

## Technische Erfahrungen mit Stallungstreuern

Von K.-H. Schulze, Gießen

Die Stallungstreuer sind älter, als man im allgemeinen annimmt. Im Jahr 1906 wurde bereits von der Prüfungsstation für landwirtschaftliche Maschinen und Geräte in Halle [1] ein amerikanischer Stallmiststreuwagen (Bild 1) getestet, der Baumerkmale wie die heutigen Konstruktionen aufwies. Der Gedanke, den Stalldung mechanisch auszubreiten, ist aber noch älter, wie aus einer alten deutschen Patentschrift hervorgeht, in der sich Pamphilon und Peyton [2] Neuerungen an Düngerstreumaschinen schützen ließen. Es handelt sich hier um einen Streuer, der als Nachläufer hinter einem Ackerwagen arbeitet (Bild 2). Auch die Idee, mit einem Fräsband den Stalldünger zu verteilen [3], ist schon vor sehr vielen Jahren bekanntgeworden (Bild 3). Es sei ferner noch die Düngerstreumaschine von Weikersheimer [4] erwähnt, die mit an Ketten aufgehängten Schlegeln den Stall-

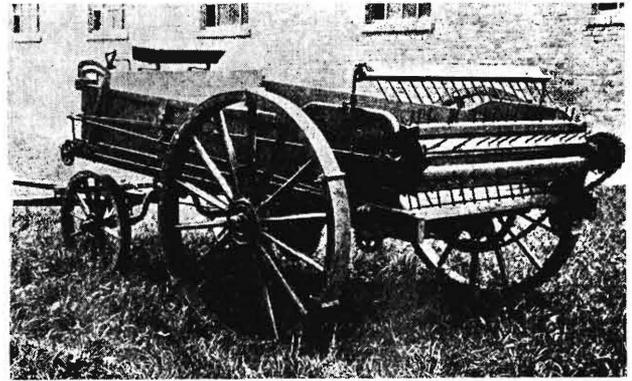
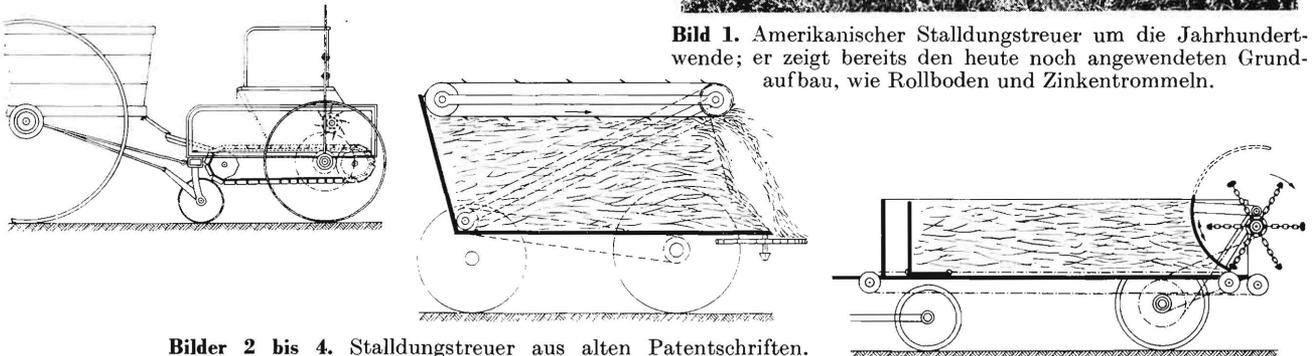


Bild 1. Amerikanischer Stallungstreuer um die Jahrhundertwende; er zeigt bereits den heute noch angewendeten Grundaufbau, wie Rollboden und Zinkentrommeln.



Bilder 2 bis 4. Stallungstreuer aus alten Patentschriften.

dung auswirft (Bild 4), wie es heute wieder ein englischer Stallungstreuer macht, der auf der letzten DLG-Ausstellung in München zu sehen war [5].

Eine wirtschaftliche Bedeutung haben bei uns die Stallungstreuer erst seit etwa 1950 erlangt. In den Vereinigten Staaten sind sie nach dem obigen Prüfungsbericht [1] schon sehr viel länger in Gebrauch. Während dort aber die Stallungstreuer bis heute als Einzweckfahrzeuge in Benutzung sind, kommen sie

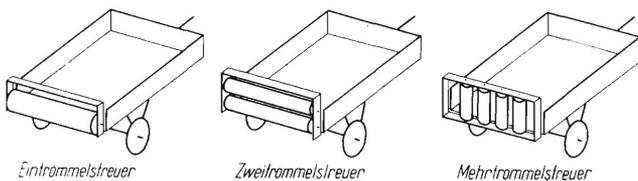


Bild 5. Hauptbauarten von Stallungstreuern.

bei uns als Mehrzweckfahrzeuge zum Einsatz. Sie werden überwiegend einachsiger gebaut, weil bei dem einachsigen Fahrzeug im Gegensatz zum verwindungsweichen Zweiachswagen die Pritsche völlig starr gebaut werden kann. Außer den Aufbaustreuern für Zweiachser kommen aber auch zweiachsige Stallungstreuer auf den Markt, weil beim Feldhäckslerbetrieb und anderen mechanischen Ladeverfahren das zweiachsige Fahrzeug vorgezogen wird [6]. Der Einachser hat aber beachtliche Vorteile, wie die zusätzliche Belastung der Schlepperhinterachse durch die Stützlast am Anhängemaul des Schleppers und die gegenüber dem Zweiachser wesentlich leichtere Manövrierbarkeit beim Rückwärtsstoßen.

Bei der Mehrzahl der Stallungstreuer lassen sich drei Grundtypen (Bild 5) feststellen: die Eintrommel- und die Zweitrommelstreuer, bei welchen die Streutrommeln horizontal angeordnet sind; ferner die Mehrtrommelstreuer, die vertikal angeordnete Streutrommeln haben und als Breitstreuer ausgelegt sind. Die zuerst genannten Streuer sind Schmalstreuer, wenn sie keine zusätzliche Breitstreuvorrichtung haben. Manche Varianten dieser Grundtypen lassen erkennen, daß die Entwicklung der Stallungstreuer und ihrer Streuvorrichtungen noch nicht abgeschlossen ist. Auch bei den Streutrommeln finden sich Grundtypen, die in verschiedenen Abwandlungen verwendet werden. Wir unterscheiden die mit langen Reißzinken bewehrten, die schneckenförmigen und solche mit Wurfschaufeln oder etwas längeren Wurfblättern ausgerüsteten Reiß- und Streuwerkzeuge (Bild 6).

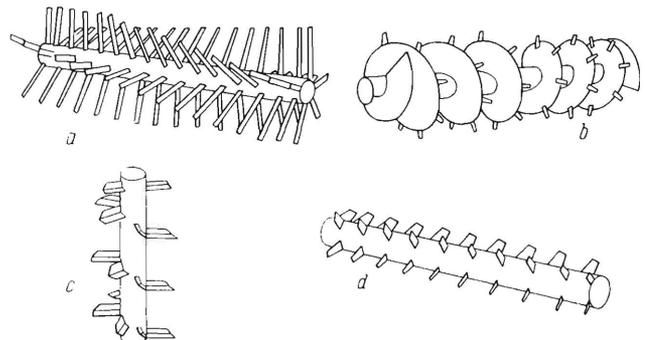


Bild 6. Bauarten von Streutrommeln.

- a) Zinkentrommel mit gewendelten Zinkenreihen
- b) Schneckenentrommel mit aufgesetzten Reißzinken
- c) Senkrecht stehende Trommel mit Reißzinken
- d) Trommel mit kratzenden Wurfschaufeln

Privatdozent Dr.-Ing. Karl-Heinrich Schulze ist Oberassistent am Institut für Landmaschinen der Justus-Liebig-Universität Gießen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. Karl Stöckmann).

