

# Landtechnische Forschung

HERAUSGEBER: KURATORIUM FÜR TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTL)  
 LANDMASCHINEN- UND ACKERSCHLEPPER-VEREINIGUNG (LAV) IM VDMA  
 MAX-EYTH-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER LANDTECHNIK (MEG)

Heft 5 / 1967

MÜNCHEN

17. JAHRGANG

H. Göhlich und M. Brübach:

## Mischeffekt und Behälterinhalt bei Schleuderdüngerstreuern

Institut für Landtechnik, Technische Universität Berlin

Der folgende Aufsatz nimmt Stellung zu einigen Fragen, die mit der Mischung und dem Ausfluß verschiedener Mineraldünger bei angebauten Schleuderdüngerstreuern in Zusammenhang stehen. Hierbei wird auch die Frage untersucht, inwieweit größere Behälter der Anbaustreuer bei den vermehrt im Einsatz befindlichen stärkeren und schwereren Schleppern tragbar sind, wobei dann auch die Mischintensität verbessert werden kann.

### Ausflußverhältnisse

Schichtweise in einen Behälter eingegebenes Schüttgut durchmischt sich beim Ausfluß am Boden nach gewissen Gesetzmäßigkeiten, die aus der Verfahrenstechnik bekannt sind [1]. Es bildet sich über der Ausflußöffnung eine bevorzugte Fließbewegung, die sich bis zum oberen Behälterstand fortsetzt und nach einer Übergangsphase eine Mischung einzelner Schichten bewirkt (Bild 1). Die Mischung ist allerdings von den Fließeigenschaften des zu mischenden Gutes, von der Behälterform und noch weiteren Faktoren abhängig, so daß größere Konzentrationsschwankungen des zu mischenden Gutes über der Ausflußzeit zu erwarten sind. Die Verhältnisse beim Ausfließen allein durch die Schwerkraft werden sofort verändert, wenn eine zwangsläufige Störbewegung beispielsweise durch ein mechanisches Rührwerk den Gutfluß beeinflusst. Solche Rührwerke sind schon allein zur Vermeidung von Brückenbildungen in Schleuderdüngerstreuern erforderlich und üblich. Der Mischungsgrad wird ferner von der Gesamtausflußzeit, d. h. von der Größe der Ausflußöffnung, und der Verweilzeit des Düngers unter Rührwerkeinfluß bestimmt.

Die Zeit für den Auslauf des Behälterinhalts  $t_a$  hängt vom Durchsatz  $Q$  und vom gesamten Inhalt ab.

$$Q = M \cdot b \cdot v$$

$$\text{und } t_a = \frac{J}{Q} = \frac{J}{M \cdot b \cdot v}$$

wobei

- $M$  = Hektargabe
- $b$  = Arbeitsbreite
- $v$  = Arbeitsgeschwindigkeit
- $J$  = Behälterinhalt

Allerdings kann bei gleichbleibender Größe des Ausflußquerschnittes infolge unterschiedlicher Form die Ausflußmenge variieren. Größenordnungsmäßig ergeben sich Ausflußverhältnisse bei unterschiedlicher Form und Körnung, wie sie in Bild 2 angegeben sind. Wegen der Verstellbar-



Bild 1: Fließverhalten eines Granulats (Körnung 0,3–1,0 mm)

