

Landtechnische Forschung

HERAUSGEBER: KURATORIUM FÜR TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFT
FACHGEMEINSCHAFT LANDMASCHINEN IM VDMA
MAX EYTH-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER LANDTECHNIK

Heft 4/1956

MÜNCHEN

6. JAHRGANG

Dr.-Ing. K. H. Schulze:

Technische Untersuchungen an mechanischen Stallungstreuern*)

Institut für Landmaschinen, Gießen

Die Aufgabe des Stallungstreuers besteht darin, den Stallung auf dem Felde gleichmäßig und zerkleinert in bestimmten Gaben (Streudichte) zu verteilen. Das bedingt, je nach der Größe der Gabe und dem Zustand des Streugutes, einen mehr oder weniger hohen Kraftaufwand.

Als kennzeichnend und vergleichbar können folgende Eigenschaften angesehen werden:

1. Leistungsbedarf des Streuers oder seiner Streuorgane,
2. Streubilder,
3. Flächenleistung,
4. Statische Verhältnisse.

Der Leistungsbedarf

Die vom Schleppermotor abzugebende Leistung ist bedingt durch den Leistungsbedarf der Streuorgane und der aufzubringenden Rollwiderstandsleistung für Wagen und Schlepper. Der gesamte Leistungsbedarf läßt sich auf dem Feld dadurch messen, daß aus dem zeitlichen Kraftstoffverbrauch des Motors und seiner mittleren Drehzahl in der Meßzeit Rückschlüsse auf die Leistungsabgabe gezogen werden. Hierzu muß das Kennfeld des Schleppermotors bekannt sein. Voraussetzung für vergleichbare Meßergebnisse ist, daß alle Faktoren, die einen Einfluß auf den Leistungsbedarf haben, unveränderlich gehalten werden.

Der unsicherste Faktor ist das Streugut. Vergleichende Messungen sind nur dann durchführbar, wenn es möglichst gleicher Herkunft ist, sowohl hinsichtlich seines Ausgangsmaterials (Stroh) als auch in bezug auf den Rottegrad des Stallungsdüngers.

Der nächste Einflußfaktor ist die Art der Beladung. Sie kann auf den Leistungsbedarf der Streuorgane von wesentlichem Einfluß sein. Deshalb muß die Verteilung des Stallungsdüngers auf dem Wagen sehr gleichmäßig vorgenommen werden.

*) Anlässlich einer DLG-Vergleichsprüfung. Mitarbeiter waren Dipl.-Ing. G. Joswig und Dipl.-Landw. H. H. Heyne

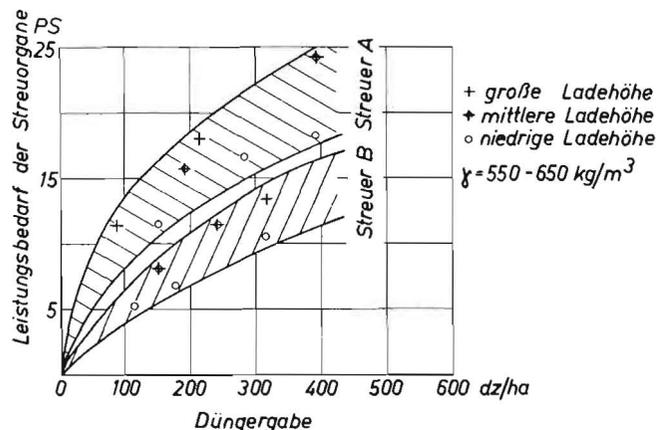


Abb. 1: Leistungsbedarf von zwei verschiedenen Düngern

Ein weiterer nicht immer leicht zu beherrschender Einflußfaktor ist durch die Bodenverhältnisse gegeben. Trockener und feuchter Boden haben bekanntlicherweise unterschiedliche Rollwiderstandsbeiwerte, so daß u. U. die Leistungsmessung dadurch sehr erschwert wird.

Von diesen Faktoren läßt sich das Streugut in bezug auf seine Zusammensetzung einigermaßen kontrollieren, wenn Proben zur Feuchtigkeitsbestimmung und zur Ermittlung der Halm-längen-Anteile genommen werden. Die Gleichmäßigkeit der Beladung ist mit einfachen Mitteln nur integral zu erfassen, indem bei Voraussetzung gleichen Raumgewichtes des Stallungsdüngers der beladene Raum und das Ladegewicht miteinander verglichen werden. Dabei muß berücksichtigt werden, daß das Raumgewicht des Mistes auf dem Stapel ein anderes ist als auf dem Wagen, weil es sich während des Ladevorganges in seiner Dichte geändert hat. Um Fehlerquellen weitgehend auszuschalten, wird bei den Vergleichsmessungen der Ladeinhalt eines Wagens vermessen und gewogen, woraus sich die Dichte des Mistes in dz/m^3 errechnet. Der unter solchen Bedingungen ermittelte Leistungsbedarf eines Streuers auf dem Felde bringt zwar vergleichbare Ergebnisse, die aber durch Prüfstands-Versuche unbedingt zu kontrollieren sind. Liegen sehr ungünstige Feldverhältnisse vor, dann tritt an deren Stelle ausschließlich der Prüfstandsversuch.

Der Leistungsbedarf eines Streuers hängt, wie bereits in früheren Untersuchungen [1] festgestellt worden ist, einerseits von der Ausstreumenge ab, andererseits aber auch von der Ladehöhe, wenn die Eigenschaften des Streugutes (Halm-länge, Verrottungsgrad, Raumgewicht) als konstant angesehen werden, was leider nicht immer der Fall ist, auch wenn der Stallung vom gleichen Stapel stammt. Es lassen sich aber trotz manchmal großer Streuungen (Abb. 1) charakteristische Kennfelder über die Zusammenhänge zwischen Streumenge und Leistungsbedarf gewinnen. Das vom Leistungsschreiber aufgenommene Diagramm gibt Auskunft über die Gleichmäßigkeit der Miststruktur, die dann vorhanden ist,

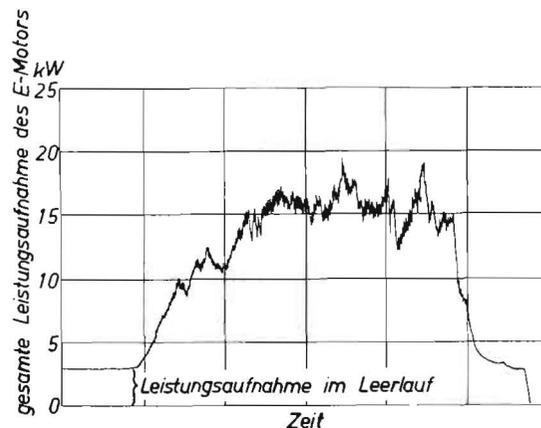


Abb. 2: Diagramm des Wattschreibers bei Entladung eines Streuers. Die Zacken im Linienzug rühren von dem stoßweisen Vorschub her



Abb. 3: Der sich nach 1/3 Entladung bildende Dunghaufen wird mit einem Stichmaß und Lineal topographisch vermessen

wenn keine großen Schwankungen vorliegen (Abb. 2). (Es handelt sich hier um einen Streuer mit Schubrettförderung. Für ihn ist kennzeichnend, daß der Leistungsbedarf vom Beginn des Streuens zunimmt, weil während der Förderung der Stalldünger anfangs noch verdichtet wird, bis Beharrung eingetreten ist.)