Die Stallungstreuer wurden als wichtige Glieder zur Vollständigkeit der Stroh-Stallung-Arbeitskette bereits bei ihrer Einführung wissenschaftlich untersucht. Heidenreich [7] behandelte arbeitstechnische Probleme; Gaus [8] befaßte sich mit technisch-konstruktiven Fragen. Ferner wurde mit Stallungstreuern im Jahre 1955 eine DLG-Vergleichsprüfung durchgeführt, an der sich sechs Firmen beteiligten [9; 10]. Dieser Vergleichsprüfung folgten mehrere DLG-Einzelprüfungen. Aus den dabei gewonnenen Erfahrungen wird im folgenden berichtet, wobei auch auf einige grundsätzliche Fragen eingegangen wird.

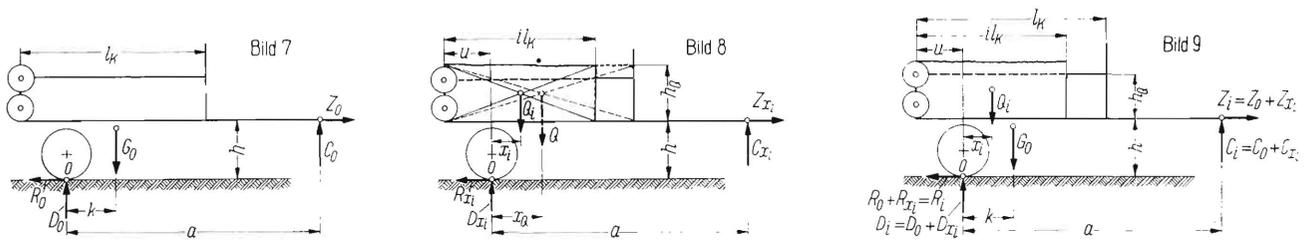
**Der Stallungstreuer als Fahrzeug**

**Die Stützlast beim einachsigen Fahrzeug**

Der einachsige Sattelwagen stützt sich auf dem Anhängemaul des Schleppers ab. Die Größe der Stützlast wird beeinflusst:

1. durch das Leergewicht des Wagens, die Lage des Schwerpunktes zwischen Achse und Anhängemaul und die Zugkraft, die zur Überwindung des Fahrwiderstandes notwendig ist (Bild 7) und
2. durch den beim Entladevorgang nach hinten wandernden Schwerpunkt der abnehmenden Ladung (Bild 8).

Durch den wandernden Schwerpunkt und die sich ändernde Ladung entsteht eine sich ändernde Stützlast und auch ein sich ändernder Zugwiderstand.



Bilder 7 bis 9. Statische Kräfte am gleichförmig bewegten einachsigen Stallungstreuer.

Bild 7. Kräfte am leeren Wagen, Bild 8. Kräfte, hervorgerufen durch die wandernde, sich verringende Ladung während des Streuens und Bild 9. Kräfte während der Entladung (Summe der Kräfte in Bild 7 und 8).

Zur Ermittlung der Stützlast des einachsigen Fahrzeuges lassen sich folgende Momentengleichungen (Formelzeichen siehe **Tafel 1**) für den leeren Wagen, für die kleiner werdende Ladung und schließlich als Summe aus diesen beiden für den streuenden Wagen (**Bild 9**) anschreiben:

a) für den leeren Sattelwagen:

$$G k + Z_0 h - C_0 a = 0 \dots\dots\dots (1)$$

b) für die kleiner werdende Ladung:

$$Q_i x_i + Z_{xi} h - C_{xi} a = 0 \dots\dots\dots (2)$$

mit

$$x_i = \frac{i l_K}{2} - u \dots\dots\dots (2a)$$

$$1 \geq i \geq 0$$

$$Q_i = i Q.$$

wobei

$$Q = \gamma b h Q l_K \dots\dots\dots (2b)$$

c) somit für den streuenden Wagen:

$$G_0 k + Q_i x_i + Z_i h - C_i a = 0 \dots\dots\dots (3).$$

wenn

$$Z_i = Z_0 + Z_{xi} \text{ und } C_i = C_0 + C_{xi}$$

sind. Mit den für  $Q_i$  und  $x_i$  unter b) jeweils gegebenen Funktionen und mit

$$Z_i = \varrho (G_0 + Q_i - C_i).$$

weil  $Z_i = R_i = \varrho D_i,$   
 $R_i = R_0 + R_{xi},$   
 $D_i = D_0 + D_{xi}$   
 und  $D_i = G_0 + Q_i - C_i$

ist, erhält man die Funktion für die jeweilige Stützlast am streuenden Wagen von Beginn der Entladung ( $i = 1$ ) bis zum Ende ( $i = 0$ ):

$$C_i = \frac{G_0 (k + \varrho h) + \gamma b h Q l_K \left[ \frac{i^2 l_K}{2} - i (u - \varrho h) \right]}{a + \varrho h} \dots (4).$$

Die Stützlast  $C_i$  ist also eine quadratische Funktion des Beladungsgrades  $i$ . Sie ist ferner abhängig von der Wichte  $\gamma$  des geladenen Stallungs und von dem Zustand des Bodens, d. h. dem dadurch bedingten Rollwiderstandsbeiwert  $\varrho$ .

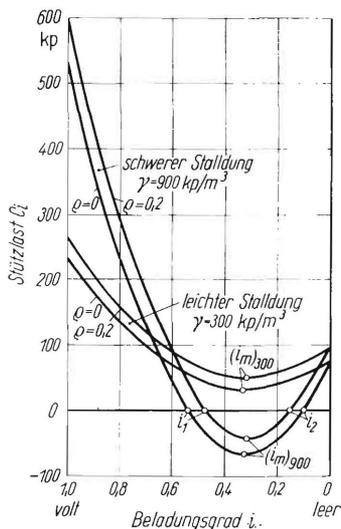
Das zeigt ein in **Bild 10** dargestellter rechnerischer Vergleich der Stützlasten eines einachsigen Wagens während der Entleerung für einen extrem leichten ( $\gamma = 300 \text{ kp/m}^3$ ) und extrem schweren ( $\gamma = 900 \text{ kp/m}^3$ ) Stallung bei Vernachlässigung des Rollwiderstandes ( $\varrho = 0$ ) und beispielsweise bei gepflügtem sandigem Lehm Boden ( $\varrho = 0,2$ ). Je nach der Bauart des Wagens stellt sich bei der Entleerung von einem bestimmten Zeitpunkt ab eine mehr oder minder fühlbare negative Stützlast am Anhängemaul und damit eine Entlastung der Hinterachse des

**Tafel 1.** Verwendete Formelzeichen<sup>1)</sup>.

	Formelgrößen		
	des Wagens leer	der Ladung	des Wagens + der Ladung
		während des Streuens	
Gewicht des Wagens	kp	$G_0$	—
Ladegewicht bei Vollast	kp	—	$Q$
Ladegewicht während des Streuens	kp	—	$Q_i$
Rollwiderstand	kp	$R_0$	$R_{xi}$
Zugwiderstand	kp	$Z_0$	$Z_{xi}$
Stützlast an der Anhängerkupplung des Schleppers	kp	$C_0$	$C_{xi}$
Achslast des Wagens	kp	$D_0$	$D_{xi}$
Abstand des Wagenschwerpunktes von Radmitte	m	$k$	—
Abstand des Schwerpunktes der Ladung von Radmitte	m	—	—
a) bei Vollast	m	—	$x_Q$
b) während d. Streuens	m	—	$x_i$
Aufsattelhöhe	m	$h$	—
Höhe der Ladung	m	—	$h_Q$
Breite des Kastens bzw. der Ladung	m	$b$	$b$
Länge des Kastens (bei Vollast)	m	$l_K$	$l_K$
hinterer Überhang des Kastens bzw. der Ladung über die Achsmittle	m	$u$	$u$
Stützweite des Wagens	m	$a$	—
Rollwiderstandsbeiwert	—	$\varrho$	—
Beladungsgrad	—	$i$	$i$
Wichte <sup>2)</sup> der Ladung	kp/m <sup>3</sup>	—	$\gamma$
Dichte <sup>2)</sup> der Ladung	kg/m <sup>3</sup>	—	$\varrho_Q$

<sup>1)</sup> Es werden gegenüber den bisherigen Veröffentlichungen [9, 10, 11, 12] der Einheitlichkeit wegen die Formelzeichen verwendet, wie sie von den Instituten für landtechnische Grundlagenforschung und für Schlepperforschung der FAL vorgeschlagen bzw. gebraucht werden [15].