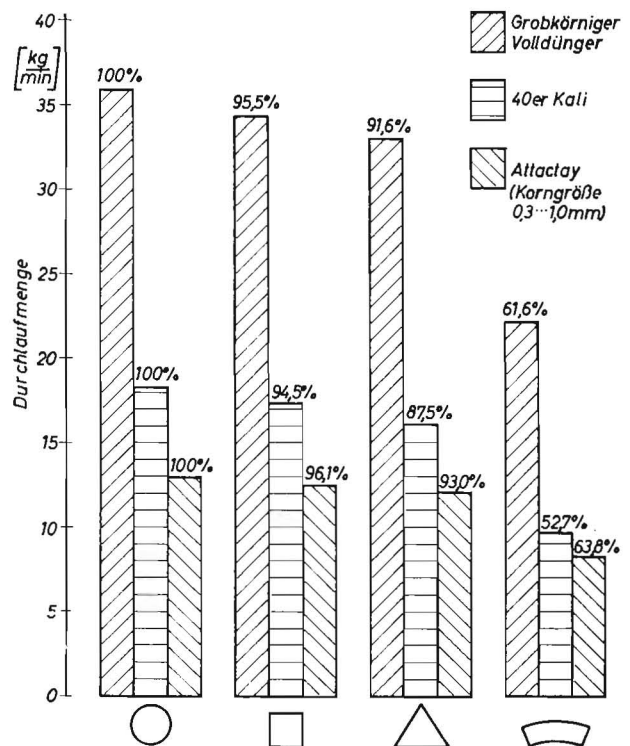


Bild 2: Ergebnisse von Auslaufversuchen in Abhängigkeit von der Querschnittsform (alle Versuche ohne Rührwerk). Größe der Öffnung: 10 cm<sup>2</sup>

