

Düngen mit Flüssigmist, umweltfreundlich und pflanzengerecht

Von Rüdiger Krause und Miloslav Zach,
Braunschweig-Völkenrode*)

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

DK 631.333:614.7

Die in der Bundesrepublik Deutschland jährlich anfallenden Mengen tierischer Exkremente im Werte von mehreren Milliarden DM decken nahezu 50 % der Nährstoffversorgung der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Mögliche Schädigungen auf die Umwelt müssen durch entsprechende Richtlinien für Lagerung, Transport und Applikation sowie durch geeignete Technologien verhindert werden.

Geruchsemissionen bei der Anwendung sowie Gefahren für Grund- und Oberflächenwasser können sicher vermieden werden, wenn bei Beachten der dem jeweiligen Standort angemessenen Zeitpunkte und Raten nicht nur eine vollständige und umgehende Bedeckung vom Flüssigmist mit Boden, sondern auch eine gleichmäßige Verteilung auf und in dem Boden erreicht wird. Eine hohe Nutzung der enthaltenen Nährstoffe, eine gleichmäßige Versorgung des Pflanzenbestandes und eine anhaltende Bodenverbesserung werden gleichermaßen erzielt. Der Einsatz entsprechend modifizierter, konventioneller Bodenbearbeitungsgeräte wird diskutiert.

Inhalt

1. Problemstellung
2. Technische Verfahren
 - 2.1 Das zweistufige Verfahren
 - 2.2 Das Injektionsverfahren
 - 2.3 Ein verbessertes Verfahren
 - 2.4 Kosten
3. Versuchsergebnisse
4. Zusammenfassung

1. Problemstellung

Zahlreiche landwirtschaftliche Betriebsmittel, wie Saatgut, Pflanzenschutzmittel, Nährstoffe und Wasser müssen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen verteilt werden. Die Ablage erfolgt an der Oberfläche oder im Boden, wobei sie je nach Betriebsmittel

und Verfahren als gezielte Einzelablage, Ablage in Reihen, Bändern, Rillen, ganzflächig oder in den von Bodenbearbeitungsgeräten gelockerten Bodenstrom — d.h. Mischen mit dem Boden — erfolgen kann. Auch für das Ausbringen von Flüssigmist sind verschiedene Arten der Verteilung anwendbar. Bei der Auswahl und Entwicklung der geeigneten Verfahren zum Verteilen von Flüssigmist auf dem Feld müssen neben der stets angestrebten Kostenminimierung heute mehr denn je drei Gesichtspunkte berücksichtigt werden [1]:

1. Umweltneutrale Verwendung von Rückständen aus der Tierproduktion,
2. Optimale Nutzung der enthaltenen Nähr- und Inhaltsstoffe,
3. Sparsamer Einsatz von Energie.

Bei der Verwendung von Rückständen aus der Tierproduktion, insbesondere beim Verteilen von Flüssigmist auf dem Feld, treten teilweise erhebliche Belastungen für die Umwelt auf. Belästigungen durch Geruchsemissionen können vermieden werden durch Geruchsneutralisierung von Flüssigmist sowie durch umgehendes Einarbeiten des unbehandelten Flüssigmistes in den Boden. Gemeinsame Messungen mit dem Institut für landtechnische Grundlagenforschung der FAL zeigen, daß schon eine Bodenbedeckung von wenigen Zentimetern Stärke ausreicht zu einer nahezu vollständigen Unterdrückung von Geruchsemissionen.

Das "übliche Maß" der Düngung mit Flüssigmist richtet sich nach dem Bedarf der Pflanzen. Hohe Gaben können zu einer vermeidbaren Belastung von Grund- und Oberflächenwasser werden, wenn die Speicherfähigkeit des Bodens überschritten oder ein Abfließen von der Oberfläche nicht verhindert wird. "Zulässige Gaben" orientieren sich sowohl an der Speicherkapazität des Bodens für Nährstoffe (Austauschkapazität) als auch an seinem Wasserhaltevermögen (Feldkapazität) — man muß also die chemische und die hydraulische Belastbarkeit getrennt betrachten.

Aufnahme- und Speicherfähigkeit eines gegebenen Bodens für Wasser und für Nährstoffe sind nicht konstante Größen, die ausschließlich von der Bodenart und von der Mächtigkeit des Bodenhorizontes, also von der Größe des Speichers abhängen. Sie hängen sehr stark ab von der Art der Zufuhr und der Verteilung des Flüssigmistes im Boden, von der Heranführung der Nährstoffe an vorhandene Sorptionskomplexe, also von der Größe der Kontaktfläche. Die Einbringetechnik hat folglich einen erheblichen Einfluß auf die Höhe gefahrlos auszubringender Flüssigmistgaben sowie auf ihre Nutzung durch die Pflanze [2].

Für eine optimale Nutzung von Nähr- und Inhaltsstoffen durch die Pflanze muß das pflanzenphysiologisch optimale Angebot nach Menge, Verhältnis der Komponenten untereinander und nach Zeitpunkt sichergestellt sein.

Grundsätzlich ist anzustreben, daß die einzelnen Pflanzen jederzeit das gleiche Angebot haben, damit hoher Feldaufgang, ungestörtes Wachstum und gleichzeitige Reife aller Pflanzen gewährleistet sind. Eine gezielte, individuelle Versorgung einzelner Pflanzen als Starthilfe (pilliertes Saatgut bei der Einzelkornsaat) oder während der ganzen Vegetation (z.B. trickle irrigation) ist nur in wenigen Fällen möglich. Üblich ist eine Pauschalversorgung des

Vorgetragen auf der Jahrestagung der VDI-Fachgruppe <Landtechnik> am 24. Okt. 1975 in Braunschweig.