Die in der Zeiteinheit ausgestreute Menge S (dz/h) läßt sich in ein mit Feldversuchen vergleichbares Maß umrechnen, indem man die zeitliche Streumenge ausdrückt durch die Düngergabe je Flächeneinheit. Das geschieht dadurch, daß bei angenommener Fahrgeschwindigkeit und festgestellter Streubreite die in der Zeiteinheit überfahrene Fläche errechnet wird. Das ausgestreute Gewicht dividiert durch diese Fläche gibt die Düngergabe in dz/ha. Bedeutet S_F die Streumenge je Flächeneinheit, S die in der Zeiteinheit ausgestreute Menge dz/h und F die überfahrene Fläche in ha/h, dann lautet die Gleichung

$$S_F = \frac{S}{F} \text{ dz/ha} \quad (1)$$

Für alle Leistungsmessungen auf dem Prüfstand ist somit die Düngergabe in dz/ha als Bezugsgröße festgelegt.

Die Prüfstandsmessungen ergeben ausschließlich den Leistungsbedarf der Streuorgane und der Vorschubeinrichtungen, wenn der Wirkungsgrad der Antriebsvorrichtung berücksichtigt wird (Netto-Leistungsbedarf). Ihm muß eine den Bodenverhältnissen entsprechende Rollwiderstandsleistung zugerechnet werden, die in ungünstigen Verhältnissen 100 % des Netto-Leistungsbedarfes betragen kann, im allgemeinen jedoch mit 50 % den häufigsten Fällen entsprechen dürfte. Steigleistungen sind hier noch nicht berücksichtigt. Die Rollwiderstandsleistung ist allerdings während des Streuens nicht konstant, auch wenn die Bodenverhältnisse als gleichbleibend vorausgesetzt werden, sondern sie nimmt mit der Entladung des Streuers ab.

Die Streubilder

Während des Streuens auf dem Stand läßt sich ein Bild über die Wurfeigenschaften der Streutrommel gewinnen, wenn der bei etwa 1/3 Entladung entstandene Dunghaufen topographisch mit einem Stichmaß vermessen und der Dungberg in einem räumlichen Koordinatennetz abgebildet wird (Abb. 3 bis 5). Aus der Lage der höchsten Erhebung und der gesamten Gestalt des Dungberges können Rückschlüsse gezogen werden, ob die Streutrommel hauptsächlich kurz (Abb. 4) oder hauptsächlich weit (Abb. 5) wirft, eine Eigenschaft, die für schädlichen Einfluß des Windes beim Streuen u. U. von Bedeutung sein kann. Über die Gleichmäßigkeit der Verteilung in der Breite gibt diese Aufnahme ebenfalls klare Auskunft. Finden sich an der Vorderseite unter der Streutrommel Düngansammlungen, dann ist das auf Mistbatzen zurückzuführen, die zwischen Rollboden und Streutrommel, ohne von dieser erfaßt worden zu sein, herabgefallen sind. Über die Gleichmäßigkeit der Verteilung auf der Fläche gibt das Streu-

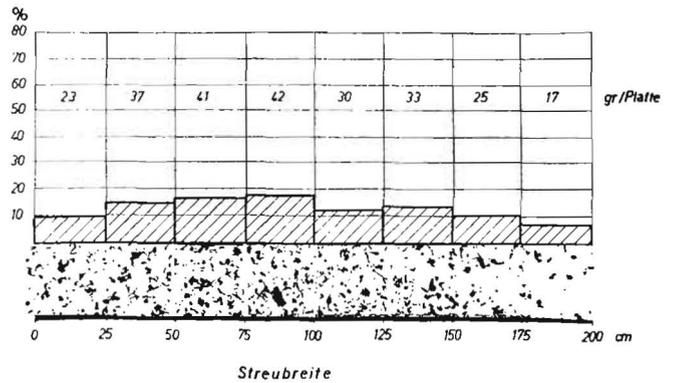


Abb. 6: Wirkliches Streubild mit prozentualer Verteilung des Dinges über der Streubreite

bild, das so gewonnen wird, keine Auskunft. Das kann nur durch das Streubild auf dem Felde geschehen. Neben der üblichen Erfassung durch Auswägen [5] des Belages von einzelnen Auffangplatten (25 x 25 cm), die über die gesamte Streubreite auf der Streustrecke mindestens dreimal ausgelegt waren, um auch ein Bild über die Dichte in der Verteilung zu Anfang, in der Mitte und gegen Ende der Entladung des Wagens zu erhalten, ist bei der DLG-Vergleichsprüfung das Streubild durch vertikale Fotografie jeder einzelnen Platte in gleichem Objektstand erfaßt worden und in Fotomontage der graphischen Darstellung der gewichtsanteilmäßigen Düngerverteilung zugeordnet (Abb. 6).

Die Flächenleistung

Die Ausstreuenge ist in erster Linie von der Vorschubgeschwindigkeit des Transportorgans und von der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Die in der Zeiteinheit geförderte Gewichtsmenge (dz) und der zurückgelegte Weg mal der Streubreite ergibt die Düngergabe in dz/ha. Es bestehen folgende Beziehungen: Die stündliche Ausstreuenge Q (dz/h) ist

