

wässerungszeit von einigen Tagen ein transport- und streufähiger organischer Dünger zur Verfügung steht.

4. Zusammenfassung

Bei der Fest-Flüssig-Trennung von Schweinegülle ist es möglich, den Feststoff mit einem anfänglichen Trockensubstanzgehalt von 9 bis 16% auf einer befestigten Deponie

weiter zu entwässern. Bei einer einmaligen Schüttung des Feststoffs nach der Trennung verändert sich durch die Sedimentation feiner Bestandteile in der unteren Schicht des Schüttkegels deren Durchlässigkeit. Daraus resultieren eine Behinderung des Entwässerungsprozesses und eine lange Entwässerungszeit. Ein Umsetzen des Feststoffs nach einer Vorentwässerung zerstört das entstan-

dene Teilchengefüge, und der Entwässerungsprozeß wird beschleunigt.

Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Güllelagerung, -aufbereitung und -ausbringung. Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft, Berlin 20 (1982) 10.
 [2] Luckner, L., u. a.: Geohydrologie, 2. Lehrbrief. Berlin: VEB Verlag Technik 1979. A 4265

Ausbringen organischer Dünger – Technologie ein- und zweistufiger Verfahren

Dr. agr. M. Schulz, Institut für Düngungsforschung Leipzig-Potsdam der AdL der DDR, Bereich Potsdam

Verwendete Formelzeichen

- AB Arbeitsbreite in m
 AK Anzahl der Arbeitskräfte
 AM Ausbringmenge in t/ha
 AS Arbeitsspiele beim Laden in min⁻¹
 AZ spezifischer Arbeitszeitbedarf in AKh/t bzw. AKh/ha
 b Beladeleistung in der Grundzeit T₁ in t/h
 e Entlade- bzw. Verteilleistung in t/h
 EN Energiebedarf (DK) in kg/t
 EN_{am} Energiebedarf für Arbeitsmittel (DK) in kg/h
 HZ Hilfszeit in min
 K Bedarf an Verfahrenskosten in M/t
 KV Verrechnungssatz Verfahrenskosten für ein bestimmtes Arbeitsmittel in M/h
 LM Lademasse je Transportmittel in t
 TE Transportentfernung (Lastfahrt 1/2 TW) in km
 TW Transportweg, Last- und Leerfahrt, in km
 TZ Teilzeiten T₂, T₃, T₄ in min
 V Rotteverluste im Zwischenlager in %
 v mittlere Transport- und Fahrgeschwindigkeit in km/h
 VK Verlustkoeffizient; Ermittlung nach $VK = \frac{100}{100 - V}$
 Vol. Volumen der Arbeitsgeräte von Ladern in m³
 ZE Teilzeit für Erholung T₀₂ im Beispiel 8% der Produktionsarbeitszeit T₀₄
 ρ Dichte in t/m³

Indizes

- B Arbeitsgang Beladen bzw. Füllen
 E Arbeitsgang Entladen bzw. Verteilen
 T Arbeitsgang Transportieren
 V Verfahren bzw. Teilverfahren
 I einstufiges bzw. durchgängiges Verfahren
 II zweistufiges bzw. unterbrochenes Verfahren

1. Problemstellung

Das Ausbringen organischer Dünger tierischer Herkunft hat einen beträchtlichen Einfluß auf den landwirtschaftlichen Reprodu-

tionsprozeß. Diese Dünger stellen in Form von Stalldung, Jauche und Gülle annähernd ein Drittel aller in der Landwirtschaft zu transportierenden Güter. Für ihren Transport und Umschlag werden etwa 10% des in der pflanzlichen Produktion zum Einsatz gelangenden DK benötigt. Somit hat jede Verbesserung der Verfahrensgestaltung, jede Einsparung von Energie, Zeit und Kosten eine beachtliche Auswirkung auf die Gesamtkonomie.

Eine effektivere Verfahrensgestaltung setzt die Kenntnis technologischer und ökonomischer Einflußfaktoren und deren Wirkung voraus. Hierfür sind Analysen durch Aufgliederung technologischer Prozesse in einzelne Operationen aufschlußreich und unerlässlich. Bei Vorliegen einer Rangfolge können zunächst solche Maßnahmen realisiert werden, die entsprechend ihrer Umsetzbarkeit das jeweils günstigste Ergebnis erwarten lassen. Das Ausbringen von organischen Düngern weist mit zahlreichen anderen Transportverfahren Gemeinsamkeiten auf. Es unterscheidet sich aber von diesen in spezifischen Aufgaben, wie dem sich unmittelbar an das Transportieren anschließenden Verteilen oder dem Einhalten pflanzenbaulicher Forderungen. Das Ausbringen wird in seinen technologischen Grundverfahren (Arbeitsgänge) in der Grundzeit T₁ von bestimmten Faktoren geprägt (Tafel 1).

Der Arbeitsprozeß selbst wird nach einstufigen bzw. durchgängigen und zweistufigen bzw. unterbrochenen Transportverfahren unterschieden. Beim einstufigen Verfahren laufen die Arbeitsgänge Beladen bzw. Füllen, Transportieren und Entladen bzw. Verteilen ohne Unterbrechung nacheinander ab. Das

zweistufige Verfahren ist unterbrochen. Zwischen der ersten und der zweiten Stufe ist eine Zwischenlagerung, mindestens jedoch ein Fahrzeugwechsel, eingefügt.

Wegen der engen Zusammenhänge zwischen dem Bedarf an Arbeitszeit einerseits sowie den Verfahrenskosten und der Energie andererseits werden die beim Ausbringen wirkenden Beziehungen auf der Basis des Bedarfs an Arbeitszeit erläutert. Den Darstellungen liegt die Zeitgliederung nach [1] zugrunde.