*) Dr.-Ing. Rüdiger Krause ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Landmaschinenforschung (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Baader), Dipl.-Ing. Miloslav Zach ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Pflanzenbau und Saatgutforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft.

gesamten Pflanzenbestandes. Dazu ist nicht nur eine sehr sorgfältige Verteilung von Flüssigmist auf der Fläche erforderlich, sondern auch eine geeignete Verteilung im Wurzelhorizont (Beinigkeit von Zuckerrüben).

Insbesondere bei der Gefahr schnellen Abbaus und der Auswaschung müssen die Nährstoffe gut an die Pflanze herangebracht werden, um schnell aufgenommen werden zu können. Da Temperatur und Sauerstoffangebot im Boden tiefenabhängig sind, wird auch die Umsetzung des Flüssigmistes von der Einbringtiefe beeinflusst. Durch flaches Einbringen z.B. ist eine schnelle Wirkung des Stickstoffes zu erreichen. Wachstumsstörungen durch unerwünschte Umsetzungsvorgänge (Reduktionen) bei zu tiefem Einbringen von Flüssigmist sind jedoch nur auf schlecht durchlüfteten Böden zu befürchten.

Energie sollte bei der gesamten Verfahrenskette von der Stallensorgung über Lagerung, Behandlung, Transport und Landanwendung sparsam eingesetzt werden. Die bei der Landanwendung hierfür gegebenen Möglichkeiten werden weiter unten aufgezeigt.

2. Technische Verfahren

2.1 Das zweistufige Verfahren

Flüssigmist wird im allgemeinen auf die Oberfläche ausgebracht und in einem zweiten Arbeitsgang zu einem späteren Zeitpunkt eingearbeitet. Zum Ausbringen werden Tankwagen, seltener auch Beregnungsanlagen verwendet.

Die Flächenbelegung — d.h. die Verteilung in der Horizontalen — wird bei Tankwagen bestimmt durch:

- die Förderleistung des Förderaggregates (Zapfwellendrehzahl),
- den Querschnitt der Austrittsöffnung,
- die Arbeitsbreite und
- die Fahrgeschwindigkeit.

Angestrebt wird eine vollständige und gleichmäßige Flächenbelegung. Nach der Prüfordnung für Tankwagen der DLG soll die durchschnittliche Abweichung der ausgebrachten Menge in 50 cm breiten Abschnitten des gesamten belegten Streifens kleiner als $\pm 10\%$ vom Mittelwert, die größte Abweichung kleiner als $\pm 30\%$ sein. Wenn die Flächenbelegung in den Randzonen des belegten Streifens absinkt, muß mit entsprechender Überlappung gefahren werden. Übliche nutzbare Verteilbreiten liegen bei 6 m. Mit großen Verteilbreiten (bis 20 m) und entsprechend hohen Wurfbahnen steigt die Gefahr der Abdrift des Flüssigmistschleiers, verbunden mit unkontrollierter Verteilung und möglichen Geruchsbelästigungen.

Das Einarbeiten erfolgt mit dem Pflug, dem Grubber oder der Fräse.

2.2 Das Injektionsverfahren

Da das Verweilen von Flüssigmist auf der Bodenoberfläche mit den aufgeführten Nachteilen verbunden ist (Geruchsemission, Verluste, z.B. bis 50 % des Stickstoffes durch gasförmiges Entweichen, Oberflächenablauf, verminderte Befahrbarkeit), werden seit einiger Zeit Injektionsverfahren untersucht, bei denen Verteilen und Einbringen in einem Arbeitsgang zusammengefaßt sind [3]. Mehrere Geräte werden bereits angeboten, **Bild 1**. Dabei wird der Flüssigmist über einen Verteiler und Schläuche bzw. Rohre einzelnen, hinter einem Tankwagen angebaute, grubberzinkenartigen Werkzeugen zugeführt und in die von diesen Werkzeugen gezogenen Rillen abgelegt. Nachfolgende Druckrollen, Scheibenpaare oder eine einfache Schleppe schließen die Rillen. Anzahl und Tiefe der Rillen bestimmen die auszubringenden Mengen. Die Flächenleistung beim Ausbringen wird gegenüber dem Aufbringen auf die Oberfläche nur geringfügig eingeschränkt, da Transportaufkommen und Förderleistung der Pumpe ohnehin begrenzende Faktoren sind [4]. Die geringe Arbeitsbreite ($2 \div 2,5$ m) kann durch höhere Arbeitsgeschwindigkeit ausgeglichen werden.

