

Untersuchungen zur Entwicklung eines technischen Verfahrens für die Gewinnung von Feststoffen aus tierischen Exkrementen

Mitteilung aus dem Institut für Landmaschinenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode
(erste Mitteilung)

Von W. Baader, F. Schuchardt und H. Sonnenberg,
Braunschweig-Völkenrode*)

DK 614.76:631.862

Auflagen zum Umweltschutz können dazu zwingen, daß tierische Exkremente einer besonderen Behandlung unterzogen werden müssen, damit sie während der Lagerung und bei der Ausbringung auf die landwirtschaftlichen Flächen keine Geruchsbelästigungen hervorrufen sowie hygienisch unbedenklich sind. Es wird ein Weg aufgezeigt, aus Flüssigmist einen geruchlosen Feststoff herzustellen, der frei ist von Krankheitserregern und Parasiten und einfach gehandhabt werden kann.

1. Einleitung

Von den in der Nutztierhaltung anfallenden tierischen Ausscheidungen können belästigende oder auch schädigende Umweltwirkungen ausgehen. Die Ursachen hierfür sind Geruchs- und Gasemissionen, die infolge der leichten biologischen Zersetzbarkeit der überwiegend organischen Verbindungen im Stall, bei der Lagerung und während der Ausbringung entstehen können. Ferner stellt bereits der natürliche Besatz an Krankheitserregern, wie Keime, Viren und Parasiten, eine latente Gefahr für Mensch und Tier dar [1, 2, 3]. Aber auch anorganische Bestandteile, z.B. Stickstoff und Phosphor, können je nach Bindungsform und Mengenanfall den Stoffhaushalt im Bereich Pflanze, Boden und Gewässer nachteilig beeinflussen [4].

Dieses Vorhaben ist Bestandteil des Forschungsschwerpunktes "Auswirkungen land- und forstwirtschaftlicher Produktionsprozesse auf die Umwelt" der Bundesforschungsanstalten im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie ein Beitrag zu einem Großforschungsvorhaben der Bundesforschungsanstalten auf dem Gebiet der Milchproduktion.

*) Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Baader ist Direktor des Instituts für Landmaschinenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode. Dipl.-Ing. agr. Frank Schuchardt und Dipl.-Ing. Hans Sonnenberg sind wissenschaftliche Mitarbeiter in demselben Institut.

Besondere Behandlungsmaßnahmen sind daher vor allem dann erforderlich, wenn

- die örtliche Konzentration größerer Tierzahlen dazu zwingt, die zur Verfügung stehenden Produktionsflächen über das landwirtschaftlich übliche Maß hinaus mit Exkrementen zu belasten,
- bei zunehmender Verflechtung landwirtschaftlicher Produktionsgebiete mit Gewerbe-, Wohn- und Erholungsgebieten Geruchsbelästigungen infolge konventioneller Handhabung der Exkremente auftreten, und
- die Gefahr besteht, daß während und nach der Ausbringung Krankheitserreger übertragen werden.

Verfahrenslösungen, die diese Probleme beseitigen sollen, müssen somit die Gewähr bieten, daß sowohl bei der Behandlung der Exkremente als auch bei der Lagerung der nach der Behandlung anfallenden Stoffe und bei deren Ausbringung auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen keine belästigenden Gerüche auftreten sowie Krankheitserreger abgetötet werden. Das Endprodukt des Behandlungsverfahrens soll hinsichtlich seiner Stoffzusammensetzung und seiner physikalischen Eigenschaften so beschaffen sein, daß eine gezielte Rückführung auf die Nutzflächen und damit eine weitgehende Steuerung der weiteren Stoffverlagerungen und -umwandlungen möglich ist, damit Ertrag und Qualität der Pflanzen und der aus ihnen gewonnenen Produkte nicht beeinträchtigt werden. Weiterhin dürfen weder Grund- und Oberflächenwasser verschmutzt werden noch negative Veränderungen der Bodenstruktur – beispielsweise durch Verschlammung und Verfestigung – eintreten. Schließlich muß das Endprodukt einfach und betriebssicher gehandhabt werden können.

Die Entscheidung, ob das Endprodukt in flüssiger oder in fester Form vorliegen soll, hängt von zahlreichen Faktoren ab, deren Bewertung für jeden Betrieb nur unter Berücksichtigung der jeweils gegebenen produktionstechnischen, ökonomischen und ökologischen Voraussetzungen möglich ist.

In dieser Arbeit wird über Untersuchungen berichtet, die eine Möglichkeit der Gewinnung eines lagerfähigen Feststoffes aus tierischen Exkrementen aufzeigen sollen.

2. Möglichkeiten der Gestaltung von Feststoffverfahren

Um die vorangestellten Ziele zu erreichen, sind im Prinzip unterschiedliche Verfahren zur Feststoffgewinnung denkbar, Bild 1. Allen gemeinsam ist die Verminderung des Feuchtegehaltes auf ein Maß, das von der Lagerhaltung und der Weiterverwendung des Endproduktes bestimmt wird und das in jedem Fall sicherstellt, daß unerwünschte Stoffumsetzungen vermieden werden. Ferner besteht die Möglichkeit, die bei der biologischen Behandlung oder auch in Einzelfällen bei der Trocknung auftretenden Temperaturen zur Abtötung von Krankheitserregern zu nutzen.

Der Feuchteentzug kann durch Trocknen bis zu einem Restfeuchtegehalt vorgenommen werden, bei dem im Endprodukt keine weiteren biologischen Umsetzungen und daher auch keine Geruchsemissionen mehr auftreten, Verfahren (1), in Bild 1. Das so gewonnene Endprodukt erfüllt zwar nahezu die genannten Bedingungen, doch sind die Verfahrenskosten wegen des hohen Energieaufwandes und der zur Geruchs- und Staubeseitigung erforderlichen Maßnahmen je nach Ausgangsfeuchtegehalt des zu trocknenden Gutes verhältnismäßig hoch [5]. Die Energiekosten für die Trocknung lassen sich bei hohen Ausgangsfeuchtegehalten durch mechanisches Abtrennen eines Teiles der Flüssigkeit senken (2). Das Filtrat enthält jedoch auch bei sehr wirksamen und dann teuren Trennverfahren immer noch unzulässig hohe Mengen biologisch und chemisch umsetzbarer Substanzen sowohl in dispergierter als auch in gelöster Form, so daß bei längerer Lagerung bis zum Ausbringen auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen eine biologische Nachbehandlung notwendig wird, falls Geruchsemissionen vermieden werden sollen und eine Hygienisierung notwendig ist. Geringere Verfahrenskosten ergeben sich eventuell durch Verwendung von Trocknerbauarten, die mit schüttfähigem Feuchtgut beschickt werden können. Hierzu wird eine Teilmenge des bereits getrockneten Gutes oder auch ein feuchtheadSORBIERENDER feinkörnig zerkleinerter Zuschlagstoff dem Naßgut beigemischt (3). Durch Kompaktieren zu einem grobkörnigen Granulat ist unter Umständen eine Verbesserung des Trocknungsvorganges möglich. Zum Anfahren des Prozesses bedarf es jedoch des Einsatzes eines Zuschlagstoffes.

Eine Alternative zum Trocknen stellt die biologische Behandlung der festen Phase unter Nutzung der dabei freigesetzten Wärme dar, wenn als Verfahrensziel die Gewinnung eines biologisch stabilen und hygienischen Feststoffes angestrebt wird. Der Restfeuchtegehalt des Endproduktes ist hier wesentlich höher als beim Trocknen, so daß geringere Energiekosten entstehen. Mit dem Verfahren (4) kann wie bei (2) die Flüssigkeit mechanisch soweit abgetrennt werden, bis der für den biologischen Prozeß erforderliche Feuchtegehalt erreicht ist. Auch hier treten wieder die für Verfahren (2) genannten Nachteile der Flüssigkeitsbehandlung auf. Die notwendige Senkung des Feuchtegehaltes erreicht man aber auch hier entweder durch Beimengen eines feuchtheadSORBIERENDEN Zuschlagstoffes zum Naßgut (5) (z.B. Müll zu Klärschlamm, Stroh oder Torf zu Flüssigmist) oder durch Beimengen von getrocknetem und zerkleinertem Rückgut, das vor der biologischen Stufe abgezweigt wird (6). Auch hier ist, wie bei Verfahren (3), zum Anfahren des Prozesses Zuschlagstoff notwendig.

Wird die biologische Behandlung über eine lange Zeitspanne sachgemäß, d.h. mit langandauernden exothermen Umsetzungen vorgenommen, wie z.B. bei der Gewinnung von Reifkompost aus Müll und Klärschlamm, so ist es möglich, falls Niederschlagfeuchte ferngehalten wird, den Feuchtegehalt so weit zu senken, daß ein Teilstrom des Trockengutes zur Feuchtebindung wieder rückgeführt werden kann (7). Allerdings besteht hierbei das Risiko, daß sich kein konstanter Feuchtegehalt einstellt. Wenn ein konstanter Feuchtegehalt gefordert ist, wird der Rückgutstrom über eine Trocknungsstufe geführt (8).

Bei den Verfahren (4) bis (8) erfolgt die biologische Behandlung entweder einstufig (Langzeitrotte mit Umsetzen, normalerweise in Form der Mietenkompostierung) oder mehrstufig durch Aufeinanderfolge von Vorrotte und Mietennachrotte (Vorrotte z.B. in Dano-Trommel, Multibaktor-Turm, Belüftungszelle [6], Bioreaktor Kneer [7]).