<sup>2)</sup> Es ist:  $|\gamma| = |\varrho_Q|$ , wenn  $\gamma$  in  $\text{kp/m}^3$  und  $\varrho_Q$  in  $\text{kg/m}^3$  gemessen werden.



**Bild 10.** Charakteristik der Stützlast am Anhängermaul des Schleppers bei einem einachsigen Stallungstreuer während seiner Entladung.

Wird schwerer Stallung entladen, kann — wie bei dem gezeigten Beispiel — die Stützlast  $C_i$  beim Beladungsgrad  $i_1$  und  $i_2$  zu Null werden. Beim Beladungsgrad  $i_m$  wird die jeweils kleinste Stützlast  $(C_i)_{min}$  erreicht, die einen positiven (das Anhängermaul belastenden) oder negativen (entlastenden) Wert haben kann.



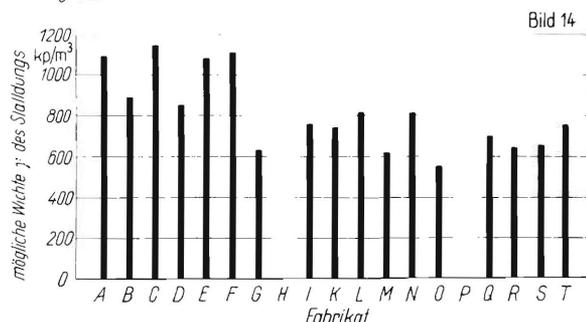
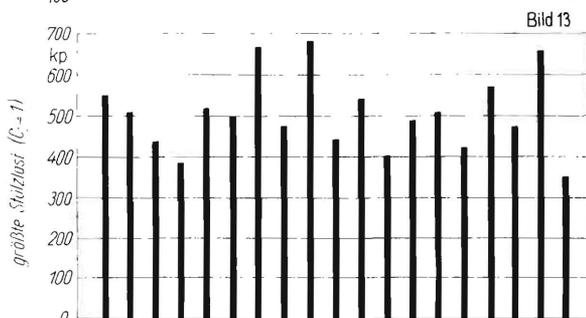
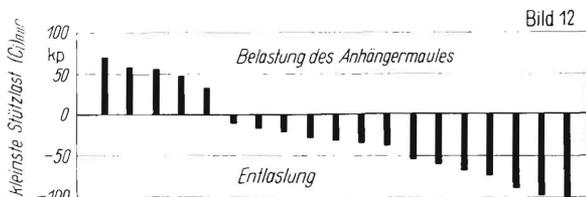
**Bild 11.** Bei einem Schmalstreuer verursacht Seitenwind eine asymmetrisch zur Längsachse des Wagens ausgebreitete Mistdecke.

Schleppers ein, die um so größer wird, je geringer der Rollwiderstandsbeiwert ist. Im Bild ist das Verhalten eines Wagens erkennbar, der bei leichtem Stallung noch nicht, bei schwerem jedoch im kritischen Zustand die Schlepperhinterachse erheblich entlastet. Es zeigt sich in der Praxis, daß der Schlepper während des Abstreuens beim Erreichen des kritischen Zustandes bei solchen zur Entlastung neigenden Stallungstreuern den fast leeren Wagen nicht mehr vorwärts zu bewegen vermag, weil seine Triebräder rutschen. Das ist nicht nur auf lockeren, sondern auch auf festen Böden (trockener Stoppelboden) zu beobachten, besonders dann, wenn (bei Schmalstreuern<sup>2)</sup>) eine Radspur des Schleppers auf ausgestreutem Stallung der vorübergehenden Streubahn laufen muß, wie es bei Seitenwind vorkommt (**Bild 11**).

Der Kraftschlußbeiwert [11] der Schlepperräder wird durch die Entlastung sehr leicht zu klein. Durch eine Verlegung der Hinterachse des Wagens nach hinten ist diese Entlastung zu verringern, doch kann die Stützlast bei voll beladenem Wagen zu groß werden. Die Stützlast wird begrenzt durch die Forderung, daß die Lenkfähigkeit des Schleppers erhalten bleiben muß [13]. Wie sich eine ungünstige Lastverteilung konstruktiv korrigieren läßt, wird weiter unten gezeigt. Manches Fabrikat läßt in dieser Beziehung zu wünschen übrig.

<sup>2)</sup> Als Schmalstreuer werden diejenigen bezeichnet, bei denen die Streubreite etwa der Wagenbreite entspricht.

Ein rechnerischer Vergleich der Extremwerte der Entlastung am Anhängermaul des Schleppers bei 19 Stallungstreuern verschiedener Herkunft zeigt bei Annahme gleichen Ladegutes ( $\gamma = 700 \text{ kp/m}^3$ ) sehr unterschiedliche Werte (**Bilder 12 bis 14**). Der Stallungstreuer A, bei dem z. B. die Stützlast im voll beladenen Zustand nach Bild 13 550 kp beträgt, belastet im kritischen Punkt das Anhängermaul noch mit 60 kp (Bild 12). Er entlastet also selbst bei so schwerem Stallung die Schlepperhinterachse niemals. Dagegen hat beispielsweise der Streuer S trotz hoher anfänglicher Stützlast von  $C_{i=1} = 650 \text{ kp}$  eine sehr hohe negative Stützlast am Anhängermaul im kritischen Punkt von  $(C_i)_{min} = -100 \text{ kp}$ .



**Bilder 12 bis 14.** Vergleich der Extremwerte der Stützlasten von 19 einachsigen Stallungstreuern verschiedener Fabrikates (A bis T).

Angenommene Wichte des Dinges in Bild 12 und 13:  $700 \text{ kp/m}^3$ .  
Bild 12. Kleinste Stützlasten  $(C_i)_{min}$  am Anhängermaul des Schleppers während der Entladung der Streuer (nach der Größe von  $(C_i)_{min}$  sind die Fabrikate geordnet).

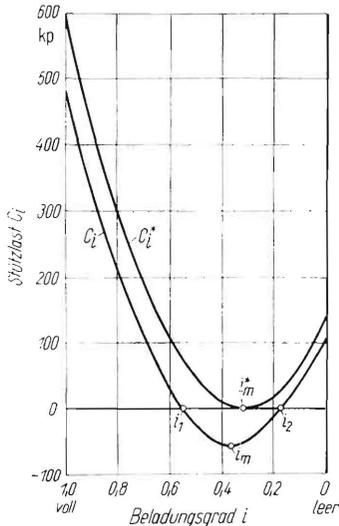
Bild 13. Größte Stützlasten  $C_i$  für  $i = 1$  bei vollbeladenen Streuern.  
Bild 14. Zulässige Wichte des Stallunges aus der Tragfähigkeit der Wagen und dem Laderaum der Dungstreuer errechnet.

Die Ordnung der Streuer nach der Größe der kleinsten Stützlast zeigt, daß ein während des Streuens wenig oder überhaupt nicht entlastender Streuer nicht unbedingt bei voller Ladung eine hohe Sattellast am Schlepper erzeugen muß (Bild 12 und 13). Demnach ist die konstruktive Auslegung eines Streuers unvollkommen, wenn eine negative Stützlast vorkommt. In diesem Fall läßt sich eine Konstruktion rechnerisch einfach überprüfen, indem man die Schwerpunktlage des Streuers experimentell [10] ermittelt und durch Verschieben der Achse des Streuers eine bessere Lastverteilung zu erreichen versucht.