Der Leistungsbedarf muß mit 5 bis 8 kW je Zinken angesetzt werden. Das landwirtschaftlich übliche Höchstmaß der Flüssigmistdüngung von $65 \text{ m}^3/\text{ha}$ kann so im allgemeinen geruchs- und verlustarm in einem Arbeitsgang ausgebracht und eingearbeitet werden. Die Verteilung des Flüssigmistes auf der Fläche ist sehr regelmäßig, aber nicht gleichmäßig; beim Einsatz schmaler, zinkenartiger Werkzeuge mit einem Abstand von 50 cm und einer Rillenbreite von 10 cm sind theoretisch nur 20 % der Fläche bedeckt, **Bild 2**. Geht man von einer Gabe von $65 \text{ m}^3/\text{ha}$ bezogen auf die gesamte Fläche aus, so ist die tatsächliche Flächenbelegung auf den gedüngten Streifen $325 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Durch kapillare Saugspannungen wird eine gewisse Wanderung der flüssigen Phase auch in horizontaler Richtung quer zur Rille auftreten. Eine weitere horizontale Verteilung kann durch nachfolgende Bodenbearbeitungsmaßnahmen beim Arbeiten quer zu den Rillen erfolgen, sofern die Bearbeitung tief genug ist, um den ca. 10 bis 15 cm tief eingebrachten Flüssigmist zu erfassen. Bei der Saatbettbereitung ist das häufig nicht der Fall. Auch der Transport durch Organismen dürfte nicht nennenswert sein. Die Versorgung der Pflanzen kann daher sehr ungleichmäßig sein. Mit Mindererträgen und Problemen bei der Ernte muß gerechnet werden.

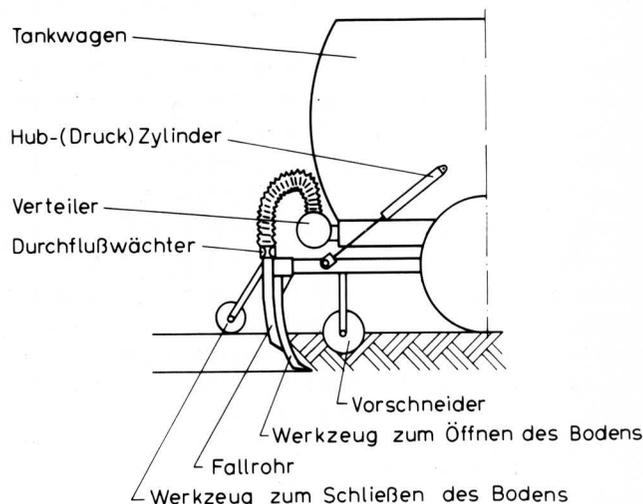


Bild 1. Tankwagen mit Injektionsgerät.

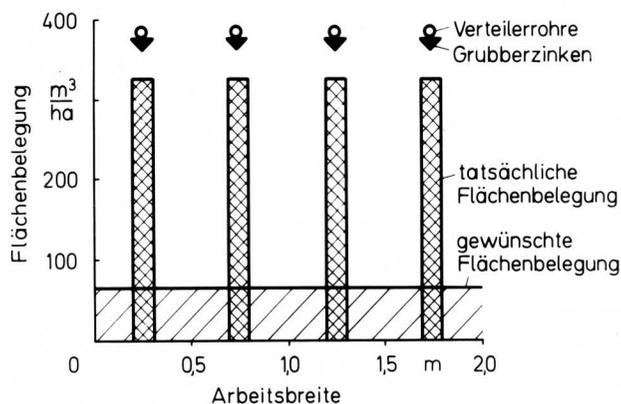


Bild 2. Theoretische Flächenbelegung beim Einbringen von Flüssigmist mit Grubberzinken.

2.3 Ein verbessertes Verfahren

Eine wesentlich bessere Verteilung wird erreicht, wenn man Flüssigmist mit Hilfe mischender Werkzeuge direkt einarbeitet oder in den von intensiv zerkleinernden und mischenden Bodenbearbeitungsgeräten aufgeworfenen Bodenstrom einleitet [5], wie es von der Bandsaat bekannt ist und hier am Beispiel der Fräse gezeigt wird, **Bild 3**. Benutzt man Prallteller an den Auslaufenden der einzelnen Rohre zur horizontalen Verteilung des Flüssigmiststromes, so kann die gewünschte gleichmäßige Flächenbelegung mit hinreichender Genauigkeit erreicht werden. So zeigt **Bild 4** bei entsprechender Überlappung der benachbarten Flüssigmistströme diese gleichmäßige Flächenbelegung (doppelt schraffierte Zwickel sind den nicht schraffierten gleich). Vergleicht man das Einbringen in Rillen und das ganzflächige Einmischen auch im Hinblick auf die Verteilung über der Tiefe, also in Bezug auf die räumliche Verteilung oder auf das Mischungsverhältnis von Flüssigmist zu Boden, so wird der Unterschied noch deutlicher, **Bild 5**.

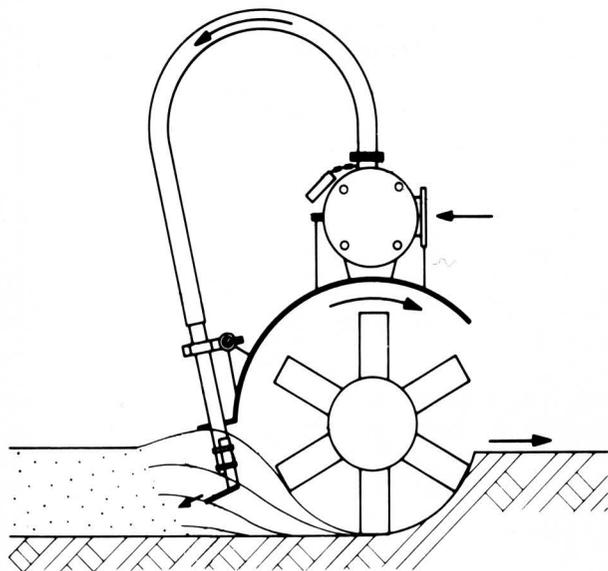


Bild 3. Bodenfräse mit aufgebautem Verteiler und Rohren mit Pralltellern zum Einleiten des Flüssigmistes in den Bodenstrom.