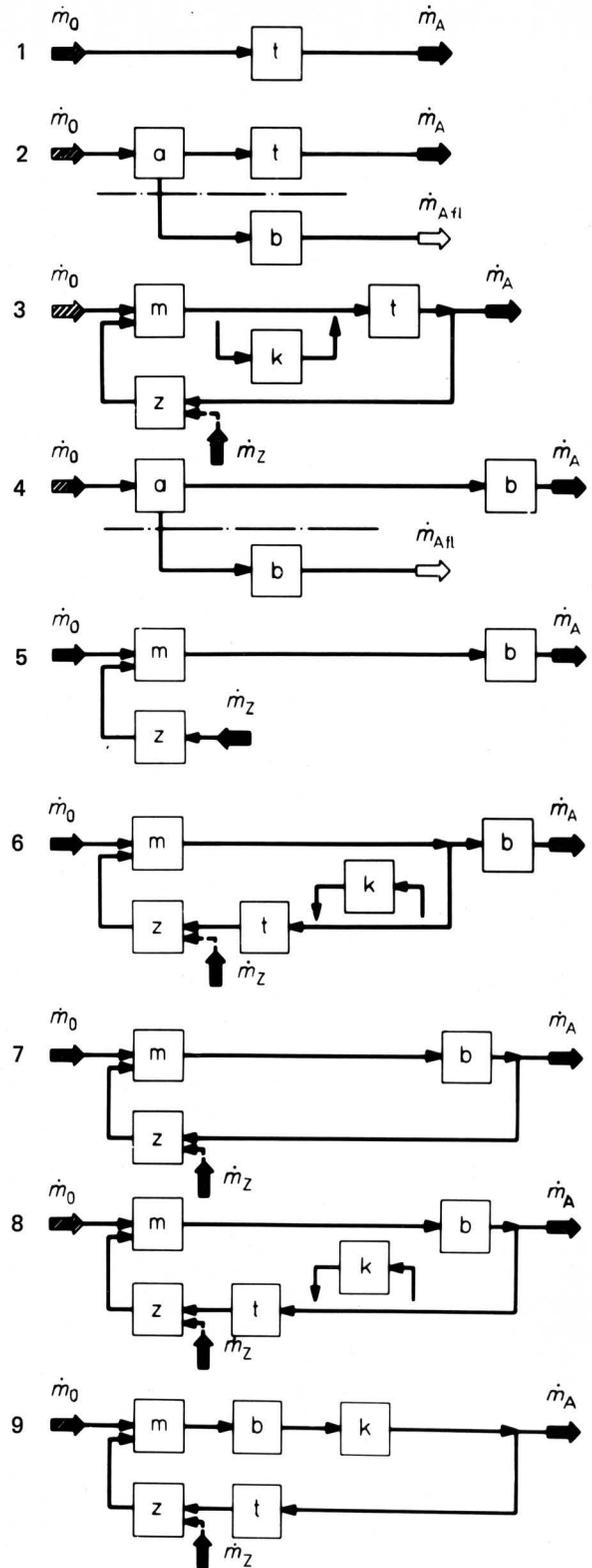


Bild 1. Blockfließbild für Verfahren zur Gewinnung von Feststoff aus Flüssigmist und anderen organischen Schlämmen:

\dot{m}_0	Flüssigmist	a	Flüssigkeit mechanisch abtrennen
\dot{m}_A	Feststoff	b	biologisch behandeln
$\dot{m}_{A\text{fl}}$	Flüssigkeit	k	kompaktieren
\dot{m}_Z	Zuschlagstoff	m	mischen
		t	trocknen
		z	zerkleinern

Eine kritische Bewertung der bisher aufgeführten Verfahren führt zu folgenden Aussagen:

- Die Verminderung des Feuchtegehaltes durch mechanische Abtrennung der Flüssigkeit ist mit einem hohen Aufwand für die Flüssigkeitsabtrennung sowie für die Nachbehandlung der Flüssigkeit verbunden – Verfahren (2) und (4);
- die thermische Entfeuchtung des biologisch unbehandelten Naßgutes durch Trocknen erfordert nicht nur hohe Energiekosten, sondern führt auch wegen der starken Geruchsemissionen zu Umweltbelastigungen, deren Verhinderung mit zusätzlichen Investitionen verbunden ist – Verfahren (1), (2), (3) und (6);
- wird zur Feststoffanreicherung dem Ausgangsnaßgut Fremdmaterial beigemischt, so besteht die Schwierigkeit, dieses immer rechtzeitig in gleichbleibender Qualität und preisgünstig bereitzustellen – Verfahren (5).
Vorteilhafter ist es daher, ein im Prozeß geeignet aufbereitetes Material als Zugabe zum Ausgangsnaßgut zurückzuführen – Verfahren (3), (6) bis (8).

Eine besondere Variante der Behandlungsverfahren mit Rückführung stellt das Verfahren (9) dar, bei dem aus Flüssigmist beliebigen Feuchtegehaltes durch Zugabe von rückgeführtem zerkleinertem Trockengut ein feuchtkrümeliges Gut hergestellt wird, das einer biologischen Behandlung unter aeroben Bedingungen unterworfen wird. Das Material wird anschließend zu Aggregaten verpreßt. Dadurch ist sichergestellt, daß das rückgeführte Gut energiesparend (geringer statischer Druck des Gebläses, gute Luftverteilung auch bei großer Schütthöhe) getrocknet und das übrige Feuchtgut in luftdurchlässiger Schüttung gelagert und nach Abtrocknen unter Außenluftbedingungen einfach und staubfrei gehandhabt werden kann.

Diese Lösung, die zur weiteren Untersuchung ausgewählt wurde, läßt sich in einem geschlossenen Anlagensystem verwirklichen, das eine weitgehende Automatisierung zuläßt. Es ist aber auch eine "offene" Anordnung denkbar, z.B. durch zeitliche Dehnung der biologischen Behandlung über eine Mietenrotte – Übergang zu den Verfahren (7) bzw. (8) – oder durch Langzeitbelüftung mit unkonditionierter Frischluft, wodurch evtl. die Kosten für die Trocknung gesenkt werden können.

3. Modellversuche

3.1 Biologische Behandlung

Beim mikrobiellen Abbau der organischen Inhaltsstoffe tierischer Exkreme und der diesen gegebenenfalls beigemischten Zuschlagstoffe wird, soweit die Umsetzungen bei Luftzutritt, d.h. unter aeroben Bedingungen, ablaufen, neben den Stoffumsetzungsprodukten wie Wasser, Kohlendioxid und eventuell Ammoniak auch Wärme freigesetzt. Diese Stoffumwandlungsvorgänge kommen aber nur dann, bzw. lassen sich aufrecht erhalten, wenn Nährstoff-, Sauerstoff- und Feuchteangebot aufeinander abgestimmt sind. Sind die Wärmeverluste geringer als die erzeugte Wärme, dann können durch Selbsterhitzung Temperaturen bis 75 °C erreicht werden. Nach den von *Glathe* [8], *Pöpel* [6], *Niese* [9] und anderen Autoren [z.B. 10 bis 14] erarbeiteten Erkenntnissen über den mikrobiellen Abbau organischer Verbindungen in Abfallstoffen dient die Substrattemperatur als Indikator für den Ablauf eines biologischen Umsetzungsprozesses, der in erster Linie durch die Tätigkeit mesophiler und thermophiler Mikroorganismen abläuft.

In Vorversuchen, die mit 1 l-Dewar-Gefäßen nach der Methode von *Niese* [9] und isolierten 15 l-Behältern, **Bild 2**, mit verschiedenen Mischungen aus Rinderflüssigmist²⁾ und Feststoff durchgeführt wurden, zeigte sich, daß

²⁾Rinderflüssigmist wurde wegen seines im Vergleich zu Schweine- und Hühnerflüssigmist geringeren Gehaltes an mikrobiell leicht abbaubaren organischen Inhaltsstoffen vorzugsweise verwendet. Es wurde davon ausgegangen, daß positive Ergebnisse bei der biologischen Behandlung von Rinderflüssigmist einen Verfahrenserfolg auch bei entsprechender Behandlung von Schweine- und Hühnerflüssigmist erwarten lassen.

- Rinderflüssigmist mit einem Ausgangsfeuchtegehalt $U_0 = 0,88$, der mit feinerzkleinertem Stroh oder Heu soweit angereichert wird, daß die Feuchte gebunden ist, sich innerhalb von 30 bis 45 Stunden auf ca. 70 °C erhitzt;
- auch nach vielfacher Rückführung des gleichen, jeweils nach der Erhitzung bei Temperaturen um 60 °C getrockneten und in einer Hammerröhle zerkleinerten Gutes die Selbsterwärmungseigenschaft erhalten bleibt;
- mit Erhöhung der Lagerdichte des Gemenges durch Druckbelastung sich eine geringere Höchsttemperatur einstellt und sich die Zeitspanne, bis diese Höchsttemperatur erreicht ist, vergrößert;
- für die Selbsterwärmung keine zusätzliche Luftzufuhr notwendig ist;
- biologisch auf 60 ± 70 °C erwärmtes Gemenge aus Rinderflüssigmist und Feststoff einen erdig-aromatischen Geruch aufweist, der von Ammoniak überlagert ist, solange das Material warm ist;
- zu Preßlingen verformtes, biologisch behandeltes Material, das teils ohne teils mit Regenschutz 3 Monate lang der freien Luft ausgesetzt war, in feuchtem Zustand den Erdgeruch beibehält, in luftgetrocknetem Zustand jedoch geruchlos bleibt.