2. Allgemeine Betrachtungen

2.1. Beladen bzw. Füllen

Der spezifische Bedarf an Arbeitszeit wird für den Arbeitsgang Beladen bzw. Füllen in der Operativzeit T₀₂ von der erreichten Belade- bzw. Fülleistung, den eingesetzten Arbeitskräften, der Lademasse des Transportfahrzeugs sowie der Hilfszeit bestimmt:

$$AZ_{BT(02)} = AK \left(\frac{1}{b} + \frac{HZ_B}{60 LM} \right) \quad (1)$$

Die Beladeleistung b resultiert vor allem aus dem Leistungsvermögen des Lademittels sowie der Arbeits- und Einsatzorganisation. Der Arbeitszeitbedarf je t verhält sich umgekehrt proportional zur Beladeleistung (Bild 1).

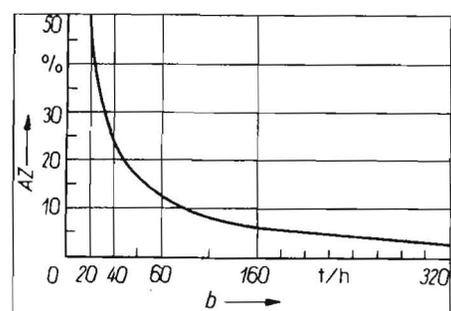
Mit zunehmender Leistungshöhe vergrößern sich demnach die erforderlichen Leistungsstufen zum Erreichen der gleichen Effektivität, verglichen mit niedrigeren Leistungsbereichen. Soll sich z. B. der Arbeitszeitbedarf bei einer Beladeleistung von 150 t/h im gleichen Verhältnis verringern wie von 40 auf 60 t/h, so müßte diese auf 225 t/h steigen. Den sich i. allg. mit steigender Leistung erhöhenden technischen Aufwendungen sollte immer ein angemessener Nutzen gegenüberstehen. Dies ist in den unteren Leistungsbereichen leichter realisierbar als in den höheren.

Beim Fördern von flüssigen organischen Düngern wird die Leistung beim Fremdbefüllen hauptsächlich vom Pumpentyp, der Förderhöhe und dem Durchmesser der Förderleistung bestimmt. Beim Selbstbefüllen von Vakuumentankwagen sind dies die Verdichterleistung, der Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) der Gülle, die Förderhöhe sowie der Querschnitt und die Länge der Saugleitung. Einen hohen Volumenstrom beim Selbstbefüllen sichern hohe Verdichterleistungen, niedrige TS-Gehalte, geringe Förderhöhen

Tafel 1. Arbeitsgänge und Faktoren beim Ausbringen organischer Dünger

Arbeitsgang	Faktoren
Beladen bzw. Füllen	Arbeitskräfte Beladeleistung
Transportieren	Arbeitskraft Transportentfernung Fahrgeschwindigkeit Lademasse
Entladen bzw. Verteilen	Arbeitskraft Entladeleistung
Zwischentransport	Arbeitskraft Transportentfernung Fahrgeschwindigkeit Lademasse
Verfahren	Rotteverluste Transportmenge

Bild 1. Einfluß der Belade- bzw. Fülleistung b auf den Arbeitszeitbedarf AZ in der Grundzeit T₁ (10 t/h ≙ 100%)



sowie kurze Saugleitungen mit großem Durchmesser. Die mit steigendem TS-Gehalt zurückgehenden Fülleistungen werden aber durch die beim Transportieren wirkenden Vorteile einer Mengenreduzierung mehrfach wieder aufgehoben.

Die Leistung der Lader beim Umschlag fester organischer Dünger wird von den Arbeitsspielen je Zeiteinheit und der gefördert Masse je Arbeitsspiel bestimmt. Die geförderte Masse ist vom Volumen des Arbeitsgeräts sowie von der Dichte des Transportguts abhängig (Bild 2):

$$b = AS \text{ Vol. } \rho \quad (2)$$

Die Anzahl der Arbeitsspiele je Zeiteinheit ist von der Wendigkeit des Laders, von der Bedienung sowie von der Arbeitsorganisation abhängig. Demnach könnte z. B. beim Laden von verrottetem Stallung (Bild 2, Variante f) durch Erhöhung der Arbeitsspiele von 2 auf 3 min⁻¹ bei entsprechender Arbeitsorganisation und einer hohen Geschicklichkeit des Mechanisators die Leistung um 20 t/h gesteigert werden. Ebenso erhöhte sich bei dekantiertem Feststoff (Bild 2, Varianten c und g) durch größere Korbgreiferschalen (um 0,17 m³) bei 3 Arbeitsspielen je min die Leistung um 14 t/h. Im Mittel ist beim Mobilkran T174-2 mit 3,2 bis 3,5 Arbeitsspielen je min in T₁ bzw. 2,5 bis 3,0 Arbeitsspielen je min in T₀₆ zu rechnen. Beim Mobilkran T185 ist es mindestens 1 min⁻¹ mehr [2].

Die beim Aufladen vorkommende Hilfszeit T₂₄₁ für das Vakuumzerzeugen vor dem Füllen, das An- und Abkoppeln der Saugschläuche sowie das Rangieren der Fahrzeuge und Lader nimmt oft den größten Anteil innerhalb der gesamten Hilfszeiten T₂₄ ein. Sie sind am einfachsten zu erfassen und abzugrenzen und daher gut beeinflussbar. Mit steigendem Anteil der Hilfszeiten wird das Leistungsvermögen zunehmend schlechter genutzt und infolgedessen die Verfahrensleistung gemindert (Bild 3).

Die Darstellungen in den Bildern 2 und 3 machen folgende Grundsätze deutlich:

- Der Anteil der Hilfszeit an der gesamten Befüllzeit wird von der Befülldauer und diese wiederum von der Ladeleistung und -masse bestimmt.

- Sinkende Lademassen und steigende Beladeleistungen verstärken die Leistungsminderung.

Somit sind besonders beim Einsatz von Fahrzeugen mit niedrigen Lademassen sowie von Lademitteln mit hohen Leistungen die Hilfszeiten konsequent zu senken.

Daraus sind nachgenannte Maßnahmen abzuleiten:

- Der Anteil der Selbstbefüllung ist zugunsten der Fremdbefüllung bei flüssigen organischen Düngern mit Hilfe von stationären bzw. mobilen Güllegebern mit hohem Förderstrom zu verringern. Im Interesse hoher Verfahrensleistungen sind Fülleistungen von über 100 t/h zu realisieren. Bei Tierproduktionsanlagen mit einer Belegung ab etwa 200 GV ist die Zweckmäßigkeit der Installation von Güllegebern zu prüfen [3].