Für diese Überprüfung einer Konstruktion braucht man nicht den ganzen Verlauf der Stützlasten nach Bild 10 zu errechnen und aufzuzeichnen. Es genügt, kennzeichnende Werte mit Hilfe der Gl. (4) zu berechnen. Da normaler Stallung nach der Beladung je nach Zustand eine Wichte von  $400\text{--}700 \text{ kp/m}^3$  hat, sind die in der Praxis vorkommenden Verhältnisse mit hinreichender Sicherheit berücksichtigt, wenn man die Rechnung für  $700 \text{ kp/m}^3$  durchführt:

1. Die höchste Stützlast ergibt sich für  $i = 1$  aus Gl. (4). Im allgemeinen genügt die vereinfachte Berechnung ohne Berücksichtigung des Rollwiderstandsbeiwertes  $\rho$ , es sei denn, die Stützlast  $C_{i=1}$  des voll beladenen Wagens liege nahe an der Grenze des laut „Allgemeiner Betriebserlaubnis“ höchst zulässigen Wertes; dann empfiehlt es sich, einen Rollwiderstandsbeiwert  $\rho = 0,2$  bis  $0,3$  für weiche Ackerböden zu wählen.

2. Wenn eine negative Stützlast am Anhängemaul des Schleppers vorliegt, müssen zwei Werte  $C_i$  den Wert Null annehmen (Bild 10 und Bild 15). Löst man die Gl. (4) für  $C_i = 0$  nach  $i$  auf, wobei der Rollwiderstand unberücksichtigt bleiben kann,



**Bild 15.** Verbesserung der Stützlastcharakteristik eines einachsigen Stallungstreuers durch Verschieben seiner Achse nach hinten (Änderung des Überhanges  $u$  in  $u^*$ ) und durch Verkürzung der Stützweite  $a$  zu  $a^*$ , dargestellt an einem Streuer mit bestimmten Konstruktionsmaßen (siehe Bild 16).

$G_o = 1275 \text{ kp}$	$C_i \left\{ \begin{array}{l} u = 1,20 \text{ m} \\ k = 0,276 \text{ m} \\ a = 3,45 \text{ m} \end{array} \right.$
$\gamma = 700 \text{ kp/m}^3$	
$l_K = 3,42 \text{ m}$	$C_{i^*} \left\{ \begin{array}{l} u^* = 1,11 \text{ m} \\ k^* = 0,366 \text{ m} \\ a^* = 3,38 \text{ m} \end{array} \right.$
$h_Q = 0,60 \text{ m}$	
$b = 1,80 \text{ m}$	

da die Zugkraft für den Streuer einer Entlastung entgegenwirkt und somit auch kritische Situationen auf glatter Fahrbahn gebührend beachtet werden, so ergeben sich für den Entlastungsgrad  $i$  zwei reelle Werte (quadratische Gleichung):

$$i_{1,2} = \frac{u}{l_K} \pm \frac{1}{l_K} \sqrt{u^2 - \frac{2 G_o k}{\gamma b h_Q}} \dots (5)$$

Man erhält aber zwei reelle Werte nur, wenn

$$u^2 > \frac{2 G_o k}{\gamma b h_Q}$$

ist.

Ist diese Bedingung erfüllt, dann interessiert die Größe der größten Entlastung  $[(C_i)_{\min} < 0]$ . Diesen Wert bringt die Differentialgleichung

$$\frac{d C_i}{d i} = 0 \dots (6)$$

aus welcher man für den Entlastungsgrad  $i_m$  bei der größten Entlastung

$$i_m = \frac{u}{l_K}$$

erhält. Der gesuchte Wert errechnet sich dann zu

$$(C_i)_{\min} = \frac{1}{a} \left( G_o k - \frac{1}{2} \gamma b h_Q u^2 \right) \dots (7)$$

$$(C_i)_{\min} < 0$$

3. Zeigt ein Wagen mit den gegebenen Abmessungen  $l_K, h_Q, b, k, u$  und  $a$  (Bild 16) bei schwerem Stallung beispielsweise einen Verlauf der Sattellast nach Bild 15, wobei die negative Stützlast zwischen  $i_1$  und  $i_2$  mit ihrem Größtwert bei  $i_m$  unerwünscht groß ist, so läßt sich zunächst nach folgender Überlegung eine Verbesserung durch Änderung von  $u$  in  $u^*$  erzielen:

Es soll z. B. eine negative Stützlast vermieden werden. Das bedeutet, daß die Funktion  $C_i = f(i)$  nach der Gl. (4) nur einen Wert  $i$  an der Stelle  $C_i = 0$  haben darf. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn die Wurzel der Gl. (5) zu Null wird, also die Gleichung

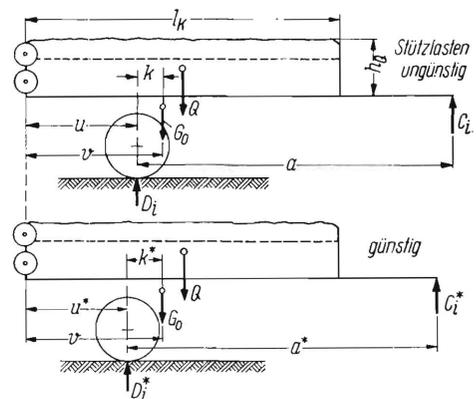
$$u^2 = \frac{2 G_o k}{\gamma b h_Q} \dots (8)$$

gilt.

Das läßt sich erreichen, indem man bei dem gezeigten Beispiel die Achse des Einachsers weiter nach hinten verlagert, wodurch der Überhang  $u$  zu  $u^*$  wird. Wenn  $u^* < u$  wird, ist dadurch der Schwerpunktsabstand am leeren Wagen  $k^* > k$  geworden, weil die Gleichung

$$u + k = v = u^* + k^* \dots (9)$$

gelten soll (Bild 16).



**Bild 16.** Maßstäbliche Gegenüberstellung der Maße  $u, k$  und  $a$  des in Bild 15 untersuchten Stallungstreuers mit den zur Verbesserung der Stützlastcharakteristik geänderten Maßen  $u^*, k^*$  und  $a^*$ .

Der Fehler dürfte vernachlässigbar klein sein, wenn man annimmt, daß sich der Schwerpunkt des Wagens bei der in Frage kommenden Verschiebung der Achse in seinem Abstand  $v$  von der hinteren Plattformkante nicht verlagert hat, zumal der Gewichtsanteil der Achse mit ihren Stützen und Rädern am Gesamtleergewicht des Wagens verhältnismäßig gering ist.

In der Gl. (8) ist der funktionelle Zusammenhang zwischen dem Überhang  $u$  und Abstand des Schwerpunktes  $k$  für den Ausschluß jeglicher Entlastung gegeben. Für das zu wählende  $u^*$  finden wir mit

$$k^* = v - u^*$$

daraus die Bedingungsgleichung

$$(u^*)^2 - \frac{2 G_o}{b h_Q \gamma} (v - u^*) = 0 \dots (10)$$

woraus sich

$$u^*_{1,2} = - \frac{G_o}{b h_Q \gamma} \pm \sqrt{\left( \frac{G_o}{b h_Q \gamma} \right)^2 + \frac{2 G_o v}{b h_Q \gamma}}$$

errechnet und sich, mit

$$\frac{b h_Q \gamma}{G_o}$$

erweitert,

$$u^* = \frac{G_o}{b h_Q \gamma} \cdot \left[ \sqrt{1 + \frac{2 b h_Q \gamma}{G_o} v} - 1 \right] \dots (11)$$

ergibt.