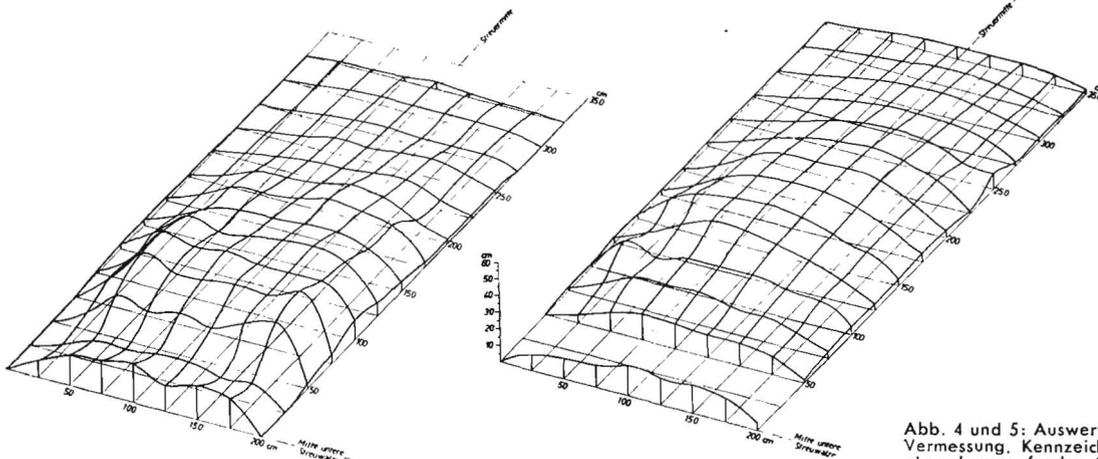


Abb. 4 und 5: Auswertung der photographischen Vermessung. Kennzeichnende Haufenbildungen eines kurzwerfenden Streuers (links) und eines langwerfenden Streuers (rechts)

das Produkt der Vorschubgeschwindigkeit v (m/min), der Ladehöhe über dem Wagenboden h_Q (m), der Wagenkastenbreite b (m) und dem Raumgewicht γ des Stalldüngers (kg/m³).

$$Q = 0,6 \cdot v \cdot h_Q \cdot b \cdot \gamma \quad (\text{dz/h}) \quad (2)$$

Die in der Zeiteinheit abgestreute Fläche wird bestimmt durch die Fahrgeschwindigkeit v_F (km/h) des Streuers und der Streubreite b_S (m) aus der Beziehung

$$F = 0,1 \cdot v_F \cdot b_S \quad (\text{ha/h}) \quad (3)$$

Aus der Division der Gleichungen 2 und 3 ergibt sich die Stalldüngergabe je Flächeneinheit

$$Q_H = \frac{\delta \cdot v \cdot h_Q \cdot \gamma}{v_F \cdot b_S} \quad (\text{dz/ha}) \quad (4)$$

Die Düngergabe je Flächeneinheit ist bei gegebenem Raumgewicht des Dünges also abhängig von vier variablen Größen: Von der Vorschubgeschwindigkeit, der Höhe der Ladung, der Fahrgeschwindigkeit und der Streubreite. Je nach verfügbarer Fahrgeschwindigkeit des Schleppers wird eine entsprechende Fördergeschwindigkeit einzustellen sein. Für die Untersuchung von Stalldungstreuern muß eine genaue Einstellung rasch möglich sein. Das läßt sich auch leicht erreichen, wenn der Wageninhalt jedesmal gewogen und die entsprechende Vorschubgeschwindigkeit aus der in Abbildung 7 dargestellten Netztafel entnommen wird. Von der geforderten Düngergabe ausgehend (gestrichelte Pfeillinie) über die vorhandene Ladehöhe, über das Raumgewicht des Mistes zur Fahrgeschwindigkeit und zur Streubreite kommt man zu der Vorschublinie, die aus der notwendigen Vor-

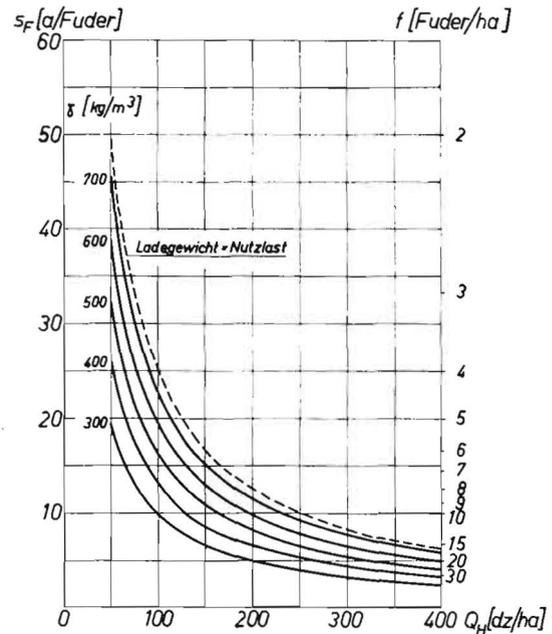


Abb. 8: Flächenleistungen bei verschiedenem Raumgewicht des Dünges

schubgeschwindigkeit die Anzahl der zu überspringenden Zähne der Vorschubrutsche angibt. In dieser Netztafel haben alle Kennlinien allgemeine Gültigkeit bis auf die Kennlinie des Vorschubes, die den Übersetzungsverhältnissen am Vorschubgetriebe der einzelnen Streuerbauarten entsprechen muß und die dadurch eine unterschiedliche Steigung je Maschine hat. Aus diesem Diagramm lassen sich ferner die Grenzen der Düngergabe ermitteln. Ist z. B. als Kleinstgabe (Kopfdüngung) 80 dz/ha zu fordern, so kann bei einem Stalldünger von 600 kg/m³ die bei dem betreffenden Streuer normale Ladehöhe von 60 cm bei üblicher Fahrgeschwindigkeit von 5 km/h nicht mehr eingehalten werden, sondern sie muß auf 30 cm beschränkt bleiben (Strich-Punkt-Pfeillinie). Man hat je nach Leistungsfähigkeit des Schleppers in diesem Fall die Wahl, ob die Gewährleistung der gewünschten Düngergabe durch Korrektur der Ladehöhe oder durch eine höhere Fahrgeschwindigkeit erzielt wird.

Die Flächenleistung ist ebenfalls ein Kennzeichen für den Stalldungstreuer, das besonders den Landwirt interessiert. Theoretisch ist sie zu ermitteln aus den Quotienten von dem Ladegewicht Q und der Düngergabe Q_H