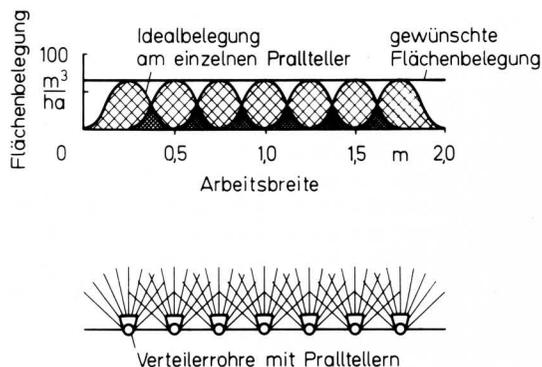


Bild 4. Theoretische Flächenbelegung beim Einbringen von Flüssigmist mit einer Bodenfräse.

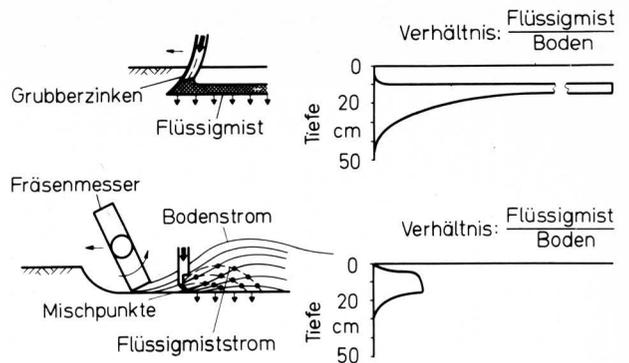


Bild 5. Theoretische Verteilung des Flüssigmistes über der Tiefe beim Einbringen mit Grubber (oben) und Fräse (unten).

Beim Ausbringen in Rillen wird der Flüssigmist auf eine genau festgelegte Tiefe abgelegt, es stehen theoretisch nur die Grund- und Seitenflächen der Rillen und herabfallender Boden zur Benetzung zur Verfügung. Obwohl die flüssige Phase durch Schwerkraft und Kapillarwirkung in tiefere Schichten vordringt, ist die Belastung in den Grenzflächen, das Verhältnis Flüssigmist zu Boden, sehr hoch – es muß von der bereits hohen Flächenbelegung im Streifen ausgegangen werden.

Bei der Fräse ergibt sich eine gute Mischung der Bodenteilchen. Was sich bei der Breitsaat durch Einmischen des Saatgutes in den von einer Fräse aufgeworfenen Bodenstrom als Nachteil erweist, nämlich die ungleichmäßige Tiefenablage, ist hier im Hinblick auf eine gute Verteilung auch in der Vertikalen als Vorteil zu betrachten. Das Mischungsverhältnis Flüssigmist zu Boden beträgt bei gleichmäßiger Verteilung einer Flüssigmistgabe von $65 \text{ m}^3/\text{ha}$ im Horizont von 5 bis 15 cm Tiefe 1 : 15.

Durch die intensive Bodenbearbeitung mit der Fräse wird eine große innere Oberfläche geschaffen, an der Flüssigmist schnell adsorbiert werden kann. Oberflächenablauf in Hanglagen und Bodenverschlämzung können so sicher vermieden werden. Übliche Gaben bis zu $65 \text{ m}^3/\text{ha}$, entsprechend 6,5 mm, bedeuten hydraulisch nur in wenigen Fällen eine große Belastung, da der Bodenfeuchtegehalt im Bearbeitungshorizont ($0 \div 20 \text{ cm}$) nur um ca. 2 % angehoben wird. Die Gefahr der Auswaschung ist bei einem solchen Verfahren deutlich vermindert.

In experimentellen Untersuchungen wurde der Einfluß des Mischens von Flüssigmist und Boden auf Boden, Wasser, Luft und Pflanzen experimentell ermittelt, indem neben der Fräse auch mit anderen, weniger mischenden Geräten (Kreisel-Pflug, Grubber, Pflug, Scheibenegge) mit entsprechenden Zuleitungen und Pralltellern versehen, gleich hohe Flüssigmistgaben ausgebracht wurden [6].

Dabei werden z.Zt. drei Gerätesysteme untersucht:

1. Zwei Schlepper arbeiten parallel, **Bild 6**. Der eine trägt das Einbringgerät (Fräse, Pflug, Grubber) mit Verteiler und Zuleitungen zu den Werkzeugen. Der zweite Schlepper fährt mit dem Tankwagen nebenher. Der Flüssigmist wird über einen Verbindungsschlauch zum Verteiler hinübergepumpt. Für den kontinuierlichen Betrieb des Einbringgerätes sind mehrere Tankwagen einzusetzen.
2. Das Einbringgerät kann – wie bekannte Injektionsgeräte – direkt an den Tankwagen angebaut werden, **Bild 7**. Für Hanglagen ist eine Ausführung mit Triebachse denkbar. Das Einbringgerät muß dann entweder zur Versorgung jeweils zum Lagerbehälter mitgenommen oder für den Transport abgekuppelt werden. Der schwere Schlepper (ca. 100 kW) wird auch zum Transport benutzt. Denkbar ist auch ein größerer Zwischenspeicher am Feldrand.