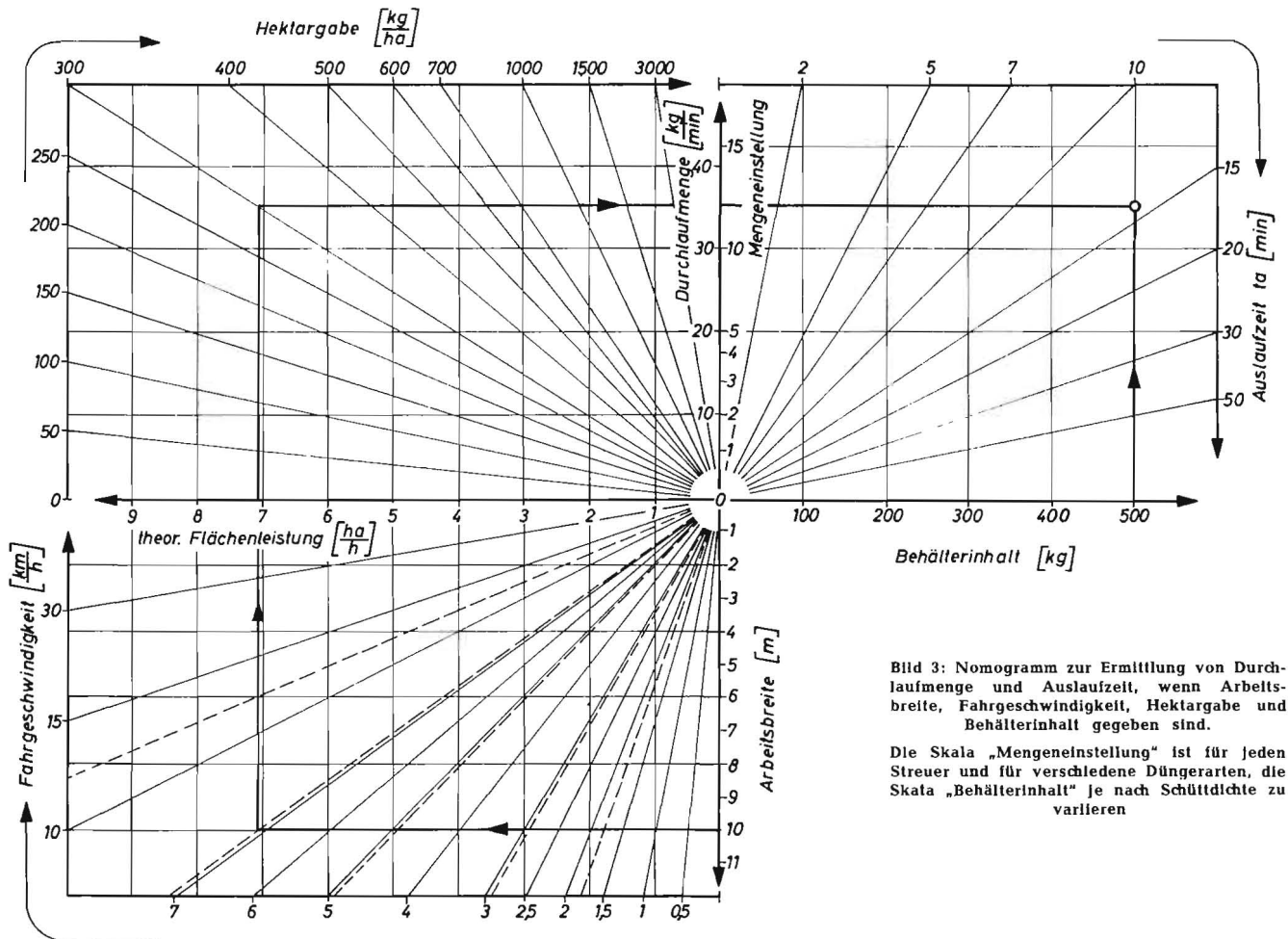


Bild 3: Nomogramm zur Ermittlung von Durchlaufmenge und Auslaufzeit, wenn Arbeitsbreite, Fahrgeschwindigkeit, Hektargabe und Behälterinhalt gegeben sind.

Die Skala „Mengeneinstellung“ ist für jeden Streuer und für verschiedene Düngerarten, die Skala „Behälterinhalt“ je nach Schüttdichte zu variieren

keit der Öffnung benutzt man häufig Bogenabschnitte, die gegenüber gleichgroßer runder oder quadratischer Öffnung einen verminderten Durchfluß, beispielsweise bei Kali bis zu 45 %, ergeben können. Allzu starke Formänderungen durch Querschnittsänderungen können ähnliche Beeinflussungen des Durchflusses ergeben.

Je länger die Auslaufzeit wird, d. h. je länger sich das Streugut im Behälter befindet, um so besser wird die Durchmischung. Der Mischungsgrad  $\varphi$  ist bei festliegender Hektargabe somit auch eine Funktion der Behältergröße

$$\varphi \sim \frac{J}{Q}$$

Dabei ist der Einfluß der verschiedenen Rührwerkskonstruktionen noch nicht berücksichtigt.

Entsprechend der Durchlaufmenge für verschiedene Mengeneinstellungen kann man für jeden Streuer ein Diagramm aufstellen, aus dem für jede Einstellung die Fahrgeschwindigkeit ermittelt wird, für die die Hektargabe in gewünschter Menge anfällt. Dieses Diagramm ist in Bild 3 mit eingebaut. Außerdem sind hier die Fahrgeschwindigkeiten hervorgehoben, die allein mit einem bestimmten Schleppertyp möglich sind, da nur bei diesen Geschwindigkeiten die Nenn-drehzahl des Schleppermotors und damit die Zapfwelldrehzahl von 540 U/min eingehalten wird. Ein Beispiel möge die Aussagefähigkeit des Diagramms dokumentieren:

Ein Schleuderstreuer habe beim Ausbringen eines grobkörnigen Volldüngers (Schüttdgewicht  $\gamma_s = 1 \text{ kg/dm}^3$ ) eine Arbeitsbreite von 10 m; die Fahrgeschwindigkeit betrage 7,1 km/h. Damit ergibt sich eine theoretische Flächenleistung von etwa 7 ha/h. Für die geforderte Hektargabe von 300 kg ist eine Durchlaufmenge von 35 kg/min erforderlich; diese

entspricht einer ganz bestimmten Mengeneinstellung, z. B. Einstellung „12“. Bei einem Behälterinhalt von 500 kg beträgt dann die Auslaufzeit  $t_a$ , also die theoretische Arbeitszeit mit einer Füllung etwa 14 min. Es wäre denkbar, daß ein solches einfaches Nomogramm auch für Betriebsanleitungen geeignet sein könnte.