$$s_F = \frac{Q}{Q_H} \quad (\text{a/Fuder}) \quad (5)$$

Q in kg
 Q_H in dz/ha

Der reziproke Wert ergibt die Anzahl der Fuder je ha

$$f = \frac{100}{s_F} \quad (\text{Fuder/ha}) \quad (6)$$

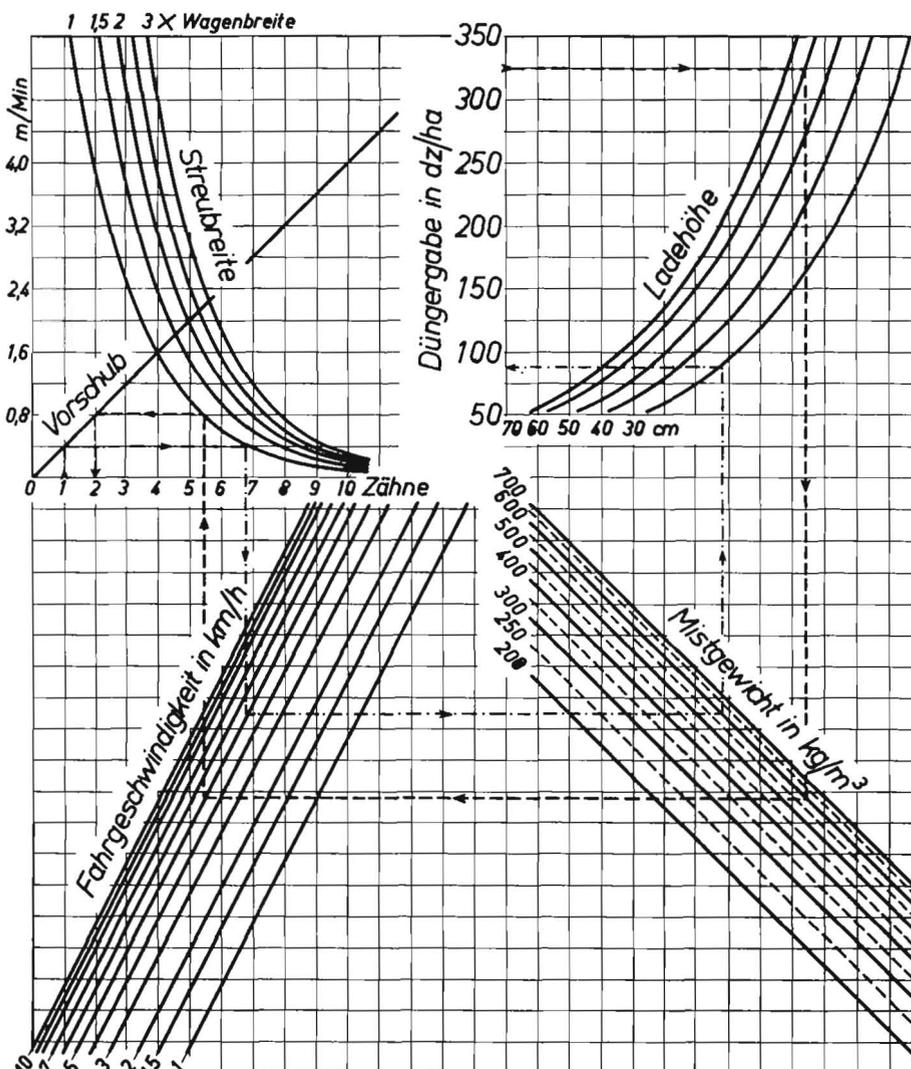


Abb. 7: Netztafel zur Einstellung des Streuers für eine bestimmte Düngergabe

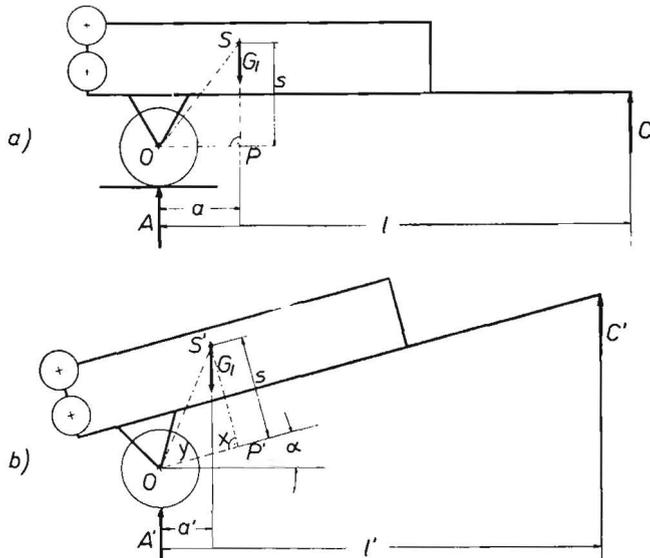


Abb. 9: Statische Kräfte an einem Rückwärtsstreuer (symmetrischer Aufbau)

Abbildung 8 gibt den funktionellen Zusammenhang bei verschiedenem Mistgewicht wieder. Die Entladezeit ergibt sich aus

$$T = \frac{l_k}{v} \text{ (min)} \quad (7)$$

wobei l_k = Länge des Wagenkastens.

Statische Verhältnisse

Am Stallungstreuer bestehen infolge seiner wandernden Last sich ändernde statische Gleichgewichtsbedingungen, die zum Vergleich verschiedener Fabrikate geeignet sind.

Der einachsige Wagen*) (Abb. 11) stützt sich mit der Deichsel an der Anhängerkupplung des Schleppers ab. Aus den meßbaren Achs- und Stützdrücken des leeren Wagens lassen sich rechnerisch Rückschlüsse auf die herrschenden Stützkräfte im Fahrzustand während des Entladevorganges ziehen. Unter Annahme völlig gleichmäßiger Verteilung des Ladegutes auf der Pritsche sind zwei Teilschwerpunkte gegeben: der Schwerpunkt S , von dem Leergewicht G_l des Wagens herrührend und der Schwerpunkt S_Q der Last Q , der während der Entladung der Rückseite des Wagens zuwandert.

Bestimmung des Schwerpunktes des leeren Wagens

a) Symmetrischer Aufbau des Stallungstreuers.

Ist der Aufbau des Streuers zur Längsachse symmetrisch, dann gelten folgende Beziehungen (Abb. 9a): Das Leergewicht G_l des Streuers ruft den Stützdruck C und den Achsdruck A hervor. Es ist

$$G_l = A + C \quad (8)$$

Die Momentengleichung für die Fahrachse O als Momentenpunkt lautet

$$G_l \cdot a - C \cdot l = 0 \quad (9)$$

a ist der Abstand der Wirkungslinie des Schwerpunktes S von der Fahrachse und ergibt sich zu

$$a = \frac{C}{G_l} \cdot l \quad (10)$$

Wird der Streuer um den Winkel α nach oben gekippt (Abb. 9b), ändern sich Stützdruck und Achsdruck. Es gilt die Momentengleichung für die Fahrachse O

$$G_l \cdot a' - C' \cdot l' = 0 \quad (11)$$

Der Abstand der Schwerlinie ist jetzt

*) Diese Untersuchungen sind nur bei einachsigen Wagen anzustellen.

$$a' = \frac{C' \cdot l'}{G_l} \quad (12)$$

Die beiden Hebelarme des Leergewichtes a und a' lassen sich durch Messen der Stützdrücke C und C' und der wirksamen Stützweite l und l' aus dem Wagengewicht G_l errechnen. Die räumliche Lage des Schwerpunktes S , die bei zur Längsachse massensymmetrischem Aufbau durch den horizontalen Abstand a und den vertikalen s gegeben ist, bestimmt sich aus den geometrischen Beziehungen zwischen a und a' . Bei der Kippung um den Drehpunkt O geht das Bezugsdreieck OPS für den Schwerpunkt in die Lage $OP'S'$ über, die Schwerlinie im Abstand a' schneidet auf seinem Schenkel OP' die Strecken y und x ab. Es ist

$$\begin{aligned} x &= s \cdot \operatorname{tg} \alpha \\ y &= a' / \cos \alpha \end{aligned} \quad (13)$$

$$y = a - x \quad (14)$$

b) Unsymmetrischer Aufbau.