- Für feste organische Dünger sind der Einsatz leistungsfähiger Lader vorzusehen sowie ein höchstmögliches Ausschöpfen des Leistungspotentials der Ladeeinrichtungen zu erreichen. Dazu ist erforderlich:

- bedarfsgerechtes Warten, Pflegen und Instandhalten der Beladeeinrichtung

- der Lader und das Transportfahrzeug sind in Abhängigkeit von der Lage des Streuguts so in Stellung zu bringen, daß nur ein minimaler Zeitbedarf für das Schwenken und Rücken erforderlich ist
- das Streugut ist auf möglichst kleiner Fläche zu lagern; breitflächig gelagerter Stallung vermindert die Kranleistung um mindestens 25 % [4]

- Abstimmen des Volumens der Schaufeln bzw. Greifer mit der Dichte des Ladeguts und dem Leistungsvermögen des Laders

- Die Hilfszeit ist beim Beladen auf ein Mindestmaß zu senken durch

- Einsatz der wenigsten Fahrzeuge bei ungünstigen Zu- und Abfahrten

- Reduzieren der Hilfszeit beim Selbstbefüllen durch Hilfseinrichtungen, z. B. Installation von stationären Saugleitungen mit Kupplungsanschlüssen

- Einrichten von Zwangsspuren bei längerem Rückwärtsschieben, wenn dies bei Anhängerfahrzeugen unvermeidbar ist

- Erzeugen des Vakuums für das Selbstbefüllen schon während des Transportierens.

2.2. Transportieren

Beim Arbeitsgang Transportieren wird der spezifische Arbeitszeitbedarf in der Operativzeit von Transportweg, Fahrgeschwindigkeit, Lademasse, den eingesetzten Arbeitskräften (gewöhnlich 1 AK) und der Hilfszeit geprägt:

$$AZ_{T(02)} = AK \left(\frac{TW}{v LM} + \frac{HZ_T}{60 LM} \right) \quad (3)$$

Durch die Lage der Tierproduktionsanlagen zu den Schlägen im jeweiligen Territorium, die mit organischer Substanz zu versorgen sind, ist der Transportweg im wesentlichen fixiert. Damit kann in erster Linie nur über die Geschwindigkeit und die Lademasse die Effektivität dieses Arbeitsgangs wirksam beeinflusst werden. Die mittlere Geschwindigkeit resultiert hauptsächlich aus dem Leistungsvermögen des eingesetzten Zugmittels, der Fahrbahnbeschaffenheit sowie den Bedingungen des öffentlichen Straßenverkehrs. Die Lademasse wird von der jeweiligen Auswahl der verfügbaren Arbeitsmittel bestimmt. Die Hilfszeiten T₂₄₂ und T₂₄₄ sowie die Wartezeit T₄₅ sind beim Transportieren oft schwierig zu erfassen. Sie sind häufig in der mittleren Geschwindigkeit, dem Ergebnis der Zeit-Weg-Beziehung, enthalten. Oft sind sie auch wenig oder nicht beeinflussbar. Sie alle senken in Abhängigkeit von der Ausgangsgeschwindigkeit und dem Transportweg die durchschnittliche Geschwindigkeit (Bild 4). Der Einfluß der Hilfszeiten erhöht sich mit geringer werdenden Transportwegen und steigenden Geschwindigkeiten. So reduziert eine Hilfs- und Wartezeit von 10 min auf einem Transportweg mit Längen von 2 km und 6 km die effektive Geschwindigkeit von 20 km/h um 63 % bzw. 37 % oder bei 40 km/h um 77 % bzw. 53 %.

Die Auswahl der günstigsten Verkehrswege mit möglichst wenigen Hindernissen senkt die Hilfs- und Wartezeiten. Hierbei sind weitere Entfernungen durchaus gerechtfertigt, wenn auf dem kürzeren Weg die höchste mittlere Geschwindigkeit nicht erreichbar ist, aber auf einer anderen Strecke ihre Erhöhung einen Zeitausgleich oder sogar eine Zeiteinsparung herbeiführt. Ein Fahren innerhalb der jeweiligen ökonomischen zug-

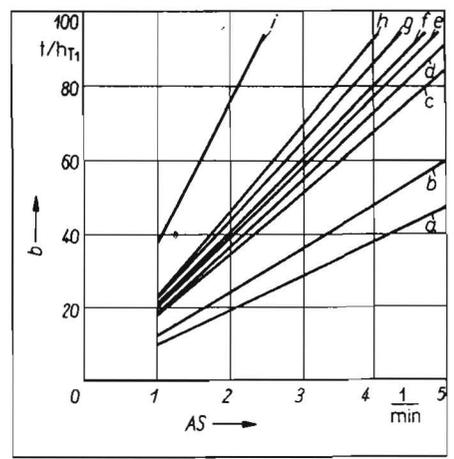
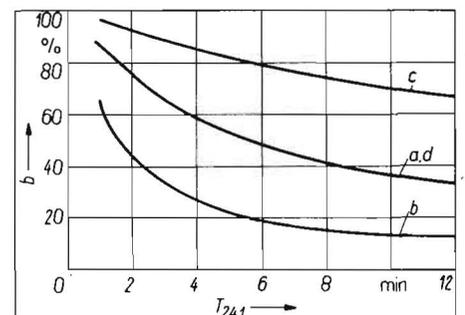


Bild 2. Belade- bzw. Fülleistung b des Mobilkrans T174-2 in Abhängigkeit von den Arbeitsspielen AS je Zeiteinheit, dem Volumen der Arbeitsgeräte Vol. sowie dem Ladegut; a abgepreßter Feststoff, Greiferschalen KN253, 0,63 m³; b abgepreßter Feststoff, Korbgreiferschalen KN259 (lichte Stabweite 50 bis 60 mm), 0,80 m³; c dekantierter Feststoff, Greiferschalen KN253, 0,63 m³; d frischer Stallung, Zinkengreifer KN254, 0,40 m³; e Kompost, Greiferschalen KN252, 0,32 m³; f verrotteter Stallung, Zinkengreifer KN254, 0,40 m³; g dekantierter Feststoff, Korbgreiferschalen KN259 (lichte Stabweite 50 bis 60 mm), 0,80 m³; h stroharter Stallung, Zinkengreifer KN254, 0,40 m³; i Kompost, Greiferschalen KN253, 0,63 m³

mittelspezifischen Betriebsbereiche wird vorausgesetzt. Das Nichterreichen der möglichen mittleren Geschwindigkeit ist oft die Folge einer Häufung von Anfahr- und Beschleunigungsphasen. Diese wiederum erhöhen den Kraftstoff- und Ölverbrauch. Nach [5] wird der DK-Bedarf von LKW z. B. durch Verringern der mittleren Fahrgeschwindigkeit von 40 auf 20 km/h um etwa 52 % erhöht.