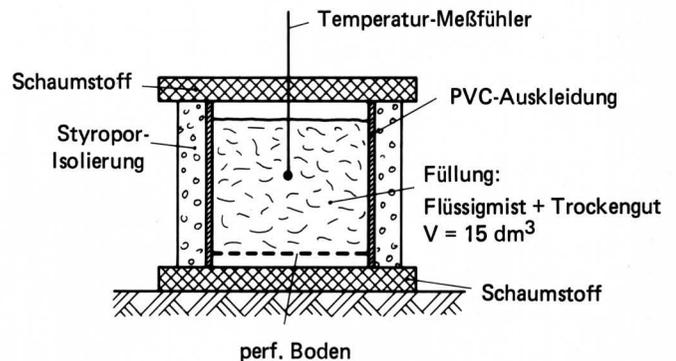


Bild 2. Versuchsbehälter für die Ermittlung des Selbsterwärmungsverhaltens von Flüssigmist-Trockengut-Gemengen.

Diese ersten Ergebnisse ließen vermuten, daß unter bestimmten Voraussetzungen über eine kurzfristige exotherme Vorrötte ein Rinderflüssigmist-Trockengut-Gemenge in ein lagerfähiges Produkt umgewandelt werden kann. Die durch mikrobiell freigesetzte Wärme im Substrat erreichbaren Temperaturen über 60 °C dürften auch eine weitgehende Hygienisierung sicherstellen [3].

Weitere Versuche geben Auskunft über den Einfluß von Veränderungen im Ausgangsfeuchtegehalt des Flüssigmistes (unterschiedliches Nährstoffangebot) und Feuchtegehalt des Gemenges (unterschiedliches Porenvolumen, d.h. Sauerstoffangebot) auf die erreichte Höchsttemperatur. In diese Versuche wurden auch Schweine- und Hühnerflüssigmist einbezogen.

Je nach Feinheitsgrad des Trockengutes sowie Feuchtegehalt und Feuchteverteilung in dem Gemenge stellt sich eine bestimmte Struktur ein. Diese ist gekennzeichnet durch Form und Größe der sich bildenden Krümelaggregate. Zur Charakterisierung der Struktur kann die Haufwerkdicke ρ_H benutzt werden, aus der sich bei Kenntnis der luftporenfreien Dichte $\rho_{H \max}$ der Luftporenanteil λ nach der Beziehung

$$\lambda = 1 - \frac{\rho_H}{\rho_{H \max}}$$

berechnen läßt. In **Bild 3** wird am Beispiel von Gemengen aus Rinderflüssigmist (Anfangsfeuchtegehalt $U_0 = 0,85$ ohne Wasser-, Einstreu- und Futterbeimengungen) und unterschiedlichen Mengen an zuschlagfreiem Rückgut (Feuchtegehalt $U_4 = 0,15$, zerkleinert mit einer Hammerröhle, Korngröße für 60 % der Gesamtmasse

zwischen 0,2 und 1,5 mm Siebmaschenweite) gezeigt, wie sich Dichte und Luftvolumenanteil mit dem Feuchtegehalt U_1 des Gemenges verändern.

Ausgehend von der Dichte $\rho_H \approx 1$ des flüssigen Kot-Harn-Gemenges ($U_1 = U_0 = 0,85$) führt die Zugabe von Trockengut zunächst zu höheren Dichtewerten, bis das Substrat vom flüssigen in den plastischen Zustand übergeht und sich die ersten Luftporen bilden, die einen plötzlichen Abfall der Dichte bewirken. Je mehr Trockengut zugegeben wird, desto krümeliger wird das Gemenge. Infolge des zunehmenden Luftvolumenanteils erreicht die Haufwerkdichte bei $U_1 = 0,50$ einen Tiefstwert. Bei noch stärkerer Anreicherung mit Trockengut stellt sich schließlich die Haufwerkdichte des Trockengutes ein. Die Kennlinie für die Höchstdichte $\rho_{H \max}$ (ohne Luftvolumenanteil) ist im flüssigen Bereich mit der Kennlinie für ρ_H identisch, strebt aber bei höheren Feststoffgehalten stetig dem Höchstwert für das Trockengut zu. Aus beiden Kennlinien ergibt sich durch Rechnung nach der o.g. Beziehung der Luftvolumenanteil λ . Im Umschlagpunkt vom flüssigen zum plastischen Zustand beginnend stellt sich mit abnehmendem Feuchtegehalt ein immer höherer Luftvolumenanteil ein, der dann einen konstanten Wert beibehält, sobald die Dichte zu einem Minimum geworden ist.

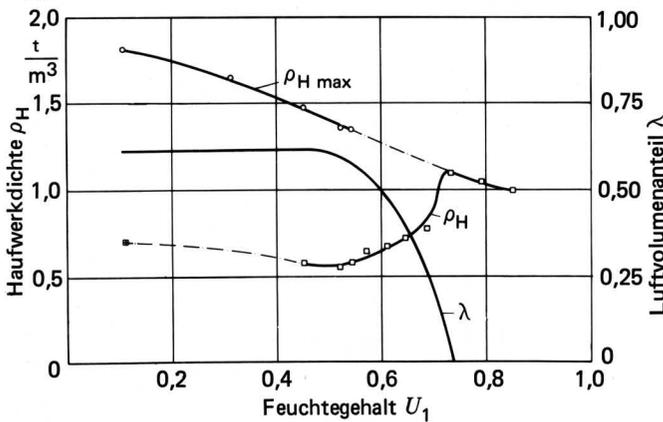


Bild 3. Haufwerkdichte und Luftvolumenanteil für Gemenge aus Rinderflüssigmist und trockenem, fein zerkleinertem Rückgut bei verschiedenem sich aus dem Mischungsverhältnis ergebenden Feuchtegehalt U_1 .

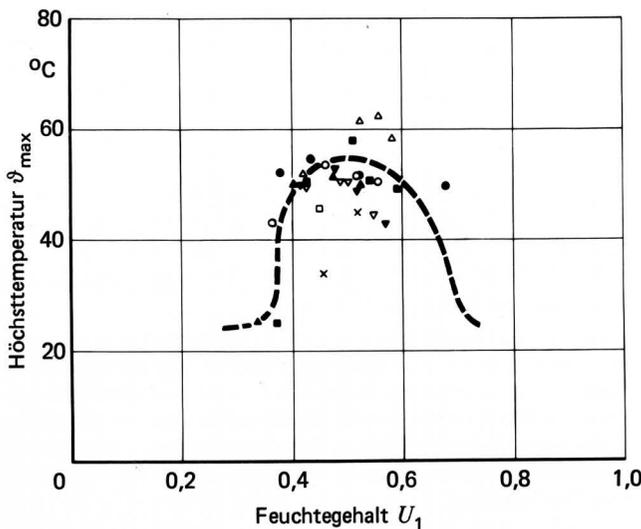


Bild 4. Höchsttemperatur infolge der Selbsterwärmung von Gemengen mit unterschiedlichem Feuchtegehalt U_1 aus Rinderflüssigmist (U_0) und Rückgut ($U_4 = 0,10 \div 0,13$).

$\triangle U_0 = 0,846$	$\circ U_0 = 0,942$
$\blacksquare = 0,910$	$\triangle = 0,965$
$\bullet = 0,920$	$\nabla = 0,967$
$\blacktriangledown = 0,923$	$\times = 1,000$

In **Bild 4** ist für Gemenge aus Rinderflüssigmist und Trockengut der Einfluß des Feuchtegehaltes auf die erreichbare Höchsttemperatur dargestellt. Bei allen Meßreihen mit zuschlagfreiem Rückgut als Trockengutkomponente stellte sich im Bereich des Gemengefeuchtegehaltes $0,40 < U_1 < 0,60$ ein ausgeprägtes Maximum der Temperatur ein. Ein Vergleich mit der Kennlinie des Luftvolumenanteils λ in **Bild 3** macht deutlich, daß das Temperaturmaximum im Bereich des höchsten Luftvolumenanteils auftritt. Auch bei größeren Feuchtegehalten, d.h. bei starker Verdünnung des Frischgutes, tritt keine Verschiebung des Optimalbereiches ein.

Auch für Gemenge aus Schweineflüssigmist mit verschiedenen Ausgangsfeuchtegehalten und zuschlagfreiem Rückgut wurden bei Feuchtegehalten des Gemenges zwischen $U_1 = 0,45$ und $U_1 = 0,55$, bei denen sich eine ausreichende Krümelhaftigkeit einstellte, die angestrebten Werte für die Höchsttemperatur erreicht, **Bild 5**.

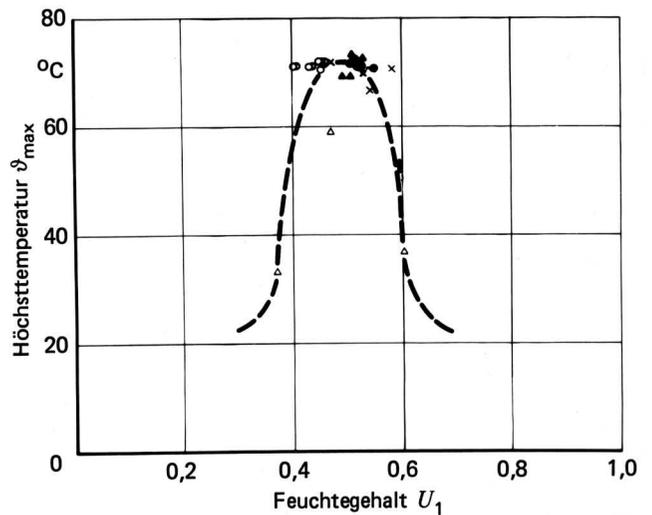


Bild 5. Höchsttemperatur infolge der Selbsterwärmung von Gemengen mit unterschiedlichem Feuchtegehalt U_1 ; hergestellt aus Schweineflüssigmist (U_0) und Rückgut ($U_4 = 0,10 \div 0,13$).