Es interessiert nur der Wert  $u^* > 0$ , weil  $u^* < 0$  bedeuten würde, daß die Achse hinter das rückwärtige Ende des Wagens zu liegen käme; denn dann wäre  $k^* > v$ .

Das Ergebnis der Gl. (11) gibt aber noch nicht die Gewähr, daß beim voll beladenen Wagen nicht eine unzulässig hohe Stützlast  $C_i$  für  $i = 1$  durch die Achsverlagerung nach hinten entstanden ist. Ist das nämlich der Fall, dann kann man noch durch Änderung der Stützweite  $a$  in  $a^*$  einen Ausgleich schaffen, wobei der Unterschied  $a - a^*$  aber möglichst klein bleiben soll, um die Schwerpunktslage des leeren Fahrzeuges auch in diesem Fall mit ausreichender Sicherheit als noch unverändert ansehen zu können. Außerdem verhindert eine zu große Kürzung der Deichsellänge die Ausnutzung des kleinsten Wendekreises des Schleppers. Legt man als die oberste Grenze der Stützlast  $C_{i=1}^*$  fest, dann kann man mit den aus Gl. (11) und (9) bestimmten Überhang  $u^*$  und den Schwerpunktsabstand  $k^*$  die gegebenenfalls notwendige Stützweite  $a^*$  analog der Gl. (4) errechnen zu

$$a^* = \frac{1}{C_{i=1}^*} \left[ G_0 k^* + \gamma b h_Q l_K \left( \frac{l_K}{2} - u^* \right) \right] \quad \dots (12).$$

In Bild 16 sind die notwendig gewordenen Änderungen für einen Stallungstreuer mit den Konstruktionsmaßen  $l_K$ ,  $h_Q$ ,  $u$ ,  $k$  und  $a$ , siehe Bild 15, maßstäblich wiedergegeben, die sich bei den Gewichten  $G_0$  und  $\gamma$  zu  $u^*$ ,  $k^*$  und  $a^*$  ergeben haben, wenn jegliche Entlastung der Schlepperhinterachse durch eine negative Stützlast vermieden werden soll. Bei dem gezeigten Streuer braucht die Achse lediglich um 90 mm nach hinten verschoben und die Stützweite um 70 mm gekürzt werden, um die Bedingung zu erfüllen, daß die größte Stützlast  $C_{i=1}^* = 600$  kp nicht überschritten werden und eine negative Stützlast während der Entladung nicht auftreten soll. Die gesamte Länge des Wagens ist dadurch um 160 mm kürzer geworden.

### Die Achslast beim einachsigen Fahrzeug

Der Verlauf und die Größe der Achslast während des Streuens ist deshalb von Bedeutung, weil sie den Rollwiderstand  $R_i$  des Wagens bestimmt, der von der Zugkraft am Zughaken des Schleppers überwunden werden muß. Der Fahrwiderstand ist nicht nur von dem jeweiligen Gesamtgewicht des Fahrzeuges im beladenen Zustand oder während der Entladung abhängig, sondern auch von dem vorstehend untersuchten Konstruktionsmaßen  $u$ ,  $k$  und  $a$ .

$k$ ,  $h$  und von dem jeweiligen Beladungsgrad  $i$  bestimmt. Hinzu kommt der Rollwiderstandsbeiwert  $\rho$ . Das kann sich so auswirken, daß Wagen mit gleicher Tragfähigkeit, aber (nicht einmal erheblich) voneinander abweichenden Konstruktionsmaßen sehr unterschiedliche Achslasten aufweisen.

Auch hinsichtlich des Fassungsvermögens der Wagen als Stallungstreuer sind etliche Unterschiede festzustellen, die darin bestehen, daß manche schon bei mittelschwerem Stallung (Bild 14) bei Ausnutzung der zulässigen Ladehöhe ihre Tragfähigkeit erreicht haben.

### Der Stallungstreuer als Arbeitsmaschine

Der Leistungsaufwand, welcher zum Betrieb eines Stallungstreuers notwendig ist, wird am Zughaken und an der Zapfwelle des Schleppers übertragen. Die Motorleistung  $N_M$  setzt sich bekanntlich zusammen aus dem Eigenverbrauch durch die Fahrwiderstandsleistung  $N_\rho$ , die Getriebeverlustleistung  $N_\eta$  und Schlupfverlustleistung  $N_\sigma$  und aus der Zughakenleistung  $N_Z$ , ferner aus der Zapfwellenleistung  $N_a$  und gegebenenfalls aus der Steigleistung  $N_{st}$ . Die Gleichung lautet dann:

$$N_M = N_\rho + N_\eta + N_\sigma + N_Z + N_a (+ N_{st}) \quad \dots (15).$$

Zur Betrachtung des Stallungstreuers interessieren hier die Glieder  $N_Z$  und  $N_a$ .

### Der Leistungsaufwand am Zughaken des Schleppers

Die Größe  $N_Z$ , welche am Zughaken übertragen wird, ist vom Fahrwiderstand  $R_i$  des Wagens und seinem Gesamtgewicht ( $Q_i + G_0$ ) (letzteres nur in hängigem Gelände) abhängig. Wir können aus der Achslast  $D_i$  (kp), der Fahrgeschwindigkeit  $v_F$  (km/h) und dem Rollwiderstandsbeiwert  $\rho$  den Leistungsbedarf  $N_Z$  (PS) für die Überwindung des Zugwiderstandes errechnen mit der Gleichung

$$N_Z = \rho D_i v_F / 270 \quad \dots \dots \dots (16).$$

Dadurch, daß die Achslast  $D_i$  von den Konstruktionsmaßen abhängt, sind z. B. für Stallungstreuer mit gleicher Tragfähigkeit unterschiedliche Rollwiderstände möglich. Das zeigt z. B. ein rechnerischer Vergleich von je zwei Einachsstreuern gleicher Tragfähigkeit, aber verschiedener Konstruktionsmaße (**Tafel 2**) für eine Fahrgeschwindigkeit von  $v_F = 4$  km/h, dessen Ergebnis in **Bild 17** dargestellt ist.

Hier wird der Leistungsbedarf am Zughaken des Schleppers für die Überwindung des Fahrwiderstandes als Funktion des

**Tafel 2.** Daten von vier Einachsstreuern für einen rechnerischen Vergleich des Zugleistungsbedarfes (s. a. Bild 17).

Fabrikat	Wagenkasten				Stützweite	Deichsellhöhe	Abstand des Schwerpunktes	Leergewicht	Tragfähigkeit
	Breite	Länge	Überhang	Zulässige Ladehöhe					
	b	l <sub>k</sub>	u	h <sub>Q</sub>					
	m	m	m	m					
G	1,65	3,35	1,00	0,75	3,500	0,935	0,302	1280	2,5
T	1,80	3,20	1,03	0,45	3,465	0,996	0,414	1196	2,5
N	1,80	3,42	1,20	0,60	3,450	0,905	0,276	1275	3,0
F	1,55	3,41	0,88	0,52	3,680	0,905	0,415	1091	3,0

Aus der Gl. (3) ergibt sich für  $D_i$ , wenn  $Z_i = \rho D_i$  und für  $C_i = G_0 + Q_i - D_i$  gesetzt wird,