Während bei massensymmetrischem Aufbau eines Wagens die Bestimmung von Achsdruck und Stützdruck in zwei verschiedenen Stellungen ausreicht, um die Lage des Schwerpunktes zu ermitteln, muß bei unsymmetrischer Bauweise jeder einzelne Raddruck gemessen werden (Abb. 10). Mit a (Gl. 10)

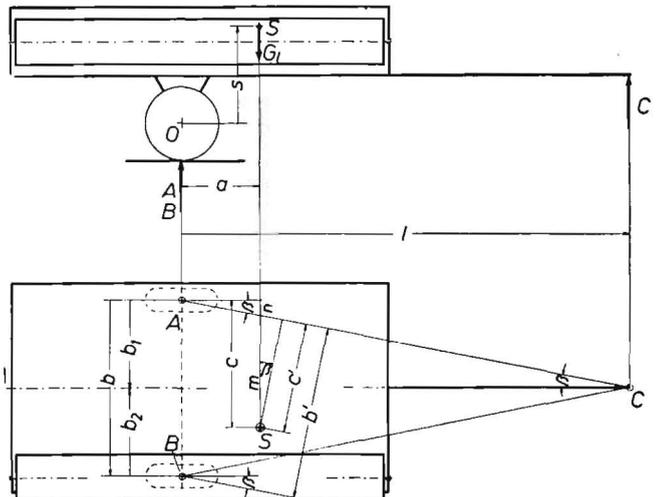


Abb. 10: Statische Kräfte an einem Seitenstreuer (unsymmetrischer Aufbau)

erhält man den Abstand der vertikalen Ebene des Schwerpunktes von der Fahrachse und mit s (Gl. 14) die Lage seiner horizontalen Ebene. Mit der Entfernung c sind dann alle drei Koordinaten des Schwerpunktes gegeben. Mit den durch Wägung zu bestimmenden Stützdrücken A, B (Raddrücke) und C (Stützdruck) kann man aus der Momentengleichung für eine Drehachse in der Wirkungsebene der Stützkräfte A und C bestimmen:

$$c' = \frac{B \cdot b'}{G_l} \quad (15)$$

Die Strecke c wird durch die in der Ebene AC liegende Momentenachse zerlegt in die Teilstücke m und n , so daß $c = m + n$ ist. Weiter ist

$$\begin{aligned} m &= \frac{c'}{\cos \beta} \\ n &= a \cdot \operatorname{tg} \beta \end{aligned} \quad (16 \text{ a-d})$$

$$\begin{aligned} b' &= (b_1 + b_2) \cos \beta \\ b_1 &= l \cdot \operatorname{tg} \beta \end{aligned}$$

Somit ergibt sich

$$c = \frac{B (b_1 + b_2)}{G_l} + \frac{a \cdot b_1}{l} \quad (16 \text{ e})$$

Liegt der Stützpunkt des Wagens auf der Längsachse des Wagenkastens, dann ist $b_1 = b_2$ und $b_1 + b_2 = b$ (Spurbreite). Die Gleichung 15 vereinfacht sich nun zu

$$c = \frac{B \cdot b}{G_l} + \frac{a \cdot b}{2l} \quad (17)$$

Der Schwerpunkt der Ladung

Bei massensymmetrischem Aufbau des Wagens mit hinten liegenden Streutrommeln (Abb. 11) wandert während der Entladung der Schwerpunkt S_Q der Ladung zur Rückseite des Kastens. Dieser ist für eine Untersuchung der statischen Verhältnisse auf ebener Fahrbahn hinreichend definiert durch den Abstand x seiner Schwerebene, wobei x positiv und negativ werden kann. Es besteht zwischen dem Leergewicht des Wagens G_l , dem Gewicht der Ladung Q , der Zugkraft Z_R zur Überwindung des Rollwiderstandes R und dem Stützdruck C folgende Gleichgewichtsbedingung um den Momentenpunkt O , wobei die Hebelarme der rollenden Reibung [2, 3, 4] näherungsweise unberücksichtigt bleiben

$$G_l \cdot a + Q \cdot x + Z_R \cdot h_Z - C \cdot l = 0 \quad (18)$$

Die Zugkraft Z_R ist eine Funktion des Achsdruckes A und des Rollwiderstandsbeiwertes f , gleichförmige Fahrgeschwindigkeit vorausgesetzt. Es ist

$$Z_R = R = f \cdot A \quad (19)$$

Der Achsdruck A hängt von der Ladung ab.

$$A = Q + G_l - C \quad (20)$$

Somit wird

$$Z_R = f(Q + G_l - C) \quad (21)$$

wodurch die Momentengleichung übergeht in

$$G_l \cdot a + Q \cdot x + f(Q + G_l - C) \cdot h_Z - C \cdot l = 0 \quad (22)$$

Daraus errechnet sich

$$C = \frac{G_l \cdot a + Q \cdot x + f \cdot h_Z (Q + G_l)}{l + f \cdot h_Z} \quad (23)$$

In dieser Gleichung ist

$$Q = \gamma \cdot b \cdot h_Q \cdot k \quad (24)$$

wobei γ das Raumgewicht des Stalldüngers, b die Breite des Wagens, h_Q die Höhe der Ladung ist. Weiter ist

$$x = \frac{k}{2} - u \quad (25 a)$$

$$k = i \cdot l_k \quad (25 b)$$

i ist der Beladungsfaktor, d. h. $i = 1$ bei vollen Wagen und $i = 0$ bei leeren Wagen. Damit wird der Stützdruck

$$C = \frac{\gamma \cdot b \cdot h_Q \cdot l_k \left[\frac{i^2}{2} \cdot l_k - i(u - f \cdot h_Z) \right] + G_l \cdot (a + f \cdot h_Z)}{l + f \cdot h_Z} \quad (26)$$