3. Das Schlauchsystem sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt, da seine Anwendung auf wenige Spezialfälle beschränkt ist [7]. Bei diesem u.a. in der Flächendeponie von Klärschlamm in USA angewendeten Verfahren wird der Versorgungsschlauch hinter dem Einbringgerät über das Feld gezogen, **Bild 8**.

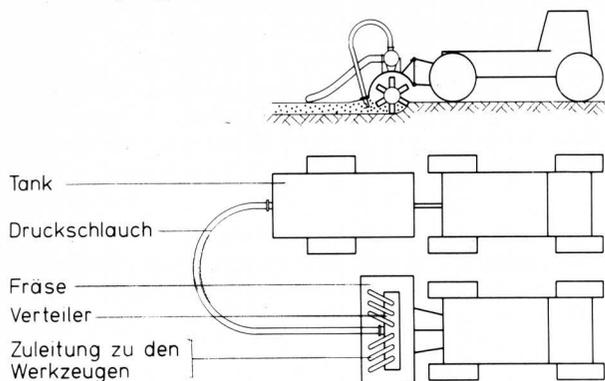


Bild 6. Parallelbetrieb von zwei Schleppern mit Tankwagen bzw. Bodenbearbeitungsgerät zum Einbringen von Flüssigmist.

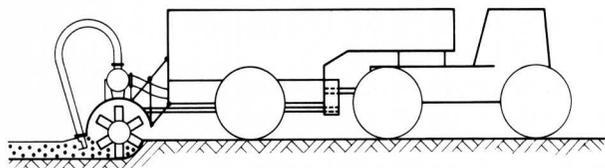


Bild 7. Tankwagen mit angebautem Einbringgerät.

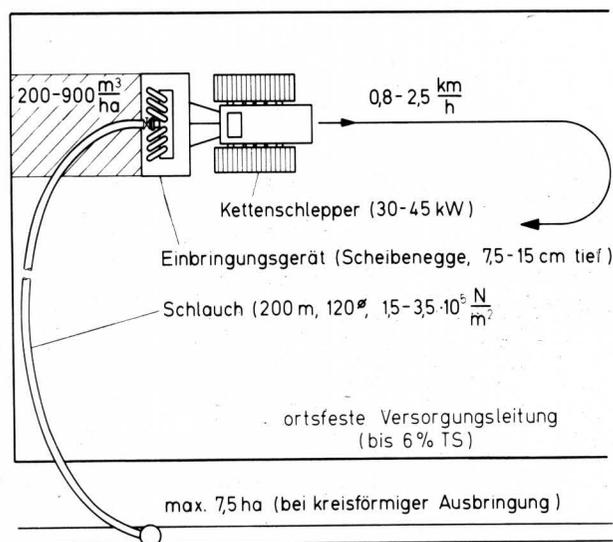


Bild 8. Schlauchsystem zum Einbringen von Klärschlamm und Flüssigmist.

Wichtig bei dem ersten System ist, daß vorhandene Geräte – z.B. auch ein Pflug, **Bild 9**, – Grubberzinken und Fräse sind hier nur als konträre Extrema bezüglich der Mischwirkung aufgeführt – mit geringen Kosten umgerüstet und verwendet werden können und daß eine Kombination von Bodenbearbeitung und Einbringen von Flüssigmist möglich ist. Mit dem Stroheinarbeiten z.B. kann gleichzeitig die erforderliche N-Düngung erfolgen; durch den hohen Wassergehalt wird die Rotte beschleunigt.

Bei entsprechender Fruchtfolge, Bevorraten von Flüssigmist und Organisation kann also schon bei der Stoppelbearbeitung und bei jeder ohnehin erforderlichen Bodenbearbeitung Flüssigmist mit eingebracht werden. Es entsteht dann kein zusätzlicher Energiebedarf gegenüber Oberflächenausbringung, also eine sehr billige Methode der Rückführung. Dabei muß der Nachteil des gleichzeitigen Gebrauchs von zwei Schleppern und das auf kleinen, unregelmäßigen Schlägen sowie am Hang nicht problemlose Nebeneinanderfahren in Kauf genommen werden.

Bei einem Spezialtankwagen mit angebautem Einbringgerät für den Ein-Mann-Betrieb dagegen ist – besonders unter ungünstigen Bodenbedingungen – mit einem erheblichen Energiebedarf (mindestens 100 kW) zu rechnen. Ein solches Gerät scheint nur bei Großbetrieben und übertrieblichem Einsatz, evtl. auch als Spezialgerät für Hanglagen, vertretbar zu sein.

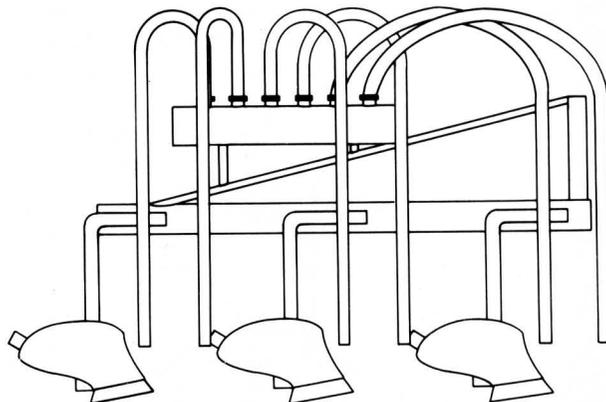


Bild 9. Pflug, ausgerüstet mit Verteiler und Zufuhrschläuchen zum Einbringen von Flüssigmist.