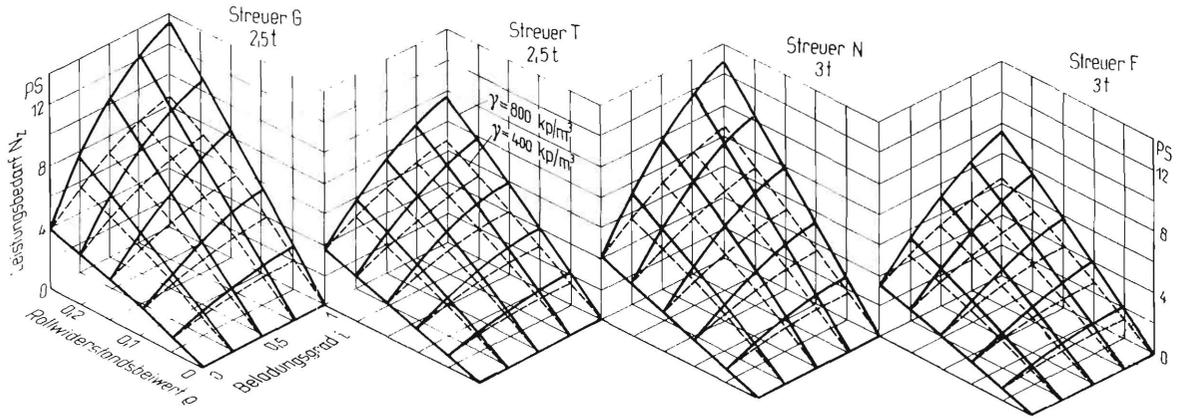
$$D_i = \frac{G_0 (a - k) + Q_i (a - x_i)}{a + \rho h} \quad \dots \dots \dots (13).$$

mit den Gl. (2a) und (2b) wird

$$D_i = \frac{G_0 (a - k) + Q \left[ i (a + u) - \frac{i^2 l_K}{2} \right]}{a + \rho h} \quad \dots \dots (14).$$

Die jeweilige Achslast  $D_i$  wird also durch das Ladegewicht  $Q$  und das Leergewicht  $G_0$  sowie von den Abmessungen  $a$ ,  $l_K$ ,  $u$ ,

Rollwiderstandsbeiwertes und des Beladungsgrades  $i$  für zwei verschiedene Raumgewichte  $\gamma$  des Stallunges wiedergegeben. Es ergibt sich bei den gewählten Beispielen, daß der Streuer G mit einer Tragfähigkeit von 2,5 t bei einem Raumgewicht der Ladung von  $\gamma = 800$  kp/m<sup>3</sup> bei sehr schwerem Boden ( $\rho = 0,25$ ) und im voll beladenen Zustand ( $i = 1$ ) allein zur Fortbewegung in der Ebene einen wesentlich höheren Leistungsaufwand ( $N_Z = 13,5$  PS) erfordert als der Streuer F, der eine größere Tragfähigkeit hat. Bei diesen Vergleichen wurden zur Verdeutlichung, welchen Einfluß das Gewicht der Ladung hat, die Beispiele für leichten (400 kp/m<sup>3</sup>) und schweren (800 kp/m<sup>3</sup>) Stallung durchgerechnet, unbeschadet des Umstandes, daß die Streuer G und T bei schwerem Stallung bereits etwas überladen wären (Bild 14).



**Bild 17.** Rechnerisch ermittelter Leistungsbedarf zur Überwindung des Rollwiderstandes von vier verschiedenen Fabri-katen von Einachswagen.

Bei Wagen gleicher Traglast (vergl. Streuer G und T bzw. N und F) können durch entsprechend ungünstige Achslast je nach Last (Wichte der Ladung), Beladungsgrad und Bodenzustand (Rollwiderstandsbeiwert) mehr oder weniger große Unterschiede im Rollwiderstand bestehen.

Man wird also aufgrund dieser funktionellen Zusammenhänge die Achslast eines Streuers so klein wie möglich halten. Dafür werden aber die Stützlasten bei gegebenem Gesamtgewicht entsprechend größer und verursachen eine Erhöhung der Hinterachslast des Schleppers. Dadurch wird auch der Rollwiderstand des Schleppers größer, aber da der Rollwiderstandsbeiwert von Reifen großen Durchmessers im Vergleich zu solchen kleineren Durchmessern kleiner ist und eine zusätzliche Achslast den Schlupf und damit die Schlupfverlustleistung verringert, bleibt eine möglichst niedrige Achslast am Stallungstreuer vorteilhaft.

**Der Leistungsbedarf an der Zapfwelle**

Der Leistungsbedarf an der Zapfwelle  $N_a$  setzt sich aus dem für den Streuvorgang notwendigen Leistungsbedarf  $N_{Str}$  und dem für das Fördern des Streugutes zum Streuwerk hin (Vorschub)  $N_V$  und dem für den Leerlauf der Maschine  $N_o$  zusammen. Die Gleichung für den Leistungsbedarf an der Zapfwelle lautet also

$$N_a = N_{Str} + N_V + N_o \dots\dots\dots (17)$$

Bei Verwendung einer Wagentriebachse würde der Leistungsbedarf zur Überwindung des Rollwiderstandes des Dungstreuers auch von der Zapfwelle gedeckt werden; dieser Fall soll aber hier nicht untersucht werden.

Messungen des Leistungsbedarfes für den Streuvorgang während einer Entladung ergeben sehr schwankende Werte. Die Ursachen sind darin zu suchen, daß die Dichte der Ladung auf dem Wagen, besonders dann, wenn mit mechanischen Hilfsmitteln (Frontlader oder Greifer) beladen wird, sehr ungleichmäßig ist, daß ferner der Stallung unterschiedlichen Zustand aufweisen kann, daß weiterhin an den Trommeln beim Trenn- und Schleudervorgang wechselnd starke Anhäufungen kurzzeitig auftreten können, ohne zur Verstopfung zu führen und anderes mehr. Ermittelt man in einzelnen Fraktionen während des Ausstreuens den Leistungsbedarf  $N_a$  im definierten Sinn als Funktion der Ausstremenge  $Q_t$  in der Zeiteinheit durch Mittelwertbildung aus einem Schrieb eines Leistungsschreibers [10], so kann man feststellen, daß trotz großer Schwankungen die Werte doch in einem die jeweiligen Verhältnisse und auch den Streuer charakterisierendem Feld liegen.

Aus der Zapfwellenleistung als Funktion der Ausstremenge in der Zeiteinheit

$$N_a = f(Q_t) \dots\dots\dots (18)$$

läßt sich der gesamte spezifische Arbeitsaufwand für das Ausstreuen ermitteln, wenn man den Quotienten

$$A_{ges} = \frac{N_a}{Q_t} \frac{PS_h}{dz} \dots\dots\dots (19)$$

bildet, wobei  $Q_t$  in dz/h zu messen ist.

Es ist anzunehmen, daß man mit Hilfe der Gln. (18) und (19) etwas über die Streueigenschaften des Stallunges aussagen kann, wenn man unter gleichen Bedingungen (gleiche Dichte der Ladung, gleiches Streuwerk) unterschiedliche Stallungarten ausstreut. Zu welchem Teil die festgestellten Charakteristiken bei zu vergleichenden Streuwerken dem Streugut und dem Streuwerk zuzuschreiben sind, kann allerdings nicht mehr gesagt werden, wenn der Stallung sehr unterschiedlicher

Herkunft ist [14]. Mit welchen Grenzwerten des Arbeitsaufwandes bei entsprechendem Durchsatz gerechnet werden muß, läßt sich aber aus den Darstellungen in **Bild 18 und 19** entnehmen, weil das Streugut immer der gleichen Miststätte entnommen wurde.