### Mischintensität im Behälter

Da nicht ohne weiteres zu übersehen ist, welchen Einfluß verschiedene Rührwerksformen und Behälterformen auf die Mischintensität haben, sind einige Untersuchungen über den Mischeffekt bei schichtweise eingegebenem Thomasphosphat und Kali angestellt worden. Die untersuchten Schleuderstreuer wurden mit serienmäßigen Rührwerken sowie Windschutzeinrichtungen einsatzfertig am Schlepper angebaut. Der Vorratsbehälter wurde in nachstehender Reihenfolge schichtweise befüllt:

- 50 kg Thomasphosphat
- 50 kg 40er Kali
- 100 kg Thomasphosphat
- 50 kg 40er Kali
- 50 kg Thomasphosphat.

Die Zapfwelldrehzahl betrug bei allen Streuern  $n_{zw} = 540$  U/min. Die Mengeneinstellung wurde so gewählt, daß bei einer Fahrgeschwindigkeit von 5 km/h zwischen 500 und 1 100 kg/ha anfallen. Damit mußte die Auslaufzeit  $t_a$  bei 11 bis 14 min liegen.

Die Versuche wurden im Stand durchgeführt. Düngerproben wurden in Abständen von einer Minute gleichzeitig in der Mitte und an beiden Enden des Windschutzes entnommen.

Eine Analyse der Gemischproben nach der flammenfotometrischen Methode (Kalibestimmung nach HCl-Aufschluß)

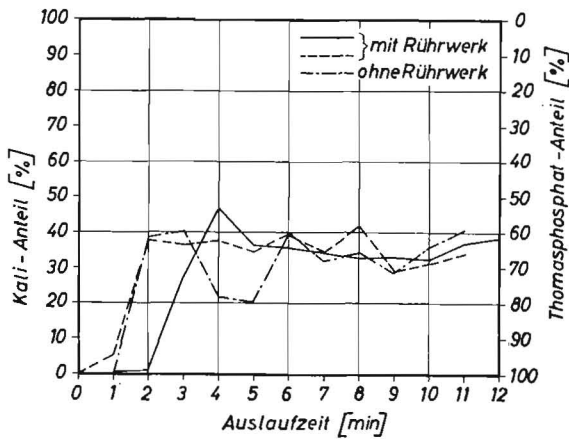


Bild 4: Zusammensetzung der Proben in Abhängigkeit von der Auslaufzeit bei 3 verschiedenen Schleuderstreuern

erwies sich als ungeeignet, weil dabei je Probe zu kleine Mengen (< 1 g) untersucht werden mußten. Erst eine Probe von 5 g kann als repräsentativ angesehen werden. Hierzu würden dann jedoch sehr große Mengen destillierten Wassers erforderlich sein, was dieses Verfahren sehr unwirtschaftlich werden läßt.

Zwei andere mechanische Meßmethoden wurden auf ihre Brauchbarkeit hin untersucht:

1. Einsatz von 100-g-Proben in eine Siebkolonne mit anschließender Auswägung des Durchgangs.
2. Bestimmung der jeweiligen Schüttdichte.

Beide Versuchsanordnungen lieferten infolge schwankender Luftfeuchtigkeit und Korngrößenveränderung keine reproduzierbaren Ergebnisse.

Verläßliche und reproduzierbare Ergebnisse lieferte eine elektrolytische Probenanalyse. Hierbei wurden gleiche Probenmengen (10 g, getrocknet bei 105 °C) in einer konstanten Wassermenge gelöst. Mittels zweier Messingplatten (40 × 50 × 0,2 mm) wurde ein Gleichstrom durch die Lösung geschickt, dessen Stärke an einem Milliampèremeter registriert wurde. Durch einen Vergleich des so gewonnenen Meßwertes mit einer vorher aufgestellten Eichkurve konnte unmittelbar auf den Anteil an Kali in der untersuchten Probe geschlossen werden.

Es wurde auch versucht, die Untersuchungen wegen der unangenehmen staubenden Düngerarten durch Verwendung anderer Materialien zu erleichtern. So wurden 2 Kunststoff-Granulate mit unterschiedlicher Korngröße zur Bestimmung der Mischwirkung erprobt. Wegen der sehr abweichenden physikalischen Eigenschaften gegenüber der verwendeten Mineraldünger konnte jedoch keine übereinstimmende Relation zum eigentlichen Düngermaterial gefunden werden.