2.4 Kosten

Die Betriebskosten und damit die Kosten je Kubikmeter ausgebrachten Flüssigmistes werden bestimmt durch die erforderlichen Schlepper- und Gerätestunden, die Arbeitskräftestunden und den Betriebsmittelverbrauch (hier nur ausgedrückt durch den Energieverbrauch). Je höher der Trockensubstanzgehalt des Flüssigmistes (d.h. je höher die Nährstoffkonzentration), je geringer die Hof-Feld-Entfernung und je höher die Ausbringerate je Flächeneinheit, um so niedriger sind die Betriebskosten.

Die erforderlichen Geräte gehen aus **Bild 6** hervor. Wir beschränken uns bei der anschließenden groben Abschätzung von Richtwerten zur Ermittlung der Betriebskosten auf ein Beispiel (Zwei-Schlepper-System): Gerät mit 2 m Arbeitsbreite (Grubber oder Fräse), Tankwagen mit 6 m^3 Fassungsvermögen und Exzenter-Schneckenpumpe, 33 l/s Förderleistung. Für mittlere Bodenverhältnisse ist ein Schlepper mit 55 kW zum Ziehen des Tankwagens und zum Antrieb der Pumpe sowie ein Schlepper mit 50 (80) kW für den schweren Grubber (Fräse) erforderlich. Für einen kontinuierlichen Betrieb des Einbringgerätes sind bei 1 km Hof-Feld-Entfernung zwei Transportschlepper mit 6 m^3 -Faß, bei größeren Entfernungen entsprechend mehr Schlepper und/oder größere Tankwagen erforderlich.

Der theoretische Energiebedarf für das Verteilen auf dem Felde liegt zwischen 1,0 und 2,0 kWh/m^3 , für das Injizieren zwischen 0,5 und 2,5 kWh/m^3 , wobei der untere Wert für das Einbringen mit dem Grubber und hohe Ausbringeraten (150 m^3/ha) gilt und der obere Wert für Einbringen mit der Fräse und verhältnismäßig niedrige Raten (65 m^3/ha).

Hinzu kommen noch 1 bis 2 kWh/m^3 für den Transport Hof-Feld bei den gegebenen Bedingungen. Damit liegt der gesamte Energie-

bedarf zwischen 2,5 und 6,5 kWh/m³, worin jedoch ein Bodenbearbeitungsgang eingeschlossen ist.

Der Arbeitskräfte- und Schlepperbedarf liegt, bezogen auf die Raumeinheit Flüssigmist, bei den gegebenen Bedingungen ungefähr zwischen 2 und 6 min/m³, kann jedoch durch hohe Nebenzeiten unter ungünstigen Bedingungen erheblich ansteigen. Beim Einsetzen der entsprechenden Kosten wird man feststellen, daß das Rückführen von unbehandeltem Flüssigmist in den Prozeß der Pflanzenproduktion auch unter Berücksichtigung umweltschützender Maßnahmen zur Zeit noch das mit Abstand billigste Verfahren der Beseitigung darstellt.

3. Versuchsergebnisse

Beim Vergleich verschiedener für das Rückführen von Flüssigmist entsprechend ausgerüsteter Geräte (Fräse, Grubber, Pflug) im Hinblick auf die Auswirkung hoher Flüssigmistgaben (bis 250 m³/ha in einem Arbeitsgang und bis 700 m³/ha in einem Jahr) auf die Umwelt zeigen sich eindeutig die Vorteile des intensiven Mischens:

1. Bei gleichen Flüssigmistgaben und sonst gleichen Bedingungen liegt die N-Konzentration im Sickerwasser aus ein bis zwei Metern Tiefe im ersten Versuchsjahr z.B. auf der Grubberparzelle im Jahresmittel ca. 50 % über der N-Konzentration auf der Fräseparzelle, **Bild 10**. Eine Auswaschung von Phosphor ist trotz der extrem hohen Gaben bislang nicht festzustellen.

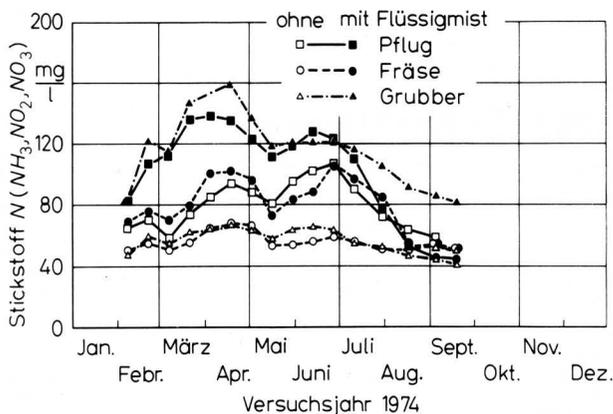


Bild 10. Stickstoffkonzentration im Sickerwasser aus 1 bis 2 m Tiefe unter Parzellen ohne Flüssigmist und mit sehr hohen Gaben (400 m³/ha), Mais.