Man kann den Leistungsaufwand für das Streuen auch auf die erzielte Flächengabe beziehen, wenn man eine bestimmte Fahrgeschwindigkeit beim Vergleich zugrunde legt. Dann lautet die Funktion

$$N_a = f(Q_H) \dots\dots\dots (20)$$

Eine solche Fragestellung kommt vom Landwirt, der wissen will, ob er bei vernünftiger Fahrgeschwindigkeit mit seinem Schlepper die gewünschten Flächengaben  $Q_H$  in dz/ha erreichen kann. Aus dem Produkt von Streubreite  $b_S$  in m, Fahrgeschwindigkeit  $v_F$  in km/h und Durchsatz in der Zeiteinheit  $Q_t$  in dz/h ergibt sich die Flächengabe

$$Q_H = \frac{Q_t}{0,1 b_S v_F} \frac{dz}{ha} \dots\dots\dots (21),$$

wobei die Durchsatzmenge  $Q_t$  durch die Fördergeschwindigkeit des Vorschubes  $v_V$  in m/min, die Höhe der Ladung  $h_Q$  in m und die Breite der Ladung  $b$  in m und ihre Dichte  $\rho_Q$  in kg/m<sup>3</sup> der Ladung aus nachstehender Beziehung gegeben ist:

$$Q_t = 0,6 v_V h_Q b \rho_Q \frac{dz}{h} \dots\dots\dots (22).$$

Während also der nach den Gln. (18) und (19) ermittelte Leistungs- und Arbeitsaufwand unter gewissen Einschränkungen den Stallungstreuer für eine Energiebilanz charakterisiert, hat unter Einbeziehung der Flächengabe die Leistungsangabe für eine bestimmte Fahrgeschwindigkeit Sinn bei einer Klassifizierung für die landwirtschaftliche Nutzung.

In Bild 18 und 19 sind die geschilderten Leistungs- und Arbeitsaufwandcharakteristiken zusammengestellt, die — wie bereits erwähnt — ein Wertmaßstab sein können, zumindest aber zeigen, mit welchem Leistungs- oder Arbeitsaufwand nur für den Streuvorgang gerechnet werden muß. Denn man muß wegen folgender Gegebenheiten Einschränkungen machen:

1. Die Versuche sind zu verschiedenen Zeiten und deshalb auch mit verschiedenem Stallung vorgenommen worden: einmal Mist vom Dunghaufen in einigermaßen verrottetem Zustand, das andere Mal Stallung aus Tiefställen.
2. Außerdem wurde die Beladung in den meisten Fällen mit Frontlader vorgenommen, so daß der Vergleich von Meßergebnissen einzelner Fraktionen (z. B. bei Entladung des ersten, zweiten oder fünften Fünftel) der Gesamtladung nicht mehr ganz korrekt ist, weil die Dichte der Ladung über den ganzen Wagen nicht gleichmäßig verteilt ist.

3. Ferner muß zu Beginn der Entladung die gesamte Masse bewegt werden, während diese mit zunehmender Entleerung immer kleiner wird.

Bei Beachtung dieser Einschränkungen kann man aus den Darstellungen entnehmen, daß die Stallungstreuer eine recht unterschiedliche Charakteristik aufweisen. Manche haben (Bild 18) mit zunehmendem Durchsatz an Stallung (dz/h) einen steilen oder weniger steilen Anstieg des Leistungsbedarfes für das Ausstreuen, was sich umgekehrt in den Arbeitsbedarfskurven (Bild 19) so auswirkt, daß die Kennlinien bzw. Kennfelder entsprechend steil oder flach abfallen. (Die Kennfelder geben den Bereich an, in welchem die Meßwerte liegen.) Der Leistungsbedarf wächst aber nicht linear mit der Durchsatzmenge, sondern seine Zunahme wird mit höheren Durchsätzen immer kleiner. Das ist vielleicht damit zu erklären, daß sich die Losreißkräfte nicht wesentlich mit dem Durchsatz ändern<sup>3)</sup>.

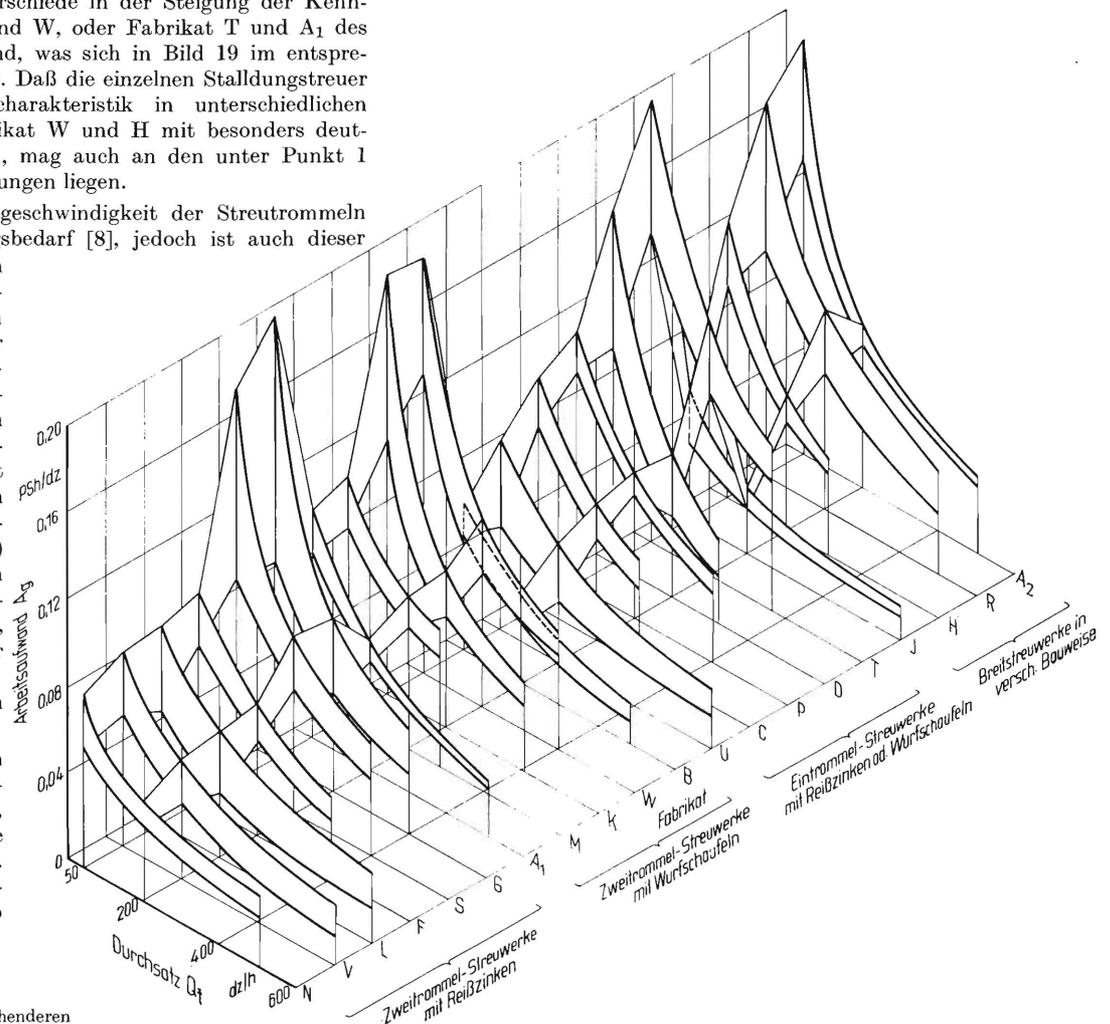
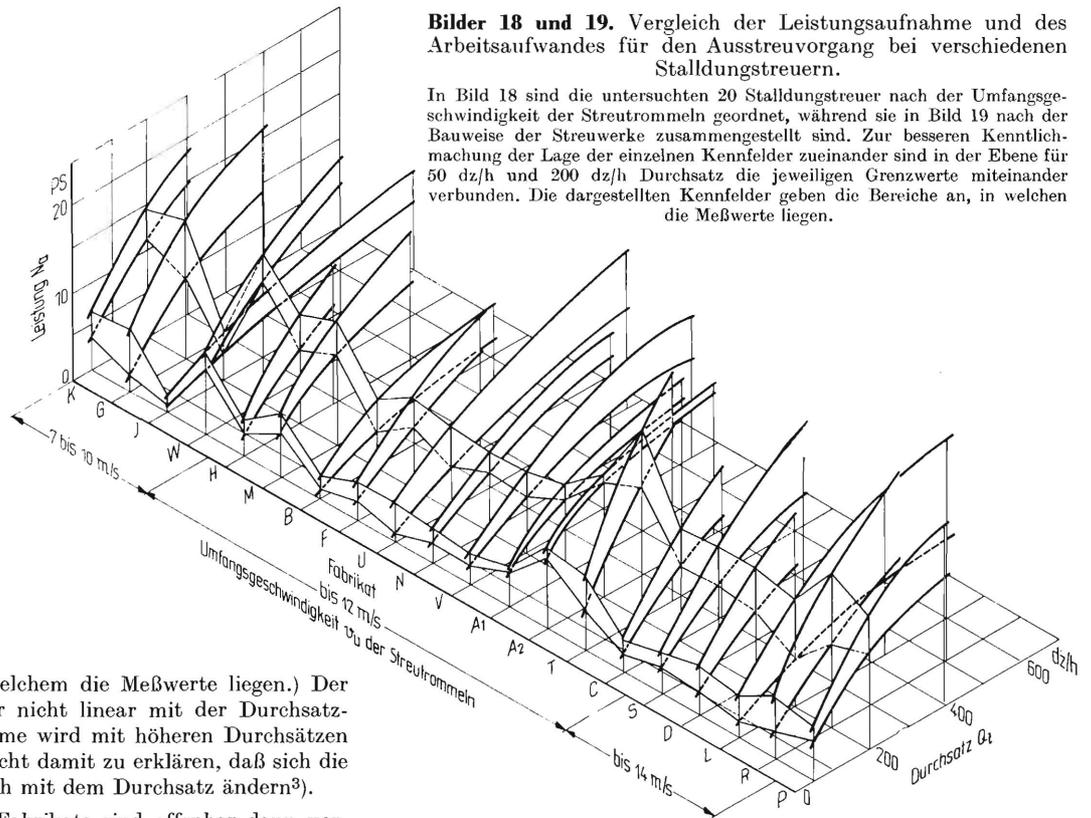
Charakteristika einzelner Fabrikate sind offenbar dann vorhanden, wenn große Unterschiede in der Steigung der Kennfelder (z. B. Fabrikat J und W, oder Fabrikat T und A<sub>1</sub> des Bildes 18) festzustellen sind, was sich in Bild 19 im entsprechenden Gefälle wiederholt. Daß die einzelnen Stallungstreuer mit gleicher Steigerungscharakteristik in unterschiedlichen Bereichen (z. B. bei Fabrikat W und H mit besonders deutlichem Unterschied) liegen, mag auch an den unter Punkt 1 erwähnten Versuchsbedingungen liegen.