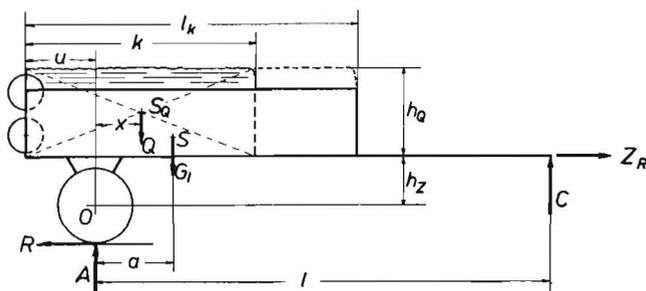


Abb. 11: Statische Kräfte bei der Entladung während der Fahrt

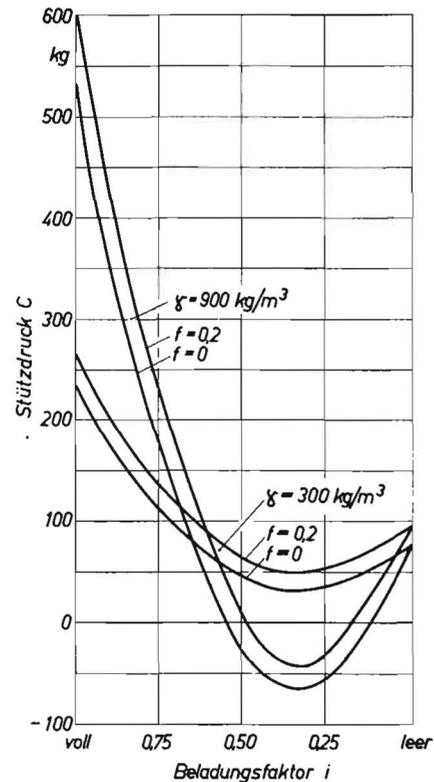


Abb. 12: Abhängigkeit des Stützdruckes C auf die Anhängerkupplung des Schleppers von der Entladung (ausgedrückt durch den Beladungsfaktor i)

Ein Zahlenbeispiel erläutere die Funktion:

Für einen Stalldüngstreuer mit bestimmten Abmessungen ergebe sich bei einem Rollwiderstandsbeiwert von $f = 0,2$ kg/kg und einem Raumgewicht des Stalldüngers zwischen $\gamma = 300 \div 900$ kg/m³ ein Verlauf des Stützdruckes während der Entladung nach Abbildung 12. Es ändert sich der Stützdruck über dem Beladungsfaktor i folgendermaßen: Der Stützdruck auf die Anhängerkupplung sinkt bei einem Rollwiderstand von $f = 0,2$ und bei einem Stalldüng von 300 kg/m³ Raumgewicht bis auf 50 kg, wenn noch etwa ein Drittel der Ladung zu streuen ist; bei schwerem Mist dagegen findet zu diesem Zeitpunkt eine Entlastung des Schleppers an der Anhängerkupplung statt, weil die Stützkraft negativ wird. Je geringer der Rollwiderstand des Wagens ist, desto mehr wirkt sich die Entlastung des Schleppers aus. Sie wird am größten, wenn der Rollwiderstand 0 ist, was den statischen Gleichgewichtsbedingungen im Stand entspricht. Unter dieser Voraussetzung fällt in der Gleichung das positive Moment der Zugkraft

$$M_Z = Z_R \cdot h_Z = f(Q + G_l) \cdot h_Z \quad (27)$$

weg, wodurch sich die Gleichgewichtsbedingung vereinfacht zu

$$C = \frac{G_l \cdot a + Q \cdot x}{l} \quad (28)$$

bzw.

$$C = \frac{G_l \cdot a + \gamma \cdot b \cdot h_Q \cdot l_k \left(\frac{i^2}{2} \cdot l_k - i \cdot u \right)}{l} \quad (29)$$

Da die Stalldüngstreuer sich in ihren konstruktiven Abmessungen mitunter wesentlich unterscheiden, ist der Verlauf der Stützkraft C während der Entladung ein Charakteristikum. Es interessieren hier die Fragen, ob und bei welchem Stalldüng (spez. Gewicht) eine Entlastung der Hinterachse des Schleppers durch einen negativen Stützdruck an der Anhängerkupplung eintritt. Außerdem ist die Feststellung wichtig, bei welchem Beladungsfaktor i diese Entlastung vorliegt und in welchem Maß. Denn je früher diese Entlastung auftritt bzw. je

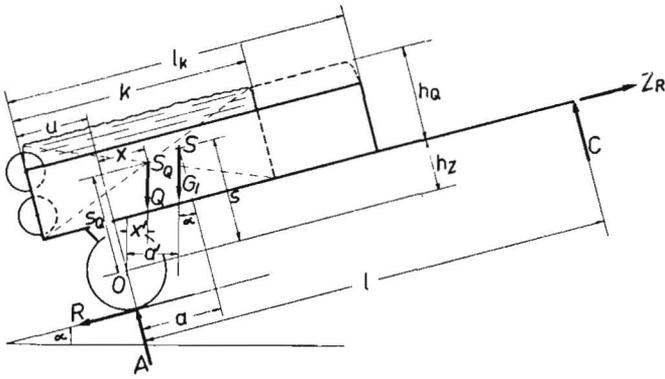


Abb. 13: Statische Kräfte während der Entladung am Hang

voller der Wagen beim Erreichen des kritischen Punktes ist, desto mehr besteht die Gefahr, daß der Schlupf der Trieb-
räder des Schleppers dessen Zugfähigkeit beeinträchtigt, wenn
entsprechend ungünstige Bodenverhältnisse vorliegen.

Die Frage, ob überhaupt eine Entlastung vorliegt, ist durch
folgende Überlegung zu beantworten. Ein negativer Druck
auf die Antriebsachse ist gegeben, wenn zweimal wäh-
rend der Entladung der Stützdruck $C = 0$ geworden ist. Un-
ter dieser Bedingung erhält man aus Gleichung 26 zwei Last-
faktoren

$$i_{1,2} = \frac{(u - f \cdot hZ)}{l_k} \pm \frac{1}{l_k} \sqrt{(u - f \cdot hZ)^2 - \frac{2 G_l (a + f \cdot hZ)}{\gamma \cdot b \cdot hQ}} \quad (30)$$

bei denen der Wechsel vom positiven zum negativen Stütz-
druck und umgekehrt stattfindet. Je nachdem, ob eine der
Gleichungen bzw. Ungleichungen

$$(u - f \cdot hZ)^2 \begin{matrix} \leq \\ > \end{matrix} \frac{2 \cdot G_l (a + f \cdot hZ)}{\gamma \cdot b \cdot hQ} \quad (31)$$

gilt, bleibt der Stützpunkt positiv (\leq) oder er geht auf Null,
um dann wieder anzusteigen ($=$), oder er geht vom positi-
ven über einen negativen Bereich in den positiven zurück
($>$). Im ersten Fall ist nämlich die Wurzel der quadratischen
Gleichung komplex. Im zweiten ist die Wurzel Null, d. h. es
ergeben sich zwei zusammenfallende reelle Werte, im dritten
Falle ergeben sich zwei reelle Wurzeln.