Der Arbeitsgang Transportieren übt mit steigender Entfernung einen zunehmend dominierenden Einfluß auf den Arbeitszeitbedarf bzw. auf die Leistung und die Kosten des Verfahrens aus. Maßnahmen zur Reduzierung des Bedarfs sollten daher Vorrang haben. Der Schwerpunkt liegt hier bei der wirtschaftlichen Auslastung und Ausnutzung der Transportkapazität sowie einer guten Organisation der Transportprozesse und der Abstimmung der Transportmittel mit den Belademitteln.

Bild 3. Einfluß der Hilfszeit T₂₄₁ auf die Belade- bzw. Fülleistung b (relativ) in Abhängigkeit von der Lademasse LM des Transportmittels [t/h(T₁) ≥ 100%]; a b = 40 t/h, LM = 4 t; b b = 150 t/h, LM = 4 t; c b = 40 t/h, LM = 15 t; d b = 150 t/h, LM = 15 t



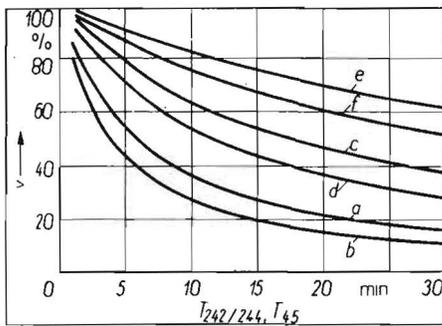


Bild 4. Einfluß der Hilfs- und Wartezeiten auf die mittlere Transportgeschwindigkeit v in Abhängigkeit vom Transportweg TW [km/h ($T_e \cong 100\%$);
 a $TW = 2$ km, $v = 20$ km/h; b $TW = 2$ km, $v = 30$ km/h; c $TW = 6$ km, $v = 20$ km/h; d $TW = 6$ km, $v = 30$ km/h; e $TW = 16$ km, $v = 20$ km/h; f $TW = 16$ km, $v = 30$ km/h

Bei der Verfahrensgestaltung ist zunehmenden notwendigen Transportentfernungen mit höheren Geschwindigkeiten und Lademas- sen zu begegnen. Hierfür sind die Fahrzeuge so auszuwählen, daß
 - in kurzer Zeit die höchste, von der Fahr- bahn abhängige, fahrzeugspezifische Ge- schwindigkeit erreicht wird
 - mit zunehmendem Transportweg die Möglichkeiten einer Erhöhung der Lade- masse und deren Ausnutzung voll ausge- schöpft werden.

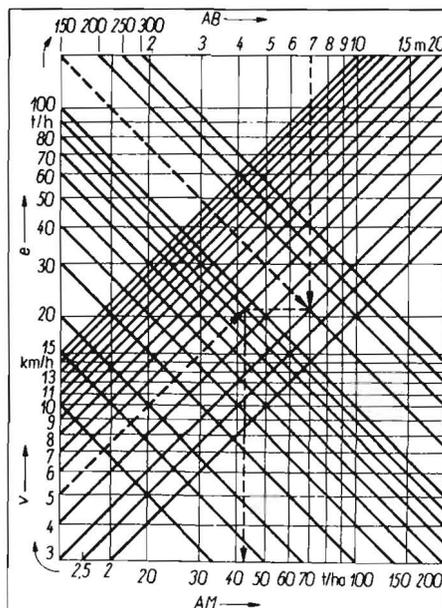
2.3. Entladen bzw. Verteilen

Die Höhe des spezifischen Bedarfs an Arbeitszeit in der Operativzeit ist von der Entladeleistung, weiterhin - wie beim Beladen - von den eingesetzten Arbeitskräften (gewöhnlich 1 AK), der Lademas- se des Transportfahrzeugs sowie der Hilfszeit abhängig:

$$AZ_{E(T_{02})} = AK \left(\frac{1}{e} + \frac{HZ_E}{60 LM} \right) \quad (4)$$

Der Haupteinflußfaktor beim Arbeitsgang Entladen bzw. Verteilen ist die Entladeleistung bzw. der Durchsatz. Die Ausbringungsmenge ist von der Verteilei-

Bild 5. Einfluß von Verteileistung e , Fahrge- schwindigkeit v und Arbeitsbreite AB auf die Ausbringungsmenge AM beim Verteilen organischer Dünger



stung (Durchsatz) sowie von der Arbeits- breite und der Verteilgeschwindigkeit abhän- gig (Bild 5). Kurze Entladezeiten sind durch Ausschöpfen der potentiellen Leistungsfähig- keit des Verteilfahrzeugs anzustreben. Hohe Durchsätze bedingen bei gleichen Ausbring- mengen größere Arbeitsbreiten oder -ge- schwindigkeiten bzw. beides. Zunehmende Geschwindigkeiten wiederum erhöhen beson- ders auf lockeren Fahrbahnen sehr stark den Kraftstoffverbrauch. Die Möglichkeit der Geschwindigkeitserhöhung ist deshalb nur bei festem ebenem Untergrund zu wählen. Höhere Arbeitsbreiten verringern gleichzei- tig den Fahrspuranteil je Flächeneinheit. Andererseits ist der steigende Kraftstoffver- brauch mit zunehmender Motorbeanspru- chung infolge höherer Durchsätze, beson- ders bei festen organischen Düngern, zu be- rücksichtigen.

