Berlin 1977; erschienen in *Landbauforschung Völknerode, Sonderh. 38 (1977)*.
- [2] *Baader, W.*: Die Behandlung tierischer Ausscheidungen nach biologisch-thermischen Verfahren mit Feststoffanreicherung. Vortrag auf der VDI-Tagung am 16.11.1973 in Braunschweig.
- [3] *Baader, W.*: Möglichkeiten und Grenzen der Feststoffkompostierung organischer Rückstände in der Landwirtschaft. *Landbauforschung Völknerode Bd. 24 (1974) S. 43/48*.
- [4] *Baader, W., F. Schuchardt, H. Sonnenberg u. H. Söchtig*: Die Gewinnung eines lagerfähigen und landwirtschaftlich nutzbaren Feststoffes aus Rinderflüssigmist. *Ber. Landw.; Sonderh. 192 (1975) S. 798/835*.
- [5] *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*.
- [6] *Baader, W., F. Schuchardt u. H. Sonnenberg*: Untersuchungen zur Entwicklung eines technischen Verfahrens für die Gewinnung von Feststoffen aus tierischen Exkrementen (2. Mitteilung). *Grundl. Landtechnik Bd. 26 (1976) Nr. 6, S. 234/44*.
- [7] *Baader, W., F. Schuchardt u. H. Sonnenberg*: Untersuchungen zur Entwicklung eines technischen Verfahrens für die Gewinnung von Feststoffen aus tierischen Exkrementen (3. Mitteilung). *Grundl. Landtechnik Bd. 27 (1977) Nr. 6, S. 184/90*.

Über die Kompostierung von Siedlungsabfällen unter Berücksichtigung mikrobieller Gesichtspunkte

Von Günter Niese, Gießen*)

DK 631.862:628.35:628.491

Durch mikrobielle Zersetzungsprozesse können organische Stoffe in Abfällen in einfache Verbindungen zerlegt werden und so wieder in den natürlichen Stoffkreislauf zurückkehren. Die aeroben Mikroorganismen, die an diesen Prozessen beteiligt sind, entwickeln ihre stärkste Aktivität bei ausreichender Versorgung mit Sauerstoff, Feuchtigkeit und Nährstoffen sowie bei günstigen Temperaturen. Für die Kompostierung stehen geeignete Verfahren zur Verfügung, die bei ordnungsgemäßer Durchführung umweltfreundlich arbeiten.

Inhalt

1. Mineralisation der organischen Substanz
2. Mikrobielle Wachstumsfaktoren und Selbsterhitzung
 - 2.1 Sauerstoff und Feuchtigkeit
 - 2.2 Nährstoffe
 - 2.3 Temperatur
3. Kompostierung von Siedlungsabfällen
 - 3.1 Müllstruktur und Selbsterhitzung
 - 3.2 Die Kompostierung von Siedlungsabfällen in Mieten
4. Zusammenfassung

1. Mineralisation der organischen Substanz

Die von den grünen Pflanzen gebildete und von Tier und Mensch umgewandelte organische Substanz wird von heterotrophen Mikroorganismen unter Sauerstoffaufnahme zu Kohlendioxid, Wasser und mineralischen Reststoffen oxidiert. Die in der organischen Substanz gebundene Energie wird von den Mikroorganismen für Stoffwechselprozesse verwendet oder als Wärme in Freiheit gesetzt. Wenn die Abgabe von Wärme an die kühlere Umgebung geringer ist als die Wärmebildung, kommt es zur Selbsterhitzung.

Korreferat zu: Einfluß der Haufwerkstruktur auf den Kompostierungsverlauf, dargestellt am Beispiel von Flüssigmist-Feststoff-Gemengen (*F. Schuchardt*).

*) Prof. Dr. Günter Niese, Institut für landwirtschaftliche Mikrobiologie der Justus Liebig-Universität Gießen.