Aus Gleichung 31 findet man auch die Antwort auf die Frage
nach dem Raumgewicht γ des Stalldüngers, bei dem noch
keine Entlastung der Hinterachse eintritt. Das ist nämlich der
Fall, wenn die Gleichung eine reelle Wurzel hat. Dann ist

$$\gamma = \frac{2 \cdot G_l (a + f \cdot hZ)}{(u - f \cdot hZ)^2 \cdot b \cdot hQ} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (32)$$

Diese Funktion sagt außerdem aus, daß mit wachsendem
Rollwiderstand des Wagens auch der Stallung schwerer
werden darf, soll eine Entlastung der Schleppertriebräder
vermieden werden.

Die Antwort auf die dritte Frage nach der Größe des Bela-
dungsfaktors i , wenn die Entlastung an der Antriebsachse
ihr Maximum erreicht hat, finden wir, indem wir die ausge-
zeichneten Werte der Funktion in Gleichung 26 bestimmen
durch die Differentialgleichung

$$\frac{dC}{di} = 0 \quad (33)$$

Man erhält dann

$$i = \frac{u - f \cdot hZ}{l_k} \quad (34)$$

Gl. 34 in Gl. 26 eingesetzt, ergibt den Größtwert von C zu

$$C_{\max} = \frac{G_l (a + f \cdot hZ)}{(l + f \cdot hZ)} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma \cdot b \cdot hQ (u - f \cdot hZ)^2}{(l + f \cdot hZ)} \quad (35)$$

Die Gleichgewichtsbedingungen ändern sich bei steigendem
oder fallendem Gelände. Gemäß Abbildung 12 lautet die
Momentengleichung

$$G_l \cdot a' + Q \cdot x' + f \cdot A \cdot hZ - C \cdot l = 0 \quad (36)$$

Der Achsdruck wird in diesem Fall

$$A = (G_l + Q) \cdot \cos \alpha - C \quad (36a)$$

Somit erhält man für den jeweiligen Stützdruck

$$C = \frac{G_l \cdot a' + Q \cdot x' + f (G_l + Q) \cdot \cos \alpha \cdot hZ}{l + f \cdot hZ} \quad (37)$$

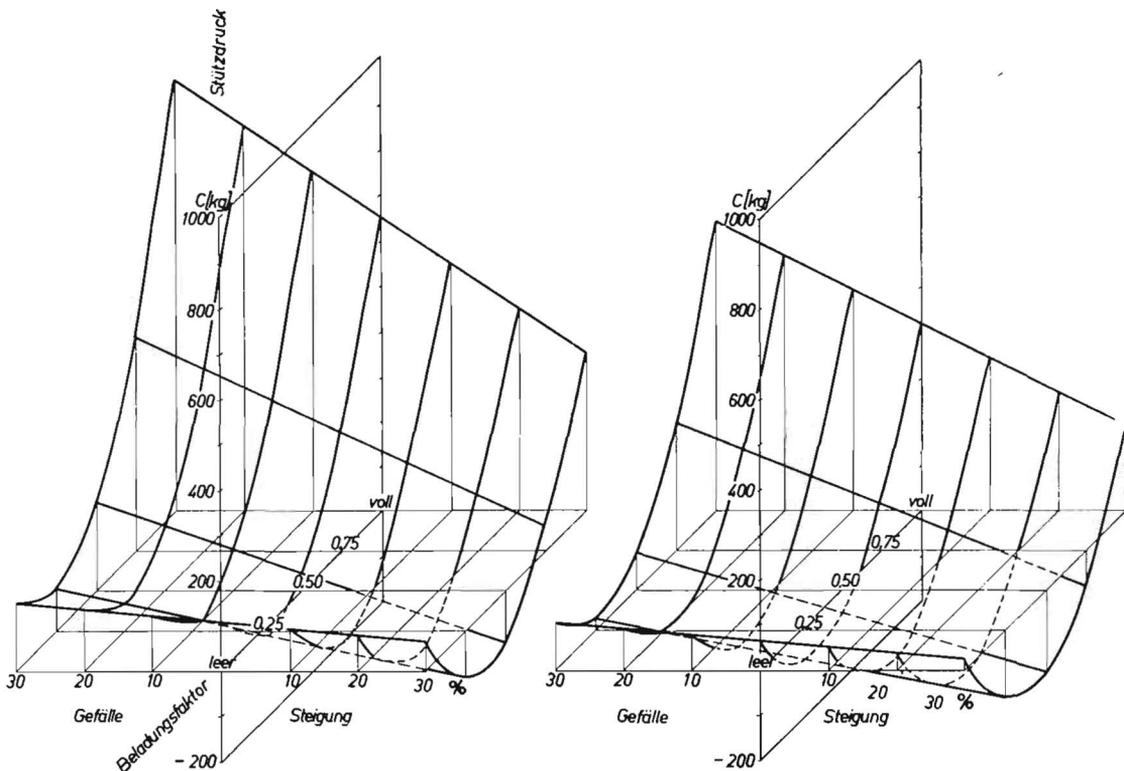


Abb. 14 und 15: Abhängigkeit zwischen den Stützdrücken C auf die Antriebsachse des Schleppers von der Entladung bei Steigung bzw. Gefälle

Nun ist

$$a' = a \cdot \cos \alpha \mp s \cdot \sin \alpha \quad (38a)$$

$$x' = \frac{i \cdot l_k}{2} \cdot \cos \alpha \mp s_Q \cdot \sin \alpha \quad (38b)$$

wobei das negative Vorzeichen für die Steigung und das positive für das Gefälle gilt. Mit diesen Beziehungen geht die Gleichung 37 über in

$$C = \frac{\gamma \cdot b \cdot h_Q \cdot l_k \left[\frac{i^2}{2} \cdot l_k \cdot \cos \alpha - i (u \cdot \cos \alpha \pm s_Q \cdot \sin \alpha - f \cdot h_Z \cdot \cos \alpha) \right]}{l + f \cdot h_Z} + \frac{G_l \cdot (a \cdot \cos \alpha \mp s \cdot \sin \alpha + f \cdot h_Z \cdot \cos \alpha)}{l + f \cdot h_Z} \quad (39)$$

Hier gelten die oberen Vorzeichen für die Steigung und die unteren für das Gefälle. Diese Formel hat jedoch nur Gültigkeit, wenn im Gefälle der Rollwiderstand

$$R > (G_l + Q) \cdot \sin \alpha.$$

Schiebt dagegen der Wagen den Schlepper, dann ist $f = 0$.