### Versuchsergebnisse

Die Konzentrationsergebnisse der unter dem Windschutz entnommenen 3 Proben wurden gemittelt und über der Auslaufzeit aufgetragen. Es zeigte sich, daß, abgesehen von der ersten Anlaufzeit, die Mischwirkung etwa gleich und auch ausreichend bei allen untersuchten Streuern ist. In Bild 4 sind die Mischergebnisse von 2 Streuern mit unterschiedlich gestalteten Rührwerken und von einem Streuer ohne Rührwerk dargestellt. Ähnliche Ergebnisse ergaben sich bei weiteren hier nicht dargestellten Versuchen. Ohne Einsatz eines Rührwerkes ist die Mischintensität allerdings über eine längere Anlaufzeit stärker schwankend.

Aus den Ergebnissen kann gefolgert werden, daß die Mischwirkung begünstigt wird

- a) durch Verwendung eines über dem Auslauf angeordneten Rührwerkes, das möglichst weit in den Vorratsbehälter hineinragt und auch die Randzonen erfaßt,

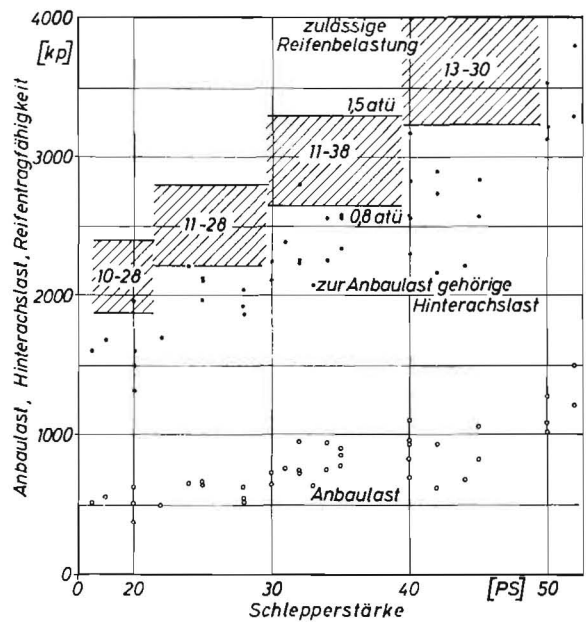


Bild 5: Max. Anbaulasten, bei denen  $G_{v \min}$  gewährleistet ist, und die zugehörigen Hinterachslasten bei verschiedenen auf dem Markt befindlichen Schleppern, dazu die entsprechenden Reifengrößen mit den zulässigen Belastungen. Abstand des Anbaulast-Schwerpunktes zur Hinterachse mit 1100 mm angenommen

- b) durch einen möglichst großen Vorratsbehälter.

Beim Ausstreuen eines sich erst im Behälter bildenden Gemisches ist darauf zu achten, daß

zu Beginn der Streuarbeit zuerst etwa 30 kg Gemisch in den Behälter gefüllt werden und der Behälter vor dem vollständigen Leerlaufen bereits nachgefüllt wird.

### Behältergrößen

Je größer der Behälterinhalt ist, desto länger ist die Auslaufzeit und desto besser auch der Mischungsgrad, abgesehen von anderen Vorteilen des Großbehälters im Hinblick auf die Verlustzeiten zum Nachfüllen. Angehängte Streuer können größere Behälter haben als angebaute, da sie den Schlepper gewichtsmäßig nur gering beeinflussen. Auf großen Flächen ist der gezogene Streuer mit eigenem Fahrwerk angebracht und kann darüber hinaus auch beispielsweise für den Getreidetransport herangezogen werden. Preislich wird der einfache Anbaustreuer allerdings immer günstiger liegen. Beim Einsatz größerer Schlepper wird auch der Anbaustreuer einen größeren Behälter erhalten können.