$\circ U_0 = 0,802$	$\bullet U_0 = 0,820$
$\triangle = 0,803$	$\blacktriangle = 0,849$
$\times = 0,808$	

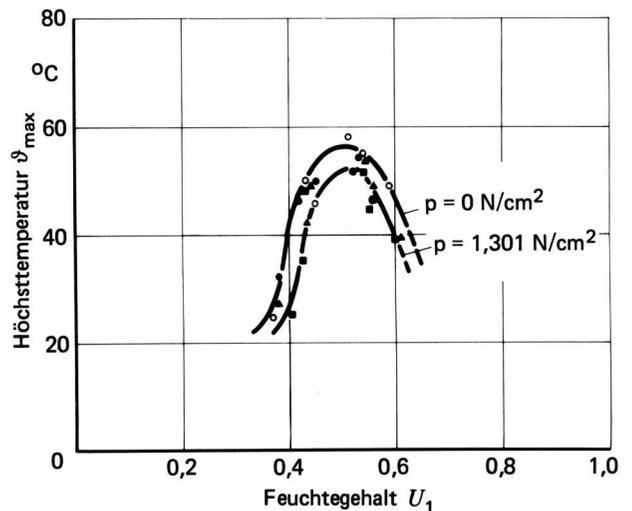


Bild 6. Höchsttemperatur infolge der Selbsterwärmung in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt der Rinderflüssigmist-Rückgut-Gemenge bei unterschiedlicher Druckbelastung (Einfluß des Luftvolumenanteils).

$U_0 = 0,911$	$\bullet p = 0,433 \text{ N/cm}^2$
	$\blacktriangle = 0,867 \text{ N/cm}^2$
	$\blacksquare = 1,301 \text{ N/cm}^2$

In Bild 6 wird deutlich, daß eine Verdichtung des Haufwerkes, in diesem Fall Rinderflüssigmist-Rückgut-Gemenge, bis zu einem Wert $p = 1,30 \text{ N/cm}^2$, der sich z.B. durch die Last einer 2 m hohen Haufwerkschicht einstellt, auf die erreichbare Höchsttemperatur einen nur geringen Einfluß hat. Allerdings verzögerte sich der Selbsterwärmungsvorgang mit zunehmender Verdichtung.

Die in den 15 l-Behältern durchgeführten Versuche zeigten, daß sich die Selbsterwärmung auf Temperaturen mit Hygienisierungswirkung auch dann einstellt, wenn der Ausgangsfeuchtegehalt des Flüssigmistes sehr hoch ist, d.h. ein geringes Nährstoffangebot vorliegt. Die angestrebten hohen Temperaturen stellen sich jedoch nur in einem begrenzten Bereich des Feuchtegehaltes des Gemenges ein, bei welchem eine stabile Krümelstruktur ein für die ungehinderte Entwicklung der Mikroorganismen ausreichendes Sauerstoffangebot sicherstellt. Die Temperaturen erreichen innerhalb von 2 bis 3 Tagen ihren Höchstwert und fallen dann wieder langsam. Bereits nach dieser verhältnismäßig kurzen Behandlungszeit hat das Gut den typischen Erdgeruch angenommen, dem sich, solange das Gut noch nicht abgekühlt ist, Ammoniakgeruch überlagert.

3.2 Trocknung

Während der biologischen Behandlung nimmt der Feuchtegehalt des Gutes nur geringfügig ab, da während der mikrobiellen Stoffumsetzung infolge der Erwärmung des Gutes zwar Wasser verdunstet und als Dampf herausdiffundiert, andererseits aber durch Oxydation wieder neues Wasser entsteht.

Es bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten, festzustellen, inwieweit durch Förderung des Gasaustausches und durch Veränderung der Verweilzeit des Gutes in der biologischen Stufe eine stärkere Entfeuchtung möglich ist und wie sich solche Maßnahmen auf die Kosten auswirken.

Das nach der biologischen Behandlung anfallende Gut stellt eine erdig krümelige, amorphe Masse dar, deren Feuchtegehalt im Bereich $0,45 < U_2 < 0,55$ liegt. Um ein Rückgut mit einem möglichst großen Feuchtebindungsvermögen zu erhalten, ist ein Feuchtegehalt anzustreben, der einerseits so gering ist, daß er einen hohen Zerkleinerungsgrad und damit eine große Adsorptionsoberfläche beim Rückgut sowie einen sicheren und energiesparenden Betrieb der Zerkleinerungsmaschine gewährleistet (Sprödbbruchverhalten), der andererseits aber auch nicht zu gering sein darf, damit der Energieaufwand für das Trocknen in Grenzen bleibt und das Gut nicht hydrophob wird. Nach den derzeitigen Erkenntnissen sollte der Feuchtegehalt des Trockengutes U_4 zwischen 0,15 und 0,25 liegen.

Aus der Forderung nach niedrigen Investitionskosten, geringem Bedienungs- und Wartungsaufwand und hoher Betriebssicherheit fiel die Wahl auf eine Trocknerbauart, bei der die Trocknungsluft eine dicke Schicht des ruhenden Trockengutes durchströmt, das zuvor durch Verpressen zu zylindrischen Aggregaten (20 mm Durchmesser, ca. 20 bis 100 mm Länge) in eine luftdurchlässige Schüttung überführt wird. Hierdurch verringert sich nicht nur der Strömungswiderstand für den Trocknungsluftstrom und damit der Leistungsbedarf für das Gebläse, es ist auch eher die Gewähr für eine gleichmäßige Verteilung der Trocknungsluft in der Schüttung gegeben, wodurch ebenfalls der Energieaufwand geringer wird.

Versuche mit einem Modelltrockner, Bild 7, gaben erste Auskunft über das Trocknungsverhalten eines derart aufbereiteten biologisch vorbehandelten Gutes. Insbesondere sollte dabei festgestellt werden, bei welchem Zustand der Trocknungsluft, gekennzeichnet durch Temperatur ϑ_L und relative Feuchte φ , der Feuchtegehalt des Gutes innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne t und für eine bestimmte Schütthöhe h vom Anfangswert $U_3 \approx 0,50$ auf den gewünschten Endwert U_4 gebracht werden kann. Bild 8 zeigt die Ergebnisse eines solchen Trocknungsversuches, für den am Trockneringang eine Lufttemperatur von $\vartheta_L = 35^\circ\text{C}$ und eine relative Feuchte von $\varphi = 0,40$ eingestellt worden waren. Der Anfangsfeuchtegehalt des Gutes betrug $U_3 = 0,49$.

Aus dem Verlauf der Kennlinien für den mittleren Feuchtegehalt des Trocknungsgutes in den einzelnen Schichten der Schüttung ist abgeleitet, zu welchen Zeiten der gewünschte Endfeuchtegehalt $U_4 = 0,15$ in den verschiedenen Schichthöhen erreicht wird. Für die Schichthöhe $h = 1 \text{ m}$ beträgt diese Zeit etwas über 2 Tage.

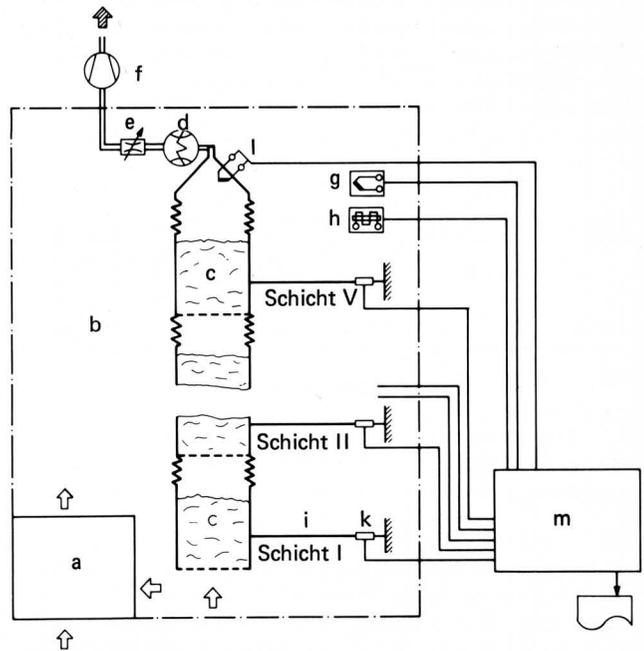


Bild 7. Versuchseinrichtung zur Ermittlung des zeitlichen Verlaufs der Trocknung bei Haufwerken größerer Schichthöhe.