2. Eine deutliche Anreicherung von Nährstoffen im Boden ist bislang nur bei Kalium festzustellen.
3. Die physikalischen Bodeneigenschaften werden durch die hohen Flüssigmistgaben im Falle des intensiven Mischens positiv beeinflusst. Auf der Fräseparzelle mit Flüssigmist liegt der gewogene mittlere Durchmesser der Krümel (GMD) deutlich über den anderen Parzellen. Nach einem Stabilitätstest von Krümel der Fraktion 2 bis 3 mm erwiesen sich die Krümel von der Fräseparzelle als deutlich stabiler, **Bild 11**.
4. Der Bodenfeuchtegehalt ist auf allen Parzellen mit Flüssigmist im Verlauf des Jahres stets geringfügig höher als auf den Parzellen ohne Flüssigmist. Im trockenen Monat September 1974 ist der Bodenfeuchtegehalt auf der Fräseparzelle mit Flüssigmist am höchsten, **Bild 12**.
5. Trotz der extrem hohen Gaben traten keine Ertragsdepressionen auf. Bei dem als Silomais geernteten Mais lag der Trockensubstanzertrag 1974 auf der Fräseparzelle mit Flüssigmist dank der besseren Wachstumsbedingungen um 6 % über dem Trockensubstanzertrag auf der Grubberparzelle mit Flüssigmist und um 8 % über der mineralisch ge-

düngten Pflugparzelle, **Bild 13**. Auch im Jahr 1975 ist der Mehrertrag auf der Fräseparzelle deutlich höher (genaue Zahlen liegen z.Zt. noch nicht vor).

6. Wengleich der Stickstoffgehalt in der Pflanze geringfügig erhöht war, konnte eine deutliche Anreicherung von Inhaltsstoffen des Flüssigmistes in der Pflanze trotz der hohen Gaben bislang nicht festgestellt werden.

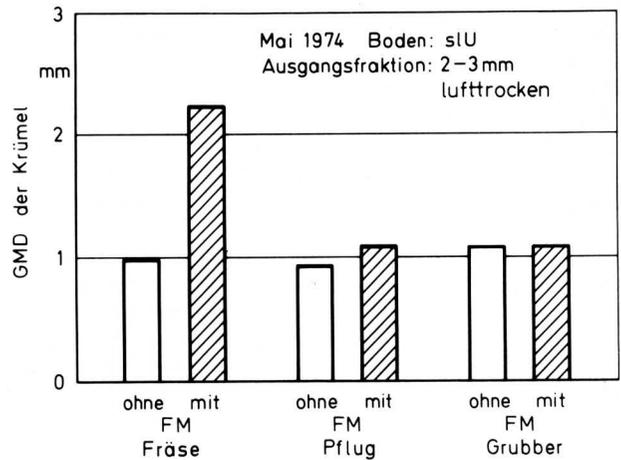


Bild 11. Gewogener mittlerer Durchmesser (GMD) von Krümel nach dem Stabilitätstest (Tauchverfahren) für verschiedene Bodenbearbeitungsverfahren ohne und mit Flüssigmistzufuhr (FM).

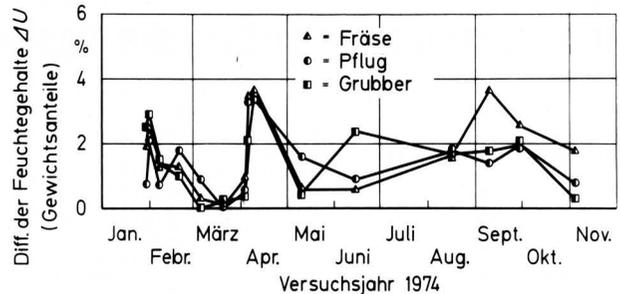


Bild 12. Differenz der Bodenfeuchtegehalte (in 0 - 30 cm Tiefe) jeweils zwischen den Parzellen ohne und mit Flüssigmist.

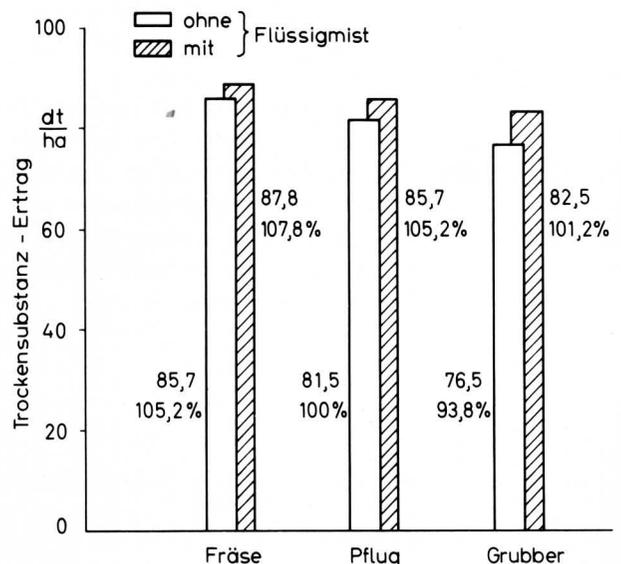


Bild 13. Trockensubstanzertrag von Silomais (1974).

4. Zusammenfassung

Es existieren bereits heute Geräte und Verfahren, um Flüssigmist in üblichen Gaben umweltneutral in den Boden zu bringen. Schon durch schnelles und vollständiges Bedecken von Flüssigmist mit Boden sind Geruchsemissionen zu vermeiden. Um die Ausnutzung der eingebrachten Nährstoffe zu verbessern und auch unter schwierigen Bedingungen und bei hohen Gaben Gefahren für die Umwelt, insbesondere durch Oberflächenablauf und Auswaschung, zu verhindern, ist ein intensives Mischen von Flüssigmist und Boden anzustreben. Dargestellt wurden technische Verfahren und Gerätesysteme zum vollständigen Bedecken und Einmischen von Flüssigmist in den Boden. Die Betriebskosten können leicht aus den für ein Beispiel errechneten Aufwandszahlen (Energiebedarf $2,5 \div 6,5 \text{ kWh/m}^3$, Arbeitskräftebedarf $2 \div 6 \text{ min/m}^3$, Schlepperbedarf $2 \div 6 \text{ min/m}^3$) ermittelt werden. Die Ergebnisse aus Feldversuchen zeigen die Vorteile intensiven Mischens, insbesondere die geringe Nitrat- und Phosphat-Auswaschung.