Hohe, über die Normalgabe hinausgehende Mengen an organischer Substanz, ausge- bracht in größeren Zeitabständen, wären durch ein Reduzieren von Arbeitsgängen und Erhöhen der Verteilleistung eine Maß- nahme zum Einsparen von Arbeitszeit und Verfahrenskosten. Diese Einsparungen sind jedoch durch die spezifische Wirkungsweise der organischen Dünger wesentlich geringer als die bei regelmäßiger Zufuhr erzielten Mehrerträge und -erlöse [6]. Daher ist dieser Weg abzulehnen.

Der Zeitbedarf für das Entladen am Zwi- schenlager enthält die Dauer des Kippvor- gangs, einschließlich der erforderlichen Vor- bereitungen, sowie das Wiederherstellen der Fahrbereitschaft der Transporteinheit. Das Durchführen und Kontrollieren des Kippvor- gangs einschließlich der Anhänger vom Sitz- platz des Fahrers aus, kurze Hebe- und Senkzeiten, automatische Betätigung der Bord- wand von Grund- und Zusatzaufbauten so- wie ausreichende Fahrbahn- und Manövrie- rungsbedingungen und gute Organisation auf dem Gelände der Zwischenlagerung sind Voraus- setzungen für kurze Entladezeiten. Hilfs- zeiten beim Entladen T_{243} , Erzeugen von Über- druck im Tank, An- und Abkuppeln des Ver- teilers, Öffnen und Schließen der Bord- wände sowie Rangierfahrten an der Entlade- stelle senken die Verfahrensleistung.

3. Technologische Probleme ein- und zweistufiger Verfahren

3.1. Methodische Grundlagen

Sind die spezifischen Bedarfswerte in der Schichtzeit T_{08} anzugeben, werden zu den Werten in der Operativzeit T_{02} für die jewei- ligen Arbeitsgänge die übrigen Teilzeiten für die Pflege und Wartung T_3 sowie das Beseiti- gen von Störungen T_4 anteilig addiert [7]. Für die Erholungszeit T_5 werden zur Produktions- arbeitszeit T_{04} 8% sowie für die Wegezeit T_6 , die Zeit für die technische Wartung T_7 und die Standzeit T_8 nach der Empfehlung von Lenk u. a. [8] im Mittel 32% zur Stückzeit T_{05} hinzugezählt, zusammengerechnet ein Zu- schlag von 42,56%.

$$AZ_B = 1,4256 AK \left(\frac{1}{b} + \frac{TZ_B}{60 LM} \right) \quad (5)$$

$$AZ_T = 1,4256 AK \left(\frac{TW}{v LM} + \frac{TZ_T}{60 LM} \right) \quad (6)$$

$$AZ_E = 1,4256 AK \left(\frac{1}{e} + \frac{TZ_E}{60 LM} \right) \quad (7)$$

Somit ergibt sich für das einstufige Verfah- ren in der Schichtzeit:

$$AZ_{VI} = AZ_{BI} + AZ_{TI} + AZ_{EI} \quad (8)$$

Beim zweistufigen Transportverfahren sind außerdem beim Ausbringen fester organi- scher Dünger, besonders Stalldung, noch auftretende Rotteverluste zu berücksichti- gen:

$$AZ_{VII} = VK (AZ_{BI1} + AZ_{TI1} + AZ_{EI1}) + (AZ_{BI2} + AZ_{TI2} + AZ_{EI2}) \quad (9)$$

in Kurzform

$$AZ_{VII} = VK AZ_{VI1} + AZ_{VII2} \quad (10)$$

(Index I11 Zwischentransport; Beladen, Transportieren bis Zwischenlager oder Ort des Umschlags, Entladen am Zwischenlager oder Transportmittelwechsel; Index I12 Bela- den am Zwischenlager oder Wechsel des Transportmittels, Transportieren, Entladen bzw. Verteilen auf Düngefläche).

Zusätzliche Rotteverluste treten hauptsäch- lich bei längerer Zwischenlagerung und un- sachgemäßer Lagerung auf. Im Interesse ei- ner hohen Wirksamkeit in der Pflanzenpro- duktion sind diese so gering wie möglich zu halten. Gegenwärtig erfüllen z. B. nur etwa 50% der LPG und VEG die Anforderungen an eine ordnungsgemäße Stapelung [4]. Hinzu kommt, daß die Aufwendungen für jede t Stalldung, die umgeschlagen, gelagert und transportiert wurde, aber durch anschlie- ßend entstandene Verluste für die pflanzli- che Produktion nicht mehr verfügbar ist, die verbleibende wirksam eingesetzte Menge zusätzlich belasten. Gegenüber dem einstu- figen Transport liegt hier eine Erhöhung des Transportaufwands vor. Aufgrund des konti- nuerlichen Anfalls und der zeitlich begrenz- ten Verwertungsmöglichkeiten ist das Sam- meln und Lagern und damit das Entstehen von Rotteverlusten bei festen organischen Düngern nicht zu vermeiden. Diese und der auftretende Mehrbedarf an vergegenständ- licher und lebendiger Arbeit sind jedoch so gering wie möglich zu halten:

- Das Lagern von Stalldung ist bis zum Ein- satz in der Pflanzenproduktion entspre- chend den betrieblichen Erfordernissen und Möglichkeiten so lange wie möglich am Anfallort vorzunehmen. Hier meist vorhandene günstigere Bedingungen fö- hren zu niedrigeren Verlusten und einem geringeren Aufwand gegenüber dem La- gern am Feldrand. Der Pflanzenproduk- tion steht dadurch u. a. mehr Stalldung zur Verfügung. Das zusätzliche Stapeln und Verdichten am Feldrand entfällt.
- Das Ausstreuen der am Feldrand liegen- den festen organischen Dünger ist inner- halb der Zeitspannen zu realisieren, in de- nen die zusätzlichen Rotteverluste gering gehalten werden können.
- Wird die Lagerzeit am Feldrand von 14 Ta- gen wesentlich überschritten, sind die Rotteverluste durch Stapeln bzw. Hoch- setzen und ggf. durch Verdichten zu min- dern.