- | | |
|----------------------------------|--|
| a Klimabereiter | g Raumtemperaturfühler |
| b klimatisierter Raum | h Raumfeuchtefühler |
| c Probenbehälter mit Versuchsgut | i Biegestab |
| d Luftvolumenmesser | k Dehnungsmeßstreifen |
| e Regulierventil | l Temperaturfühler |
| f Gebläse | m Meßwertverarbeitung
(Aufnahme bis Ausdruck) |

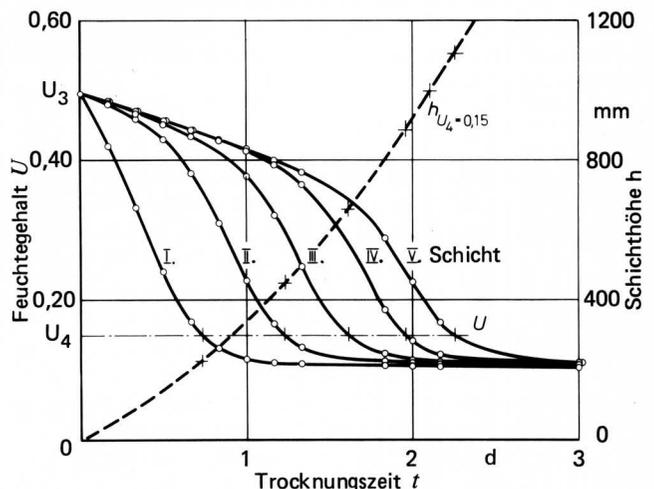


Bild 8. Zeitlicher Verlauf des Feuchtegehaltes in den einzelnen Schichten eines Haufwerkes aus aggregierten, biologisch vorbehandelten Rinderexkrementen bei Belüftungstrocknung in der Einrichtung nach Bild 7 und Schichthöhe h , in der der angestrebte Feuchtegehalt $U_4 = 0,15$ erreicht wurde.

- | |
|--|
| Lufttemperatur am Eingang $\vartheta_L = 35^\circ\text{C}$ |
| relative Luftfeuchte $\varphi = 0,4$ |
| Luftdurchsatz $\dot{V}_L^i = 800 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ |
| Höhe der Einzelschicht $h = 210 \text{ mm}$ |

Eine Vorstellung vom Einfluß der relativen Feuchte φ der Trocknungsluft gibt **Bild 9**, das den Trocknungsverlauf einer Einzelschicht ($h = 210 \text{ mm}$) bei der Lufttemperatur $\vartheta_L = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ für verschiedene Werte von φ zeigt.

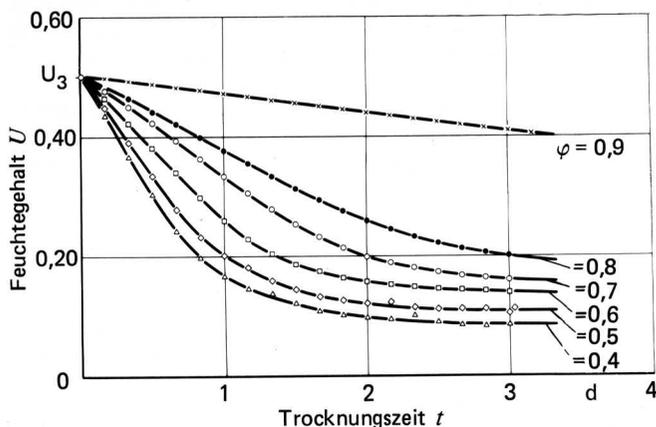


Bild 9. Einfluß der relativen Luftfeuchte auf den zeitlichen Verlauf des Feuchtegehaltes für eine Einzelschicht eines Haufwerks aus aggregierten, biologisch vorbehandelten Rinderexkrementen. $\vartheta_L = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $\dot{V}'_L = 800 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, $h = 210 \text{ mm}$

Daß ein gewisser Feuchteentzug auch mit unkonditionierter Außenluft mit sich ändernden Werten von Temperatur und relativer Feuchte möglich ist, zeigt **Bild 10**. Hier lagen günstige Luftzustände vor. Bei winterlichen Witterungsbedingungen und hoher Luftfeuchte kann die gewünschte Trocknung erst nach sehr langer Zeit oder gar nicht erreicht werden.

Die Beispiele aus den bisher durchgeführten Versuchen über das Trocknungsverhalten des in dem betrachteten Verfahren zur Rückführung vorgesehenen Gutes lassen bereits erkennen, daß der Zeitbedarf für den erforderlichen Feuchteentzug nur bei sehr günstigen Luftzuständen innerhalb der für die biologische Behandlung ermittelten Mindestverweilzeit liegt. Es bleibt den weiteren Versuchen vorbehalten, festzustellen, wie einerseits die Trocknungszeit und damit die Kosten für Behälter und Belüftung und andererseits die Erhöhung der Temperatur, d.h. eine Verringerung der relativen Feuchte der Trocknungsluft und damit die Energiekosten unter Berücksichtigung des wechselnden Zustandes der natürlichen Außenluft hinsichtlich der Gesamtkosten optimal aufeinander abgestimmt werden können.

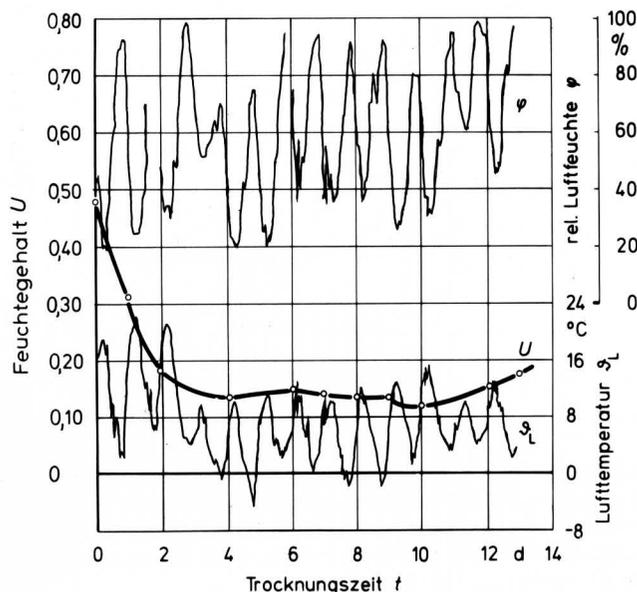


Bild 10. Trocknungsverlauf von aggregierten, biologisch vorbehandelten Rinderexkrementen bei Belüftung mit Außenluft. $\dot{V}'_L = 930 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, Gutmenge 10 kg , $h = 230 \text{ mm}$ Versuchszeit: April 1974

4. Versuche im halbertechnischen Maßstab

Die Ergebnisse der im Laboratoriumsmaßstab durchgeführten Versuche über die Selbsterwärmung und Trocknung geben zwar über die prinzipiellen Prozeßabläufe Auskunft, sie reichen jedoch nicht aus, um den technischen Ablauf eines vollständigen Verfahrens beurteilen und daraus dessen Funktionsfähigkeit und praktische Eignung im Betrieb bewerten zu können. Daher wurde zunächst eine Versuchsanlage im halbertechnischen Maßstab errichtet, die auch die Möglichkeit bietet, die zur Prüfung des Nutzwertes des Produktes erforderlichen Mengen in gleichartiger Beschaffenheit herzustellen.

4.1 Ausführung der Versuchsanlage

Der Aufbau der Versuchsanlage ist in **Bild 11** dargestellt. Der Flüssigmist wird aus einem Vorratsbehälter a von einer Exzentrerschneckenpumpe b dem Paddelschneckenmischer c zugeführt, der gleichzeitig mit zerkleinertem Trockengut aus dem Speicher h gespeist wird. Der Reaktor d, in den der Mischer das Gemenge unmittelbar abgibt, ist als vertikal stehender oben und unten offener Schacht mit quadratischem Querschnitt ausgeführt. Bei einer Höhe von 2 m beträgt das Nutzvolumen $1,6 \text{ m}^3$. Die Innenwände bilden 20 mm starke Platten aus Hart-Eternit. Als Isolation dient eine 50 mm starke Hartschaumabdeckung. Durch vier gleichmäßig über die Höhe einer Wandseite angeordnete Bohrungen können Sonden zur Temperaturmessung bis zur Querschnittsmitte in die Füllung eingesteckt werden. Mehrere sich paarweise gegensinnig drehende und mit Stiften besetzte Wellen, die den unteren Abschluß des Reaktorschachtes bilden, ermöglichen eine gleichmäßige Entnahme der Füllung. Eine Schneckenpresse e formt das ausgetragene Gut über eine Mehrlochmatrize (Lochdurchmesser 20 mm) zu Strangabschnitten unregelmäßiger Länge.

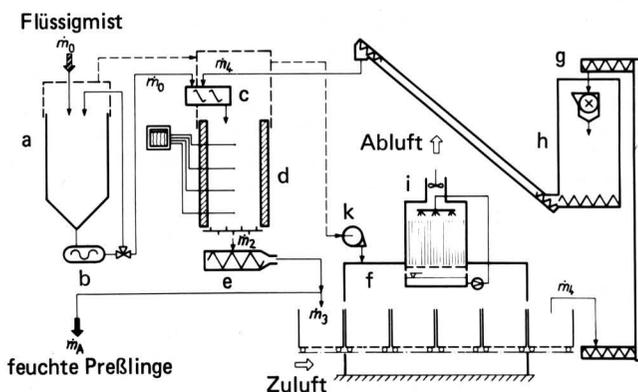


Bild 11. Versuchsanlage im halbertechnischen Maßstab.