Begrenzt wird die Behältergröße einerseits durch die Gewichtsverlagerung unter Berücksichtigung des jeweiligen Fahrzustandes und andererseits durch die Tragfähigkeit der Hinterachsreifen. Setzt man für den vorhandenen Zustand die bekannte Richtgröße [2] für die minimale Vorderachslast

$$G_{v \min} = \frac{G_{\text{ges}} \cdot 0,25}{a} \quad G_{v \min} = \text{erforderliche Vorderachslast}$$

$$G_{\text{ges}} = \text{Gesamtgewicht des Schleppers}$$

$$a \text{ [m]} = \text{Achsabstand}$$

ein, so erhält man die in Bild 5 aufgezeichneten Anbaulasten (unteres Punktfeld) in Abhängigkeit von den auf dem Markt befindlichen verschieden starken Schleppern.

In der gleichen Darstellung sind die hierbei auftretenden Hinterachslasten eingezeichnet. Vergleicht man nun diese Werte (oberes Punktfeld) mit den zulässigen Reifentraglasten im Bereich von 0,8—1,5 atü Luftdruck, so ergibt sich, daß bei entsprechender Bereifung, die nur in wenigen Fällen

von der Standard-Bereifung abweicht, das Bruttogewicht der Behälter größer sein kann als es bei den üblichen Schleuderdüngerstreuern ist. Insbesondere sind bei größeren Schlepfern auch größere Behälterinhalte möglich. Geht man davon aus, daß das Schüttgewicht bei den verschiedenen Düngerarten 0,6 bis 2 kg/dm<sup>3</sup> beträgt, so würden sich beispielsweise bei einem 25-PS-Schlepper Behältergrößen zwischen 830 dm<sup>3</sup> und 250 dm<sup>3</sup> und bei einem 40-PS-Schlepper zwischen 1100 dm<sup>3</sup> und 350 dm<sup>3</sup> ergeben. Das Eigengewicht des Streuers ist dabei mit 150 kg berücksichtigt. Diese Größen müssen nun praktisch auch realisierbar sein. Sicher darf die Höhe des Behälters wegen der bequemen Befüllung, aber auch wegen der Schwerpunkthöhe nicht zu groß werden. Geht man davon aus, daß bei niedrigster Stellung der unteren Dreipunktlenker der obere Rand etwa die Höhe der Anhängerstreuer haben darf, so ergibt sich bei einem erforderlichen Neigungswinkel des Behälters gegenüber der Senkrechten von 30° ein Inhalt von ca. 1000 dm<sup>3</sup>. Hierbei ist eine Kreiskegelstumpf-Form vorausgesetzt. Um nicht mit Schutzblechen, Nummernschildern oder Schlußbleuchten zu kollidieren, empfiehlt sich jedoch eine Kegelform mit ovalem Querschnitt.

Um sich nun einerseits der Art der Befüllung, andererseits der unterschiedlich schweren Düngerarten anpassen zu können, wäre ein leicht montierbarer Aufsatz in den meisten Fällen sicher zweckmäßig.

### Zusammenfassung

Beim Mischen von schubweise eingegebenen Düngerkomponenten im Schleuderdüngerstreuer hängt die Intensität der Vermischung eng mit der Behältergröße zusammen. Diese ist jedoch bei Anbaumaschinen durch die Gewichtsverlagerung begrenzt, da eine Mindestvorderachslast gewährleistet sein muß und die Reifenbelastung an den Hinterrädern keine unzulässig hohen Werte annehmen darf. Die Grenze ist aber vor allem bei Schlepfern größerer Leistung noch nicht erreicht. Das Fassungsvermögen der Vorratsbehälter könnte entsprechend der stärkeren Schlepper durchaus größer sein.