Sollen einzelne Streuer verschiedener Bauart miteinander verglichen werden, so läßt man näherungsweise den Rollwiderstand bei den Untersuchungen außer Ansatz, da er auf den parabolischen Verlauf der Stützdrücke keinen wesentlichen Einfluß hat, wie aus Abbildung 13 hervorgeht. Die Rechnung wird dadurch einfacher. Die Zusammenhänge zwischen der Steigung und den Stützdrücken während der Entladung werden am besten in einem räumlichen Koordinatensystem dargestellt, so daß Unterschiede einzelner Streuer deutlich hervortreten. Das Beispiel in Abbildung 14 und 15 zeigt zwei sehr unterschiedliche Bauarten. In Abbildung 14 hört die Entlastung an der Anhängerkupplung schon bei einem Gefälle von 10 % gänzlich auf, in 15 dagegen erst bei 20 % Gefälle. Deshalb sind auch bei letzterem mit wachsender Steigung die Entlastungen immer größer als bei dem ersteren. Andererseits

steigen aber die Stützdrücke bei ersterem erheblich an, was u. U. unzulässige Hinterachsdrücke (in bezug auf die Tragfähigkeit der Schlepperreifen) zur Folge haben kann. In dieser Hinsicht wäre der Stallungstreuer der Abbildung 15 der günstigere.

Mit den aufgezeigten Untersuchungen ist ein Verfahren beschrieben worden, das einen objektiven Vergleich bei technischen Untersuchungen von Stallungstreuern ermöglicht, wobei angestrebt wird, unsichere Faktoren, die den Vergleich erschweren, auszuschalten.

Schrifttum:

- [1] H. Gaus: Beitrag zur Weiterentwicklung vollautomatischer Stallungstreuer. Diss., Gießen 1955.
- [2] H. Heyde: Zur Berechnung der Verlustleistung am Laufwerk eines Schleppers. Landtechn. Forschung 3 (1953) S. 42.
- [3] F. Wieneke: Rechnerische Ermittlung des Fohrzustandes bei Triebanhängern. Landtechn. Forschung 1 (1955) S. 26.
- [4] H. Meyer: Zur Problematik des Sattelanhängers für Ackerschlepper. Landtechn. Forschung 2 (1956) S. 39.
- [5] H. Heidenreich: Die Mechanisierung des Stallmiststreuens. Landtechn. Forschung 2 (1952) S. 109.

Résumé:

Dr.-Ing. K. H. Schulze:

„Technische Untersuchungen an mechanischen Stallungstreuern.“

Die DLG-Vergleichsprüfung für Stallungstreuer stelle die Aufgabe, Eigenschaften solcher Streuer zu ermitteln, die kennzeichnend und vergleichbar sind. Als solche werden genannt: 1. Leistungsbedarf des Streuers oder seiner Streuorgane, 2. Streubilder, 3. Flächenleistung, 4. statische Verhältnisse. Der auf dem Feld ermittelte Leistungsbedarf eines Streuers bringt zwar unter bestimmten Voraussetzungen vergleichbare Ergebnisse, die jedoch durch Prüfstandsversuche zu kontrollieren sind. Über die Wurfseigenschaften der Streutrommel kann man ebenfalls auf dem Prüfstand ein Bild gewinnen, während über die Gleichmäßigkeit der Verteilung auf der Fläche nur der Feldversuch Auskunft gibt, der hier durch Auswägen und fotografisch ausgewertet wurde. Ausführlich behandelt werden die statischen Verhältnisse, und zwar die Schwerpunktbestimmung für den leeren Wagen und für die Ladung in der Ebene und am Hang. Das beschriebene Verfahren gestattet einen objektiven Vergleich bei technischen Untersuchungen von Stallungstreuern, zumal angestrebt wurde, alle unsicheren Faktoren, die den Vergleich erschweren, auszuschalten.

Dr. Ing. K. H. Schulze:

“Investigation of Mechanical Stable Manure Spreaders.”

The D. L. G. Comparative Tests of stable manure spreaders were made with a view to ascertaining what properties of such spreaders were comparable. Investigations showed that the following properties were of use in this connection: 1. Output of the spreader or of its spreader mechanism; 2. distribution patterns; 3. surface output; 4. stability. The output as measured in the field under operating conditions results in figures, which, under certain conditions, are comparable with those obtained from bench tests. However, the first set of figures must be checked against those obtained from bench tests. The throw properties of the distributor drum can also be determined at the test bench, whilst the regularity and equality of spread of the manure over the ground can only be measured in the field. In the tests under notice, the figures obtained were evaluated photographically. The stability of the various spreaders under test is very thoroughly investigated, particular attention being paid to the centres of gravity of the empty vehicle and when loaded and standing on level ground and on inclined surfaces. Provided that all doubtful factors, which tend to increase the difficulties of comparison, are previously eliminated, the tests described in this article enable a completely objective comparison to be made between the various types of stable manure spreaders under notice.

Dr.-Ing. K. H. Schulze: «Des essais effectués sur des épandeurs de fumier mécaniques.»

Les essais comparatifs de la Société Agricole Allemande effectués sur des épandeurs de fumier visaient à déterminer des propriétés d'épandeurs typiques et comparables. Il s'agit de la puissance absorbée par l'épandeur ou par ses organes de distribution, de diagrammes de distribution, du rendement en surface et des données statiques. Les essais effectués lors du travail dans les champs afin de déterminer la puissance absorbée par un épandeur, fournissent des résultats comparables qui, toutefois, doivent être confirmés par des essais au banc d'essai. L'essai au banc peut fournir des renseignements sur les propriétés de projection des organes de distribution, tandis que l'uniformité de la répartition n'a pu être étudiée que lors des essais dans les champs dont on a tiré profit par la pesée et la photographie. L'auteur traite largement des conditions statiques et notamment de la détermination du centre de gravité du véhicule chargé et non chargé se déplaçant, d'une part, sur un terrain plat et, d'autre part, sur une côte. La méthode décrite permet une comparaison objective des essais des épandeurs de fumier, surtout en s'efforçant d'exclure tout facteur incertain qui pourrait compliquer la comparaison.

Ing. Dr. K. H. Schulze: «Investigaciones técnicas en esparcidores mecánicos de estiércol natural.»

Los ensayos comparativos de esparcidores de estiércol natural, llevados a cabo por la Asociación, tuvieron el objeto de encontrar condiciones que fuesen distintas y comparables, citándose como tales: 1. Potencia que requiere el esparcidor o sus elementos de esparcir. 2. Configuración del reparto. 3. Rendimiento por unidad de superficie. 4. Condiciones estáticas. El consumo de energía de un esparcidor, encontrado en el campo, puede, bajo condiciones determinadas, dar valores comparables que, sin embargo, deben confrontarse con ensayos hechos en el banco de pruebas. También es posible formarse una idea, en el banco de pruebas, de las condiciones de lanzamiento del tambor esparcidor. La igualdad de reparto en la superficie, en cambio, sólo puede comprobarse por ensayos prácticos hechos en el campo, estableciéndose en este caso los resultados fotográficamente y pesando. Se tratan extensamente las condiciones estáticas, el establecimiento del centro de gravedad del carro vacío y de la carga, en terreno horizontal y en pendiente. El procedimiento descrito permite una comparación objetiva en el reconocimiento técnico de esparcidores de estiércol natural, más porque se trataba de eliminar todos los factores dudosos que podrían dificultar la comparación.