- | | |
|----------------|------------------------------|
| a Vorratsstank | f Trockner |
| b Dosierpumpe | g Hammermühle |
| c Mischer | h Rückgutspeicher |
| d Reaktor | i Luftwäscher |
| e Presse | k Sauggebläse für Emissionen |

Eine Teilmenge dieses grob aggregierten Gutes wird über den Trockner f geführt und anschließend mit einer Hammermühle g zerkleinert. Der Trockner arbeitet nach dem Prinzip der Querstrombelüftung ohne Luftanwärmung. Das zu trocknende Gut durchwandert die Trocknerkammer in fahrbaren Behältern, die mit Siebböden ausgestattet sind. Die Trockenluft tritt durch eine bodennahe Öffnung in die Kammer ein, durchströmt die Trockengutsschüttung (Luftdurchsatz $\dot{V}'_L = 800 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ entsprechend einer Anströmgeschwindigkeit $v = 0,222 \text{ m/s}$, Schütthöhe $h = 400 \text{ mm}$) und anschließend den Luftwäscher i. Dessen Packung besteht aus einer

Vielzahl parallel in vertikaler Richtung angeordneter flexibler Isolierschläuche aus Plastikmaterial (gewellte Oberfläche, 20 mm Durchmesser, 1500 mm Länge). Über deren Oberfläche, die 710 m² beträgt, fließt Wasser, das an der oberen Stirnseite der Schlauchpackung über ein rotierendes Düsenystem aufgebracht wird, in einem dünnen Film gegen den Luftstrom abwärts. Eine Zahradpumpe hält den Wasserkreislauf aufrecht. Durch den Luftwäscher gelangen auch die aus dem Flüssigmistvorratstank und aus dem Reaktor strömenden Gase, die dort mit Folienhauben aufgefangen und von einem Gebläse in die Trocknerkammer gefördert werden.

4.2 Versuche und Ergebnisse

Die Anlage wurde vom Dezember 1972 bis Juni 1973 mit Rinderflüssigmist, vom August 1973 bis Februar 1974 mit Schweinemist und von März bis April 1974 nochmals mit Rinderflüssigmist betrieben. Während dieser Versuchsperioden galt das Hauptinteresse der Überwachung des Prozesses hinsichtlich der Temperaturentwicklung in den verschiedenen Schichthöhen des Reaktors, den Stoffumsetzungen und der Hygienisierungswirkung. Gleichzeitig erfolgte die Erprobung und Verbesserung der einzelnen Anlagenelemente.

Die Guttemperatur in der biologischen Stufe (Reaktor) diente auch beim Betrieb der Versuchsanlage als wichtigster Indikator für den Ablauf des mikrobiellen Prozesses. Die im Labor ermittelten günstigsten Werte des Feuchtegehaltes U₁ der Mischung führten im Versuchsreaktor ebenfalls zu den im Laborversuch erzielten hohen Guttemperaturen. Bei einem täglichen Austausch von einem Viertel der Füllung – entsprechend einer Verweilzeit von 4 Tagen – stellte sich in dem ersten Versuch mit Rinderflüssigmist sowie in den Versuchen mit Schweineflüssigmist in der Regel bereits innerhalb eines Tages die Höchsttemperatur ein. Diese nimmt über den zweiten und dritten Tag nur unwesentlich ab, um dann am vierten Tag im untersten Reaktorviertel auf etwa 70 ÷ 80 % des Höchstwertes zu sinken. Einen Überblick über den Temperaturverlauf im Reaktor gibt Bild 12 für vier nacheinander eingefüllte Tageschargen. In dem zweiten Versuch mit Rinderflüssigmist hingegen verzögerte sich der Temperaturanstieg infolge von Ungleichmäßigkeiten in der Struktur und Feuchteverteilung im Gemenge, die durch Änderungen am Mischer und an der Fördereinrichtung verursacht wurden.

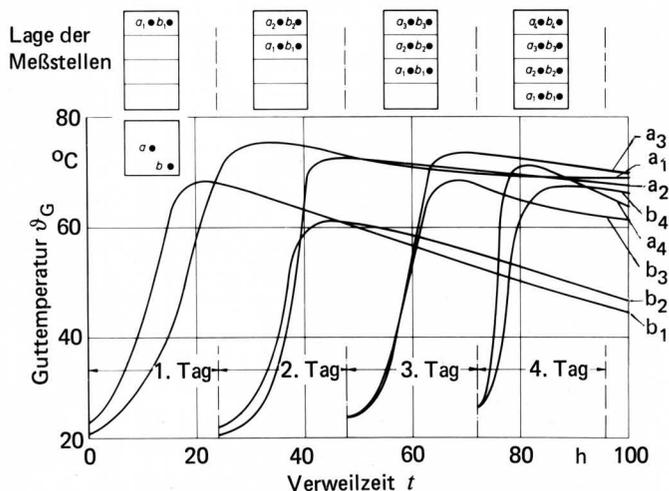


Bild 12. Zeitlicher Verlauf der Guttemperatur im Reaktor bei der Behandlung von Rinderflüssigmist (erster Versuchslauf).

Die Stoffumsetzungen können nach den in **Tafel 1** aufgeführten Kennwerten beurteilt werden. Es bestätigten sich die bereits im Laborversuch gewonnenen Ergebnisse, daß während des biologischen Prozesses weder eine nennenswerte Abnahme des Feuchtegehaltes noch ein wesentlicher Abbau organischer Substanz stattfindet. Es war jedoch auch hier festzustellen, daß der typische Frischmistgeruch einem erdig aromatischen Geruch weicht, der, solange das Gut warm ist, von Ammoniak überlagert wird. Die aus dem Gut an der oberen Reaktoröffnung austretenden Emissionen enthielten im wesentlichen Ammoniak, das im Luftwäscher eliminiert werden konnte. Der Abgang an Stickstoff ist verhältnismäßig hoch.

		Rind ¹⁾ n = 30			Schwein ²⁾ n = 10		
		Ø	Max	Min	Ø	Max	Min
Feuchtegehalt [-] U ₀	U ₀	0,895	0,910	0,883	0,934	0,964	0,886
	U ₁	0,501	0,578	0,467	0,576	0,618	0,510
	U ₂	0,482	0,564	0,453	0,553	0,600	0,514
Anteil der org. [-] Substanz an d. Trockenmasse ³⁾	oS ₀	0,763	0,790	0,726	0,754	0,801	0,714
	oS ₁	0,668	0,684	0,661	0,763	0,775	0,759
	oS ₂	0,658	0,665	0,648	0,744	0,754	0,722
Reaktion	pH ₀	8,5	9,0	8,1	7,6	8,0	7,2
	pH ₁	9,6	9,9	9,5	8,5	8,8	8,1
	pH ₂	9,8	10,0	9,7	8,9	9,2	8,5
Höchsttemperatur θ _{max} [°C]		71,0	73,6	65,2	71,8	74,0	70,0
Erwärmzeit t _{θmax} [h]		66,3	94,5	12,2	13,5	20,0	5,0

1) Milchkühe, laktierend, aus dem Unicarstall der FAL; Luzernegärheu und Kraftfutter

2) Mastschweine; Getreidemast

3) bestimmt als Glühverlust

Tafel 1. Kennwerte für die Beurteilung der Stoffumsetzungen.

Daß bei der nur kurzzeitigen biologischen Behandlung eine weitgehende Mineralisierung der organischen Substanz und damit die biologische Stabilisierung nicht erreicht wird, zeigen verschiedene Tests mit behandeltem Gut:

– CO₂-Produktion³⁾:

Die während eines festgelegten Zeitabschnittes (24 h) aus 1 g Kohlenstoff durch die Tätigkeit von Mikroorganismen freigesetzte Menge CO₂ ist ein Maß für die biologische Stabilität der organischen Substanz. Im Vergleich mit Ackererde und Humusboden eines Buchenwaldes erwies sich biologisch behandelte strohloser Rindermist als sehr wenig stabil, **Tafel 2**; die Umsetzung des Kohlenstoffs verläuft etwa 10 mal so schnell.

– Selbsterwärmung:

Versuche mit 15 l-Isolierbehältern ergaben, daß ein bei 60 °C getrocknetes Gut sich nach Befeuchten auf einen Feuchtegehalt von U₁ = 0,50 wieder von selbst erwärmt (vgl. Bild 4, Meßpunkte für U₀ = 1,0).

³⁾Diese Untersuchung wurde am Institut für Bodenbiologie (Prof. Dr. K.H. Domsch) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft durchgeführt.

– Faulung:

Wird biologisch behandeltes Gut soweit mit Wasser angereichert, daß keine Luftporen mehr vorhanden sind, so stellt sich bereits nach wenigen Tagen Lagerung bei Raumtemperatur anaerobe Zersetzung ein.

Probenherkunft	C-Gehalt [v.H.]	aus 1 g C in 24 h als CO ₂ freigesetzter Kohlenstoff [mg]
Ackererde	1,26	1,84
Humusboden aus Buchenwald	21,64	1,65
Austrag aus dem Reaktor	33,75	16,78
	33,75	20,00

Tafel 2. Vergleich der CO₂-Produktion von stabilem Boden und biologisch behandeltem Rinderflüssigmist.

Da das Endprodukt zwar in feuchtem Zustand, jedoch in aggregierter Form anfällt, ist auch in Schüttungen aus diesen Aggregaten ein ständiger Luftzutritt und Gasaustausch sichergestellt. Dadurch wird bei aeroben Bedingungen die weitere biologische Stabilisierung der organischen Substanz und auch ein weiterer Feuchteentzug durch Verdunstung ermöglicht.

Zum Trocknen des Rückgutes innerhalb von 4 Tagen auf den angestrebten Wert $0,15 < U_4 < 0,25$ reichte die Belüftung mit unkonditionierter Raumluft aus. Deren Temperatur schwankte zwischen 18 und 25 °C bei einer relativen Feuchte zwischen 50 und 70 v.H.

Die Hygienisierungswirkung, d.h. die Frage, in welchem Maße pathogene Keime und Parasiten während der biologischen Behandlung abgetötet werden, wurde von den jeweils zuständigen Fachinstituten⁴⁾ nach gebräuchlichen, einschlägigen Methoden untersucht. Es zeigte sich, daß bei der Behandlung von Rinderflüssigmist während des ersten Versuchslaufs Salmonellen bereits nach Verweilzeiten im Reaktor von 18 Stunden nicht mehr nachweisbar waren. Auch bei der Behandlung von Schweineflüssigmist waren nach 15 Stunden Verweilzeit keine Keime mehr festzustellen [15].