Zur Nutzungsrechnung des Einsatzes organi- scher Dünger in der Pflanzenproduktion wird der Bedarf an Arbeitszeit für das Aus- bringen ebenso wie der an Energie und Kos- ten i. allg. auf die Düngefläche bezogen. Hierzu ist der spezifische Bedarf je t ausge- brachter organischer Dünger mit der Auf- wandmenge AWM zu multiplizieren:

$$AZ = AZ_V AWM \quad (11)$$

Hierbei wird nochmals die dominierende ar- beitswirtschaftliche Bedeutung der Aufwand-

bzw. der Transportmenge bei auftretenden Rotteverlusten im Zwischenlager an der Gesamteffektivität des Verfahrens sichtbar. Der jeweilige Bedarf vervielfacht sich um den Wert der Aufwand- bzw. Transportmenge. Alle Maßnahmen zur Erhöhung der Effektivität sind deshalb vorrangig auf eine Reduzierung der Transportmenge zu lenken, die u. a. realisiert wird durch:

- Reduzierung des Wasseranteils bei Gülle Wird z. B. der TS-Gehalt bei Gülle von 3% auf 4% erhöht, kommt dies einer Verringerung der Güllemenge um 25% gleich. Damit sinkt der Bedarf an Arbeitszeit, Verfahrenskosten und Energie um etwa diese Größenordnung [9].
- Vermeidung des Transportierens derjenigen Mengen an festen organischen Düngern, die bei anschließender Lagerung durch die Rotte verlorengehen
- verstärkte Einbeziehung der Strohdüngung bzw. anderer Maßnahmen zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit auf abgelegenen Schlägen
- Organisation des Transports auf der Grundlage einer die Gülle- und Stallungsausbringung einbeziehenden Transportoptimierung.

3.2. Ein- und zweistufiges Ausbringen

Das Ausbringen von Gülle und Jauche erfolgt gegenwärtig zumeist einstufig. Nur ein geringer Teil wird im unterbrochenen Verfahren ausgebracht, wie z. B. das Füllen und Entleeren von Zwischenlagerbehältern besonders im feldnahen Bereich mit Hilfe von Tankfahrzeugen. Der Anteil wird sich voraussichtlich in den nächsten Jahren im Rahmen des Neubaus von Güllelagern erhöhen. Für die andere Möglichkeit eines zweistufigen Ausbringens von Gülle, dem Umfüllen von Tankfahrzeugen z. B. am Feldrand, besteht bei den jetzigen verfügbaren Tankfahrzeugen HTS 100.27 (Nutzmasse 10 t) und LKW W50 LA/G (Nutzmasse 4,8 t) keine arbeitswirtschaftliche Notwendigkeit. Bedeutung erlangen diese Verfahren mit höherer Nutzlast der Tankfahrzeuge, z. B. mit etwa 18 bis 20 t, für den Transport zum Feldrand und Umfüllen in ein kleineres Verteilfahrzeug. Auch bei einem feldgebundenen Verteilfahrzeug mit bodenschonendem Fahrwerk wäre eine solche zweistufige Ausbringung diskutabel.

Bei den festen organischen Düngern werden für den Arbeitsgang Verteilen überwiegend der Stallungstreuer D 132/1 als Zusatzausrüstung zum Mehrzweckanhänger T087/2 (Nutzmasse 5 t), der Spezialanhänger HTS 90.04/T 088 (Nutzmasse 8,9 t) mit Stallungstreuer D 353 sowie in einigen Betrieben der Universalstreuer RUR-5 (ČSSR, Nutzmasse 5 t) eingesetzt.

Zum Transport im zweistufigen Verfahren können universell einsetzbare Transportmittel, wie Kippanhänger im Traktoren- oder LKW-Zug sowie LKW (Kipper), zum Einsatz gelangen. Bei den Anhängern sollten vorrangig der HW60.11 (Nutzmasse 5,8 t) und der HW80.11 (Nutzmasse 8 t) Anwendung finden.

Bei diesen Düngern überwiegt aus verschiedenen Gründen das zweistufige Ausbringen, obwohl in vielen Fällen das durchgehende Verfahren, aus technologischer Sicht betrachtet, ökonomisch günstiger abschneidet.

Die Wahl des Verfahrens, wie Art und Zeitpunkt des Ausbringens oder des Zwischentransports, ist vorrangig von der Erfüllung folgender Anforderungen abhängig zu machen:

- geringe Substanz- und Nährstoffverluste bei vertretbarem Aufwand
- geringstmöglicher Bedarf an Energie, Arbeitszeit und Verfahrenskosten bei Beachtung von
 - verfügbarer Lagerkapazität
 - Umfang der auszubringenden Stallungsmengen während der optimalen agrotechnischen Zeitspannen
 - Transportentfernung
 - Typ und Anzahl der vorhandenen Transport- und Streufahrzeuge
- Koordinierung von Arbeitszeitbedarf und Arbeitsvermögen aus gesamtbetrieblicher Sicht.

Als Entscheidungshilfe können für solche Überlegungen die vom Bedarf an Energie, Arbeitszeit und Verfahrenskosten abgeleiteten Entfernungsgrenzen herangezogen werden, an denen der technologische Vorteil des einstufigen Verfahrens auf das zweistufige Verfahren überwechselt.

Für die Grenzwertermittlung kann man die Beziehungen (8) und (9) als Gleichung aufstellen, damit einen gleichen Arbeitszeitbedarf für beide Verfahren voraussetzen und nach der Transportentfernung $TE_{i,111}$ auflösen.

Ebenso sind der Bedarf an Verfahrenskosten und der Energiebedarf für das Arbeitsmittel zu behandeln. Das Errechnen erfolgt zweckmäßigerweise iterativ (Tafel 2).

Die entsprechenden Werte können aus [8, 10] und Bild 6 entnommen werden, falls keine eigenen betriebsspezifischen Normen verfügbar sind. Liegen letztere vor, so ist v in T_{08} wie im Bild 6 zu berechnen und auszuweisen, da der besseren Übersicht wegen auf den Zuschlag und die Teilzeiten in den Gln. (11) bis (13) verzichtet wurde. Gleiches gilt für AK_T und VK .