### Schrifttum:

- [1] KVAPIL: Theorie der Schüttgutbewegungen. Prag 1959  
 [2] HÜTTE II B 28. Auflage, 1960, S. 118

### D. Lutz:

## Wiegeeinrichtung für landtechnische Untersuchungen

Im Rahmen landtechnischer Versuche ergibt sich sehr oft die Notwendigkeit, Gewichte von Fahrzeugen, besonders aber von Fahrzeugladungen, möglichst schnell und genau festzustellen. Das gilt besonders für die Ermittlung der Leistung von einzelnen Geräten oder von gesamten Mechanisierungsverfahren, da neben dem Zeitfaktor die erzielte Verarbeitungsmenge entscheidend ist. Geeignete Wiegeeinrichtungen stehen vielfach nicht zur Verfügung, und die bisher üblichen Wiegeverfahren weisen manchen Nachteil auf. So sind die geeichten Fuhrwerksbrückenwaagen zwar außerordentlich genau, aber eben ortsgebunden. Die transportablen, hydraulisch arbeitenden Polizeiwaagen sind für wesentlich höhere Radlasten konstruiert, als sie bei landtechnischen Fahrzeugen auftreten. Deshalb sind sie verhältnismäßig groß und schwer und nicht besonders genau.

Allgemein müssen folgende Forderungen an eine Wiegeeinrichtung gestellt werden, die für landtechnische und arbeitswirtschaftliche Untersuchungen brauchbar sein soll:

### Résumé

H. Göhlich and M. Brübach: "Effect of Mixing and Container Volume of Rotating Fertilizer Spreaders"

When mixing fertilizer components filled in the rotating fertilizer spreader, the intensity of mixing is closely related with the size of the container. With mounted machines the size is however limited owing to the weight displacement, because a minimum front axle load has to be guaranteed and the tyre load of the rear wheels may not reach unduly high values. With higher-powered tractors this limit has not yet been reached. The holding capacity of the storage containers might be absolutely higher in conformity with more efficient tractors.

H. Göhlich et M. Brübach: Effet de mélangeage et capacité de la trémie de distributeurs d'engrais centrifuges

L'intensité du mélangeage des différents constituants d'engrais introduits de façon discontinue dans le distributeur d'engrais centrifuge dépend étroitement de la capacité de la trémie. Celle-ci est limitée pour les machines portées pour des raisons de répartition de la charge, car il faut qu'une charge minimum sur l'essieu avant soit assurée et que la charge sur les pneus des roues arrière n'atteigne pas des valeurs trop élevées. Cependant, la valeur limite n'est pas encore atteinte pour les tracteurs à puissance élevée qui tolèrent l'utilisation de trémies à capacités de beaucoup plus élevées.

H. Göhlich y M. Brübach: „Efecto de mezclado y contenido del recipiente en máquinas centrifugadoras esparcidoras de abonos“

Al mezclar en la máquina esparcidora componentes de abonos echados discontinuamente, la intensidad del mezclado depende, en gran manera, del tamaño del recipiente. En máquinas remolcadas, sin embargo, el tamaño se ve limitado por el desplazamiento del peso, ya que ha de ser garantizada una carga mínima sobre el eje delantero y la carga de los neumáticos del puente trasero no debe alcanzar valores inadmisiblemente altos. Pero el límite todavía no está alcanzado, sobre todo en tractores de potencia más bien grande. En los tractores más potentes la capacidad de los depósitos podría ser, desde luego, correspondientemente más grande.

1. Sie darf nur geringes Gewicht und geringe Baugröße haben, um einen leichten Transport im Pkw an den jeweiligen Einsatzort der untersuchten Fahrzeuge oder Geräte zu ermöglichen.
2. Sie muß unempfindlich sein gegen unvorsichtige Behandlung beim Transport und beim Betrieb und gegen trockenen und nassen Schmutz, der ja beim Feldeinsatz unvermeidlich ist. Die Unterseite der Waage darf nicht nur punktförmige Stützpunkte haben, sondern muß beim Einsatz auf weichem Untergrund mit der ganzen Grundfläche tragen, sie muß aber andererseits auch punktförmiger Beanspruchung durch einzelne Steine oder unebenen Boden gewachsen sein. Der Waagenkörper darf sich auch im ungünstigsten Fall nicht bleibend oder die Funktion und Genauigkeit beeinflussend verbiegen oder winden.