Die Versuche mit Parasiten brachten für Rinder- und Schweineflüssigmist ebenfalls positive Ergebnisse. So war die Abtötung spezifischer Rinderparasiten nach einer Behandlungszeit von 14 Stunden im ersten Versuchslauf erreicht. Die in Schweineflüssigmist eingesetzten Parasiten waren größtenteils nach 20 Stunden abgetötet; lediglich Parasiten in Sporenform überlebten in geringer Zahl eine 30-stündige Behandlung.

Aus den bisher gewonnenen Ergebnissen läßt sich folgern, daß die erreichbaren Guttemperaturen in der gewählten Verweilzeit des Gutes im Reaktor zu einer weitgehenden Abtötung spezifischer Krankheitserreger führen und somit das Verfahren eine hohe Hygienisierungswirkung aufweist. In weiteren Versuchen sollen diese Ergebnisse erhärtet sowie die Wirkungen auf andere pathogene Mikroorganismen, insbesondere auch Viren, untersucht werden.

5. Massenbilanzen als Grundlage für die Dimensionierung der Anlage

Der Massenfluß in den einzelnen Verfahrensstufen, Bild 13, ist bei Kenntnis des Eingangsmassenstromes \dot{m}_0 (Flüssigmist) und bei Vorgabe der Feuchtegehaltswerte in den einzelnen Stufen für unter-

schiedliche Betriebsbedingungen nach folgenden Beziehungen zu berechnen:

Massenstrom \dot{m}_1 nach dem Mischer (vor der biologischen Behandlung)

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_0 \frac{U_0 - U_4}{U_1 - U_4};$$

Massenstrom \dot{m}_4 des dem Flüssigmist zuzuführenden Trockngutes

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_0 \frac{U_0 - U_1}{U_1 - U_4};$$

Massenstrom \dot{m}_3 am Trocknereingang

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 \frac{1 - U_4}{1 - U_3}.$$

Im Trockner ist je Zeiteinheit die Feuchtemenge

$$\dot{m}_{H_2O} = \dot{m}_3 - \dot{m}_4 = \dot{m}_0 \frac{U_0 - U_1}{U_1 - U_4} \cdot \frac{U_3 - U_4}{1 - U_3}$$

zu entziehen.

Ist der bei einer Tierart anfallende Trockenmassenstrom \dot{m}_{0t} bekannt, so ergibt sich der Massenstrom des Flüssigmistes mit dem Feuchtegehalt U_0 zu

$$\dot{m}_0 = \dot{m}_{0t} / (1 - U_0).$$

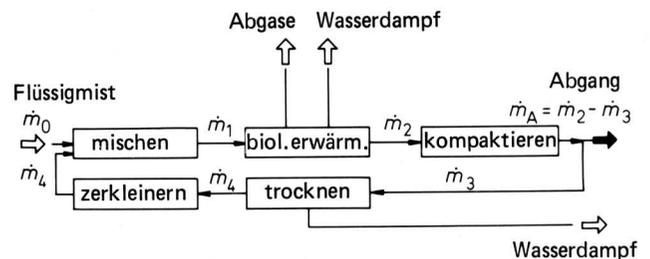


Bild 13. Fließbild für Verfahren (9) nach Bild 1.

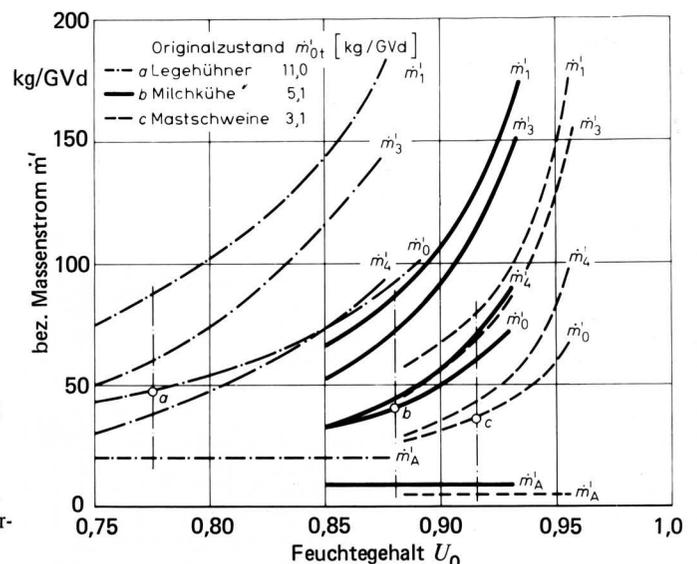


Bild 14. Berechnete Massenströme, bezogen auf 1 GV, bei verschiedenen Tierarten und Betriebsbedingungen. Betriebskonstanten: $U_1 = 0,50$; $U_2 = U_3 = 0,48$; $U_4 = 0,15$.

4) – Abteilung für Tierhygiene (Prof. Dr. D. Strauch) der Universität Hohenheim,
– Institut für Parasitologie (Prof. Dr. K. Enigk) der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Nach diesen Beziehungen sowie mit den aus der Literatur bekannten Durchschnittswerten für die täglich im Kot einer GV der einzelnen Tierarten anfallenden Trockenmasse \dot{m}'_{0t} und den in den bisherigen Versuchen ermittelten Betriebsdaten für U_1, U_2, U_3, U_4 sind in **Bild 14** die Massenstromkennlinien in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt U_0 des Flüssigmistes für drei Tierarten dargestellt. Dabei wurde jeweils der in der Praxis bei Flüssigmist auftretende Bereich des Feuchtegehalts berücksichtigt.

Um das Volumen von Reaktor und Trockner aus den Massenströmen \dot{m}'_1 bzw. \dot{m}'_3 bestimmen zu können, müssen die jeweilige Haufwerksdichte ρ_H und die Verweilzeit t des Gutes in diesen Behältern bekannt sein. Der auf eine Großvieheinheit bezogene Volumenbedarf ist dann nach der Beziehung

$$V'_i = \frac{\dot{m}'_i}{\rho_{Hi}} t_i$$

mit $i = 1$ bzw. 3

zu berechnen.

Als ungünstigster Dichtewert, der für eine ausreichende Bemessung der Behälter gewählt werden muß, wurde sowohl für das Gemenge als auch für das zu trocknende brikettierte Schüttgut die Dichte $\rho_H = 0,5 \text{ t/m}^3$ festgestellt.

Mit der Verweilzeit in den Behältern von je 4 Tagen, wie sie in den bisher durchgeführten Versuchen als sinnvoll festgestellt wurde, ergeben sich dann für die beiden Behälter die in **Tafel 3** aufgeführten Werte für den Volumenbedarf je GV.

Tierart	Milchkühe		Mastschweine		Legehühner	
Tierzahl/GV	1		8		290	
Feuchtegehalt U_0 des Flüssigmistes [-]	0,88	0,92	0,91	0,95	0,78	0,85
Volumenbedarf für Reaktor $\frac{\text{m}^3}{\text{GV}}$	0,71	1,13	0,60	1,13	0,72	1,18
Volumenbedarf für Trockner $\frac{\text{m}^3}{\text{GV}}$	0,60	1,00	0,53	1,04	0,52	0,96

Tafel 3. Volumenbedarf für den biologischen Reaktor und den Trockner bei 4 Tagen Verweilzeit (berechnet nach den Kennlinien in Bild 14).

6. Zusammenfassung

Bei Konzentration größerer Tierbestände kann es schwierig werden, die anfallenden großen Flüssigmistmengen ohne Schädwirkungen auf das Feld zurückzuführen, da die hierzu notwendigen und geeigneten Flächen nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen, ferner die immer enger werdende Verflechtung von Gewerbe-, Wohn- und Erholungsgebieten mit landwirtschaftlichen Produktionsgebieten Maßnahmen zur Verhinderung von Geruchsbelästigungen erforderlich machen. Es müssen daher Verfahrenslösungen gefunden werden, die bei möglichst geringer Beeinträchtigung der Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Produktion sicherstellen, daß

- bei der Behandlung, Lagerung nach der Behandlung und bei der Ausbringung des Endproduktes auf die Nutzflächen keine belästigenden Geruchsemissionen auftreten;
- für Mensch und Tier schädliche Keime und Parasiten abgetötet werden;
- das Endprodukt einfach und betriebssicher gehandhabt werden kann, pflanzenverträglich ist und keine Gefahr der Grund- und Oberflächenwasserverschmutzung besteht sowie keine negativen Veränderungen der Bodenstruktur auftreten.

Neben der Behandlung von Flüssigmist in flüssiger Phase besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit, Flüssigmist in die feste Phase zu überführen. Nach einer vergleichenden Betrachtung verschiedener Verfahrensprinzipien zur Gewinnung eines Feststoffes im Sinne der genannten Ziele wird ein ausgewählter Verfahrensweg ausführlicher beschrieben.