Gelingt es, bei entsprechender Fruchtfolge, Bevorratung von Flüssigmist und Organisation das Einbringen von Flüssigmist mit einem ohnehin erforderlichen Bodenbearbeitungsgang zu kombinieren, so entstehen für das direkte Zurückführen von Flüssigmist in den Boden kaum zusätzliche Kosten. Umweltschutz sowie Rohstoffe und Energie sparender Einsatz tierischer Exkremente in der pflanzlichen Produktion sind auf diese Weise sehr wohl miteinander zu vereinbaren.

Schrifttum

- [1] Krause, R.: Technische Verfahren der Anwendung unbehandelter Produktionsabfälle auf Nutzflächen, Brach- und Ödland. Ber. Landw. Bd. 50 (1972) H. 3, S. 628/37.
- [2] Vetter, H. u. G. Steffens: Wege zu einer besseren Nutzung der Gülle. Landw. Blatt Weser-Ems Bd. 122 (1975) H. 44, S. 8/10.
- [3] Bosma, A.H.: Was taugen Güllegrubber? Die landt. Zeitschr., DLZ Bd. 25 (1974) H. 11, S. 643/46.
- [4] Krause, R. u. M. Zach: Technische Grenzen bei der Rückführung von Flüssigmist in den Boden. Landtechnik Bd. 29 (1974) H. 5, S. 205/09.
- [5] Krause, R. u. M. Zach: Verfahren zum direkten Einarbeiten von Flüssigmist in den Boden. Landtechnik Bd. 29 (1974) H. 5, S. 203/05.
- [6] Krause, R.: Verfahren zur Landanwendung von Flüssigmist. Landbauforschung Völknerode Bd. 24 (1974) H. 1, S. 49/54.
- [7] N.N.: Land management of waste residuals. Briscoe/Maphis inc. 2336 Pearl Street Boulder, Colorado 80302, USA.

Eine pneumatisch betriebene Dosierwaage für Kraftfuttermittel

Von Bernd J. Scholtysik, München*)

DK 331.875:636.084:681.267.5

Die Mechanisierung der Fütterung in der Rindviehhaltung ist aus arbeitswirtschaftlichen Gründen erstrebenswert. Außerdem kann damit eine Fütterungstechnik verwirklicht werden, die die tierische Leistungsfähigkeit in gewissen Grenzen erhöht.

Für eine Mechanisierung der Fütterung sind geeignete Dosiereinrichtungen notwendig. In diesem Beitrag werden Aufbau und Wirkungsweise einer pneumatisch betriebenen Dosierwaage mit digitaler Sollwerteingabe beschrieben. Wichtige Einzelelemente des Gesamtsystems sind eine pneumatische Wiegeeinrichtung, ein pneumatischer Digital-Analog-Wandler und eine Logikschaltung.

Aus den Arbeiten des Sonderforschungsbereichs 141 "Produktionstechniken in der Rinderhaltung" an der TU München-Weihenstephan.

*) Dipl.-Ing. Bernd J. Scholtysik arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landmaschinen (Direktor: o. Prof. Dr.-Ing. W. Söhne) der TU München.

1. Einleitung

Die Mechanisierung der Fütterung in der Rindviehhaltung wurde anfangs mit dem Ziel betrieben, die Arbeit zu erleichtern und Arbeitszeit zu sparen. Seit jedoch nachgewiesen werden konnte, daß durch eine gezielte Fütterungstechnik mit häufiger, regelmäßiger über den Tag verteilter, dosierter Zuteilung der Futtermittel die tierische Leistungsfähigkeit in gewissen Grenzen gesteigert werden kann, spricht neben arbeitswirtschaftlichen Gründen auch die Möglichkeit einer Leistungssteigerung für eine Mechanisierung der Fütterung [1, 2].

Prinzipiell können für die Mechanisierung der Fütterung stationäre oder mobile Anlagen verwendet werden. Mobile Anlagen in der Form von Fütterungswagen werden in der Praxis bereits erfolgreich eingesetzt. Komplette stationäre Futterverteilanlagen werden bisher nur als Versuchsanlagen erprobt [3]. Für das individuelle Zuteilen von Kraftfutter werden stationäre Kraftfutterautomaten in Melkständen verwendet. Die Schwierigkeiten bei diesem System ergeben sich dadurch, daß Hochleistungstiere in der kurzen Zeit, in der sie im Melkstand sind, nicht ausreichend viel Kraftfutter aufnehmen können.

Je nach dem verwendeten Haltungsverfahren werden an die eingesetzten Systeme unterschiedliche Anforderungen gestellt. Bei der Einzeltierfütterung im Anbindestall kann dem Freßplatz eine bestimmte Futterration zugeordnet werden. Dagegen muß bei der Einzeltierfütterung im Laufstall jedes Einzeltier identifiziert werden.