Wird Gl. (10) herangezogen, können der mittlere Bedarf an Verfahrenskosten KV und der Energiebedarf für Arbeitsmittel EN_{Am} je

Einsatzstunde für das jeweilige Verfahren V_i bzw. Teilverfahren V_{i11} ermittelt werden:

$$KV = \frac{K_{Vi}}{AZ_{Vi}} \text{ bzw. } \frac{K_{V111}}{AZ_{V111}}$$

$$EN_{Am} = \frac{EN_{Vi}}{AZ_{Vi}} \text{ bzw. } \frac{EN_{V111}}{AZ_{V111}}$$

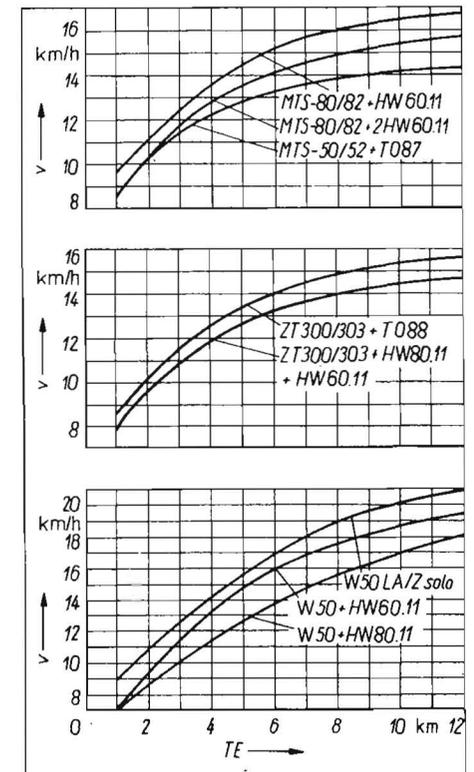
Als Beispiel für die Grenzwertbestimmung ist das einstufige Ausbringen von Stallung mit den Traktoren MTS-50 bzw. MTS-52 und dem Anhänger T087, verglichen mit dem günstigsten Verfahren - Zwischentransport mit den Traktoren ZT 300 bzw. ZT 303 und den Anhängern HW80.11 bzw. HW60.11 sowie anschließendes Streuen mit den Traktoren MTS-50 bzw. MTS-52 und dem Anhänger T087 - aus der Sicht des DK-Bedarfs bis 3,6 km, der Verfahrenskosten bis 6,5 km oder der Arbeitszeit bis 3,4 km überlegen. Bei Überschreitung dieser Entfernungen weist umgekehrt das zweistufige Verfahren einen geringeren Bedarf auf.

Das einstufige Ausbringen von festen organischen Düngern mit den Traktoren ZT 300 bzw. ZT 303 und dem Anhänger T 088 hat gegenüber allen gegenwärtig möglichen Varianten des zweistufigen Verfahrens sogar bis zu einer Transportentfernung von rd. 12 km einen geringeren Bedarf an Energie, Arbeitszeit und Verfahrenskosten.

Eine Verringerung bzw. Eliminierung des beim zweistufigen Ausbringen auftretenden Mehrbedarfs für den doppelten Umschlag sowie die zusätzlichen Rotteverluste wird durch folgende Maßnahmen begünstigt:

- wachsende Überlegenheit von Geschwindigkeit und Lademasse der Fahrzeuge für den Zwischentransport gegenüber den einstufig eingesetzten, wie Einsatz großvo-

Bild 6. Mittlere Transportgeschwindigkeiten v beim Ausbringen organischer Dünger in Abhängigkeit von den eingesetzten Zugmitteln, der Transportmittelzusammenstellung sowie der Transportentfernung TE , verändert nach [11]



Tafel 2
Berechnungs-
gleichungen

Arbeitszeitbedarf

$$TE_{i,111} = \frac{[(AZ_{B111} + AZ_{E11} + AZ_{V112}) - (AZ_{B1} + AZ_{E1})] \cdot v_i \cdot LM_i \cdot v_{111} \cdot LM_{111}}{2(v_{111} \cdot LM_{111} - v_i \cdot LM_i)} \quad (11)$$

Verfahrenskosten

$$TE_{i,111} = \frac{(K_{B111} + K_{E11} + K_{V112}) - (K_{B1} + K_{E1})}{2 \left(\frac{KV_i}{v_i \cdot LM_i} - \frac{KV_{111}}{v_{111} \cdot LM_{111}} \right)} \quad (12)$$

Energiebedarf

$$TE_{i,111} = \frac{(EN_{B111} + EN_{E11} + EN_{V112}) - (EN_{B1} + EN_{E1})}{2 \left(\frac{EN_{Ami}}{v_i \cdot LM_i} - \frac{EN_{Am111}}{v_{111} \cdot LM_{111}} \right)} \quad (13)$$

Tafel 3. Annähernde Grenzen der Transportentfernung in km, an denen der technologische Vorteil des einstufigen auf das zweistufige Verfahren überwechselt, in Abhängigkeit vom Bedarf an Arbeitszeit, Verfahrenskosten und Energie (Leistung beim Beladen mit dem Mobilkran T 174-2 50 t/h, Ausbringungsmenge 30 t/ha, keine Rotteverluste im Zwischenlager)

Ausbringen mit MTS-50/52 + T 087 mit D 132/1 (ein- und zweistufig eingesetzt)	Varianten an Fahrzeugtypen für den Zwischentransport						
	Kriterium:	MTS-80/82		ZT 300/303	W50 LA/Z	W50 LA/Z	W50 LA/Z
Bedarf je Tonne	+ HW60.11	+	2 HW60.11	+ HW80.11/ solo	+ HW60.11	+ HW80.11	
Arbeitszeit	11	3,8	3,4	13	4,8	3,8	
Verfahrenskosten	19	6,6	6,5	31	9,2	7,7	
Dieselmotorkraftstoff	14	4,1	3,6	x	8,6	5,7	

x einstufiges Ausbringen stets überlegen

lumiger Anhänger im Doppelzug mit Traktoren oder in Kombination mit LKW
 – steigende Beladefähigkeiten, die den Mehrbedarf für den doppelten Umschlag reduzieren
 – sinkende Rotteverluste im Zwischenlager.
 Zwischentransporte mit nur einem Anhänger oder mit dem LKW im Soloeinsatz sind deshalb nur in Ausnahmefällen unter schwierigen Einsatzbedingungen vertretbar.