Flüssigmist wird mit einem feuchteadsorbierenden Trockenstoff soweit angereichert, daß ein feuchtkrümeliges Gut entsteht. Dieses erwärmt sich ohne Zwangsbelüftung durch die Tätigkeit von mesophilen und thermophilen Mikroorganismen innerhalb weniger Stunden auf 60 bis 75 °C. Nach einer Behandlungszeit von maximal 4 Tagen wird das feuchte Gut zu Aggregaten von 20 mm Durchmesser und 20 bis 100 mm Länge verpreßt und in luftdurchlässiger Schüttung teils abgelegt zur späteren Verwendung als Dünger, teils über einen Trockner geführt, danach zerkleinert und dann dem Flüssigmist vor der biologischen Behandlung beigemischt. In Laboruntersuchungen über das Selbsterwärmungsverhalten von Mischungen aus Flüssigmist und rückgeführtem Trockengut konnten die Bereiche mit optimaler Zuordnung von Nährstoff-, Luft- und Feuchteangebot im Hinblick auf eine hohe Intensität der exothermen Stoffumwandlungen ermittelt werden. Während bei dieser Kurzzeitrotte der Verlust an organischer Substanz sehr gering ist und keine biologische Stabilisierung eintritt, geht verhältnismäßig viel Stickstoff in Form von Ammoniak verloren. Dagegen bewirken die hohen Temperaturen die Abtötung von pathogenen Organismen. Das Gut hat in feuchtem Zustand einen erdigen Geruch, dessen Intensität sich bei Lagerung des aggregierten Gutes mit abnehmender Feuchte verringert. Um das Rückgut gleichzeitig mit der biologischen Behandlung des Feuchtemenges zu trocknen, muß bei ungünstigen Witterungsbedingungen die Trocknungsluft angewärmt werden.

Die Massenströme in den einzelnen Stufen des Verfahrens sind durch den Feuchtegehalt des einzubringenden Frischmistes bestimmt. Für die drei Haupttierarten wird daraus der Volumenbedarf je Großvieheinheit für den biologischen Reaktor und für den Trockner abgeleitet. Gesicherte Daten über Investitions- und Betriebskosten sowie über die Wertschöpfung bei der Nutzung des Produktes in der Pflanzenproduktion werden aus angelaufenen langfristigen Betriebs- und Düngungsversuchen erwartet.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] *Hilliger, H.G. u. S. Matthes:* Wirkung von Staub-, Keim- und Geruchsimmissionen auf Mensch und Tier. Ber. Landw. Bd. 50 (1972), S. 557/70 Hamburg u. Berlin: Parey 1972.
- [2] *Hanks, Th.G.:* Solid Waste/Disease Relationship. US-Public Health Service Public.No. 999-USA-6, Cincinnati 1967.
- [3] *Strauch, D.:* Hygienische Anforderungen an die Verfahren zur Behandlung tierischer Abfälle und Ausscheidungen. Ber. Landw. Bd. 50 (1972), S. 602/11 Hamburg u. Berlin: Parey 1972.
- [4] *Tietjen, C. u. H. Vetter:* Einfluß von Abfällen und Ausscheidungen der tierischen Produktion auf Boden und Pflanze. Ber. Landw. Bd. 50 (1972), S. 650/65 Hamburg u. Berlin: Parey 1972.
- [5] ● *Ebrahimi, D.:* Probleme der Kot- und Abfallbeseitigung in der Hühnerhaltung. Gießener Schr.-Reihe Tierzucht u. Haustiergenetik Bd. 27, Hamburg u. Berlin 1969.
- [6] *Pöpel, F. u. a.:* Die Beseitigung von Abfallstoffen durch Kompostierung in: Müll- und Abfallbeseitigung, Band 2. Berlin: Erich Schmidt Verlag 1970.

- [7] *Kneer, F.*: Verfahren zum Kompostieren von Klärschlamm durch einen über die Luftzufuhr gesteuerten Rotteprozeß. DPA Nr. 2253 0092.
- [8] *Glathe, H. u. G. Farkasdi*: Biologie und Hygiene der Kompostierung, in: Müll- und Abfallbeseitigung, Band 2. Berlin: Erich Schmidt Verlag 1970.
- [9] *Niese, G.*: Die Bestimmung der mikrobiellen Aktivität in Müll und Müllkomposten durch die Messung der Sauerstoffaufnahme und der Wärmebildung. Habil.-Schr. Gießen 1969.
- [10] *Glathe, H. u. a.*: Bestimmung von Kompostmodellen von Müll mit und ohne Klärschlamm unter Verwendung physikalischer, chemischer und biologischer Messungen. Ber. d. Arb. Gem. f. komm. Abfallwirtschaft, Frankfurt: DLG-Verlag 1961.
- [11] *Willson, G.B. u. J.W. Hummel*: Aeration rates for rapid composting of dairy manure. Conference Agric. Waste Management Syracuse, N.Y. 1972.
- [12] *Cooney, C.L., D.I.C. Wang u. R.I. Mateles*: Measurement of heat evolution and correlation with oxygen consumption during microbial growth. Biotechnology and Bioengineering 11 (1968) S. 269/81.
- [13] *Bell, R.G.*: The influence of aeration on the composting of poultry manure-ground corncob mixtures. Journ. agric. Eng. Res. 15 (1970) No. 1, S. 11/16.
- [14] *Willson, G.B.*: Composting dairy cow wastes. Livestock Waste Management, St. Joseph Mich. 1971, S. 163/65.
- [15] *Strauch, D. u. H. Schwab*: Hygienische Überprüfung eines Verfahrens zur Überprüfung flüssiger tierischer Exkremente in einen umweltfreundlichen Feststoff mit hohem Nutzwert. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift Bd. 81 (1974) Nr. 31, S. 313/16.

Durchflußmessung unregelmäßiger Flüssigkeitsströme mit Ringelektroden für programmgesteuerte Melkanlagen

Von Char Lie Pen, Anton Meiering, Hans Stanzel, Hans Schön, Weihenstephan*)

DK 637.125:532.57

Bei automatisierten Produktionsprozessen in der Nahrungsmittelerzeugung und -verarbeitung dienen häufig unregelmäßige Strömungen als Steuer- oder Regelgrößen, wie beispielsweise bei programmgesteuerten Melkanlagen. Im folgenden Beitrag wird über die Möglichkeit berichtet, aus der Messung des elektrischen Leitwertes G des pulsierenden Milchstromes in teilgefüllten Milchschläuchen ein geeignetes Steuersignal zu gewinnen.

1. Problemstellung

In programmgesteuerten Melkanlagen werden Pulsfrequenz, Taktverhältnis und Vakuum während des Melkens in Abhängigkeit von der Milchabgabe der Kuh gesteuert. Der allgemeine Verlauf der Milchabgabe während des üblichen Maschinenmelkens ist in **Bild 1** dargestellt. Nach einer kurzen Stimulationsphase mit geringem Milchfluß steigt die Intensität der Milchabgabe sehr schnell an, bleibt eine gewisse Zeit nahezu konstant, um dann langsam abzuklingen. In der Nachmelkphase kann es – meist durch zusätzliche Manipulationen bedingt – zu einem nochmaligen kurzen Anstieg der Milchabgabe kommen.

Aus den Arbeiten des Sonderforschungsbereiches 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" an der TU München-Weihenstephan, durchgeführt vom Institut für Landtechnik, Weihenstephan (Dir.: Prof. Dr. H.L. Wenner).

*) *Dr. Char Lie Pen* ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und für das SFB-Teilprojekt "Programmgesteuerte Melkanlagen" verantwortlich. *Dr. Anton Meiering* ist Professor für Food Engineering an der Universität Guelph, Canada, und war 1974 als Gastwissenschaftler am Institut für Landtechnik der TU München-Weihenstephan tätig. *Dr. Hans Stanzel* ist Leiter der Meßabteilung an der Landtechnik Weihenstephan. *Akad. Oberrat Dr. Hans Schön* ist Leiter des Projektbereiches "Maschinelles Melken".

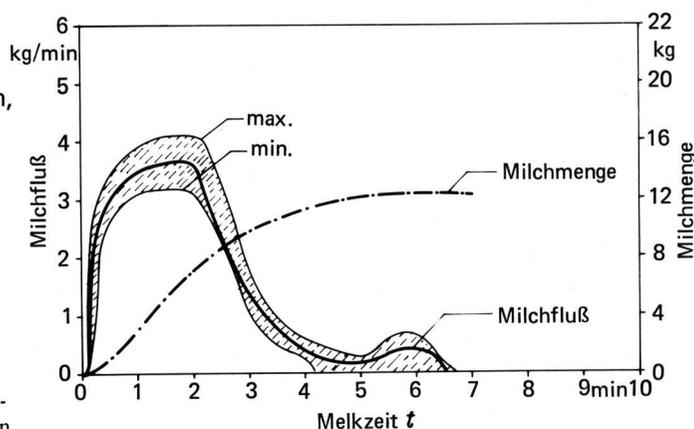


Bild 1. Beispiel einer Milchabgabekurve beim Maschinenmelken.

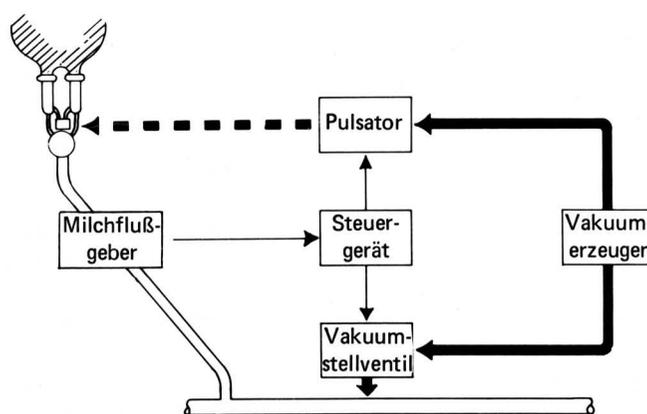


Bild 2. Schema einer gesteuerten Melkanlage.