Wird der Dung schon bei geringeren Transportentfernungen als den in Tafel 3 aufgeführten Grenzen zweistufig ausgebracht, sollten die dafür ausschlaggebenden Gründe den Mehraufwand rechtfertigen. Dabei sind die betriebswirtschaftlichen Vor- und Nachteile der beiden Ausbringverfahren unter Berücksichtigung der technologisch begründeten Entfernungsgrenzen gegeneinander abzuwägen. Ist dies nicht erreichbar, wird mit höherem Aufwand ausgebracht, als notwendig wäre. Vorteile des zweistufigen Verfahrens sind besonders:

- größere Schlagkraft durch hohe Streuleistung in den agrarisch günstigsten Zeitspannen infolge Einsparung des Transports beim Ausbringen
- schonende Nutzung der Streufahrzeuge
- höhere Auslastung des vorhandenen Transportraums sowie des vorhandenen Arbeitsvermögens durch Nutzung der Arbeitstaler für den Zwischentransport sowie Abbau von Arbeitsspitzen während

- der Ernte- und Bestellarbeiten im Herbst
- Nutzung von leistungsfähigeren und billigeren Transportmitteln
- geringerer Investitionsbedarf für Streufahrzeuge und Dunglagerstätten
- niedrigerer Energiebedarf durch Nutzen günstiger Fahrbahnbedingungen zur Zeit des Streuens, ermöglicht auch durch die höhere Schlagkraft.

4. Zusammenfassung

Das Ausbringen von Stalldung, Jauche und Gülle hat auch durch den Transportumfang einen hohen Einfluß auf den landwirtschaftlichen Reproduktionsprozeß. Damit hat jede Verringerung des Aufwands an Energie, Kosten und Zeit eine große Auswirkung. Hierzu sind Analysen durch Aufgliederung technologischer Prozesse in einzelne Operationen aufschlußreich. Im einzelnen werden die Arbeitsgänge Beladen, Transportieren und Entladen untersucht und anhand der jeweils wirkenden Faktoren Hinweise für die Verfahrensorganisation gegeben. Besonders sind hohe Be- und Entladeleistungen zu erreichen, dem Aufwand für weitere Transportentfernungen ist vor allem durch höhere Geschwindigkeiten und Lademassen zu begegnen, und die Hilfszeiten sind konsequent zu senken. Den höchsten arbeitswirtschaftlichen Einfluß hat die Transportmenge. Deshalb sind alle Maßnahmen auf eine Effektivitätsverbesserung zu lenken, z. B. Erhö-

hung des TS-Gehalts bei Gülle und Vermeidung von Rotteverlusten nach dem Transport von Stalldung. Bei der Auswahl des ein- oder zweistufigen Ausbringens organischer Dünger sind sowohl technologische als auch arbeitswirtschaftliche Aspekte zu berücksichtigen.

Literatur

- [1] Schmid, H.: Zeitgliederung für Transport und Umschlag in der Landwirtschaft. agrartechnik, Berlin 27 (1977) 7, S. 297–300.
- [2] Kautzleben, B.; Kunzelmann, M.: Die Entwicklung der Produktion landwirtschaftlicher mobiler Umschlagmaschinen im VEB Weimar-Werk. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 4, S. 172–174.
- [3] TGL 24198/04 Aufbereitung und Verwertung von Gülle; Einsatz in der Pflanzenproduktion und Ausbringung. Ausg. 1981.
- [4] Eich, D.; Körschens, M., u. a.: Richtwerte und Normative für die Versorgung der Böden mit organischer Substanz zur Erzielung hoher und stabiler Erträge als Bestandteil komplexer Verfahren zur Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Bericht 1979.
- [5] Ehlich, M.: Methode zur Bestimmung des Transportmittelbedarfs und Schlußfolgerungen für die Ausrüstung der Landwirtschaft und Nahrungsgüterproduktion. Dt. Agrartechnik, Berlin 19 (1969) 1, S. 31–33.
- [6] Wissing, P.: Ermittlung ökonomischer Effekte der organischen Düngung. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Synthetische Information 1978.
- [7] Schulz, M.: Technologische und ökonomische Ergebnisse über das Ausbringen von flüssigen und festen organischen Düngern tierischer Herkunft mit Fahrzeugen. Institut für Düngungsforschung Leipzig-Potsdam, Dissertation A 1980.
- [8] Lenk, S.; Focke, C., u. a.: Richtwerte für die Planung der Pflanzenproduktion. Markkleeberg: agra-Broschüre 1978.
- [9] Schulz, M.: Hinweise zum Ausbringen organischer Dünger. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 11, S. 503–506.
- [10] Koriath, H.; Schulz, M.; Zimmermann, K.-H.: Stalldung und Jauche – Lagerung und Ausbringung. Markkleeberg: agra-Broschüre 1978.
- [11] Priebe, D.: Zeitrichtwerte für den Transport in den sozialistischen Landwirtschaftsbetrieben. Forschungsinstitut für landwirtschaftlichen Transport an der Hochschule für LPG Meißen, Katalog 1971. A 4022



VEB Lagerausrüstungstechnik Leipzig
 Betrieb des VEB Kombinat Leipziger Metallbau
 DDR-7113 Markkleeberg,
 Spinnerestr. 12
 Telefon: 3913216



Exporteur:
LIMEX-BAU
 EXPORT-IMPORT
 Volkseigener Außenhandelsbetrieb der DDR
 DDR-1020 Berlin
 Breite Straße 12/17 Postfach 4
 Telefon 2 30 Telex 01149 68/69

Bunker für Schüttgüter 26 t und 215 t

- zur Lagerung bzw. Zwischenlagerung von Kohle, Kartoffeln, Getreide sowie Schüttgüter mit Schüttdichte bis 800 kg/m³