Bei steigender Umfangsgeschwindigkeit der Streutrommeln wächst auch der Leistungsbedarf [8], jedoch ist auch dieser Einfluß von der jeweiligen Dungbeschaffenheit abhängig. Deshalb ergibt sich nach Bild 18 die Tendenz einer Zunahme des Leistungsbedarfes mit der Trommelumfangsgeschwindigkeit nur im Bereich höherer Umfangsgeschwindigkeiten. Ordnet man dagegen die einzelnen Fabrikate nach der Bauweise ihrer Streuwerke (Bild 19) und innerhalb dieser nach wachsendem Leistungsbedarf, so stellt sich heraus, daß hierbei ein Einfluß der Trommelumfangsgeschwindigkeit nicht festzustellen ist.

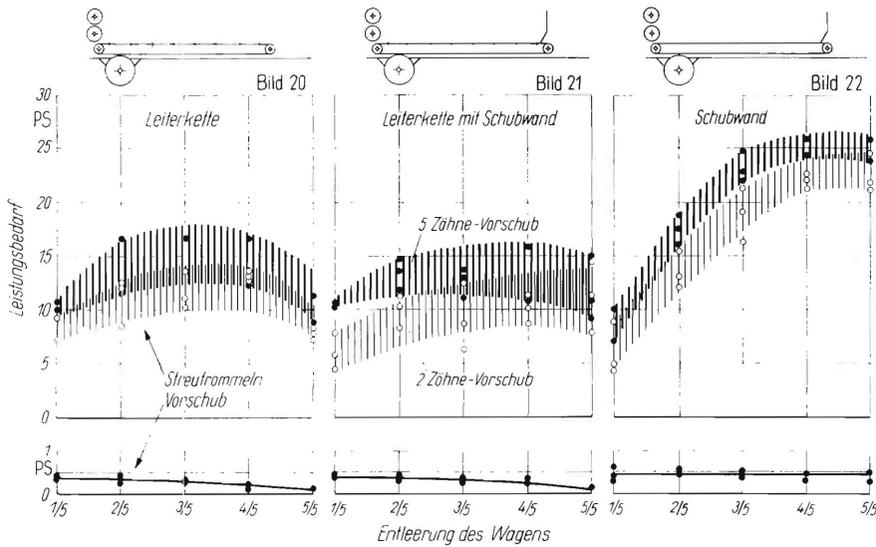
Aus den Darstellungen geht der komplexe Zusammenhang zwischen Streugut, Bauart und Betriebsweise der Stallungstreuer hervor. Sie verneinen die in der Praxis oft gestellte Frage, ob

**Bilder 18 und 19.** Vergleich der Leistungsaufnahme und des Arbeitsaufwandes für den Ausstreuvorgang bei verschiedenen Stallungstreuern.

In Bild 18 sind die untersuchten 20 Stallungstreuer nach der Umfangsgeschwindigkeit der Streutrommeln geordnet, während sie in Bild 19 nach der Bauweise der Streuwerke zusammengestellt sind. Zur besseren Kenntlichmachung der Lage der einzelnen Kennfelder zueinander sind in der Ebene für 50 dz/h und 200 dz/h Durchsatz die jeweiligen Grenzwerte miteinander verbunden. Die dargestellten Kennfelder geben die Bereiche an, in welchen die Meßwerte liegen.



<sup>3)</sup> Hierüber sind noch keine eingehenderen Untersuchungen gemacht worden.



**Bilder 20 bis 22.** Leistungsbedarf der Streutrommeln und der Fördervorrichtung eines Stallungstreuers bei verschiedener Ausrüstung der Leiterkette bei großer (5 Zähne Vorschub = 1,17 m/min) und geringer (2 Zähne Vorschub = 0,44 m/min) Vorschubgeschwindigkeit.

sich Eintrommel- und Mehrtrommelstreuer im Leistungsbedarf wesentlich unterscheiden.

Bei der Ermittlung des Leistungs- oder Arbeitsbedarfes für das Ausstreuen einer bestimmten Menge je Zeiteinheit ist bei den Messungen der Leerlaufleistungsbedarf des Streuers mit eingeschlossen. Bei sehr geringen Durchsätzen ist sein Anteil am Gesamtleistungsbedarf größer als bei höheren. Der Leerlaufleistungsbedarf kommt aber selten an 0,8 PS heran, so daß dieser bei einem überschlägigen Vergleich besonders im Bereich der höheren Durchsätze nicht besonders ins Gewicht fällt.

In welcher Weise die unter Punkt 2 und 3 angeführten Einschränkungen im besonderen von Einfluß sind, sei im folgenden erläutert.

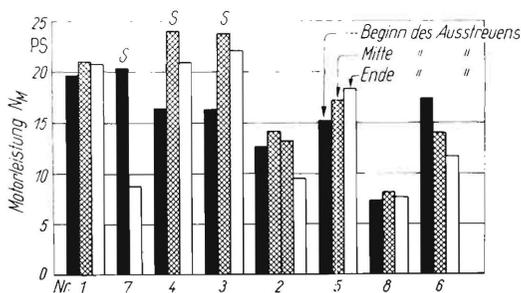
Messungen des Verlaufes des Leistungsbedarfes der Streutrommeln und der Fördervorrichtung (jedes für sich) bei einem Streuer, der mit drei verschiedenen Vorschubvorrichtungen ausgerüstet wurde (Bilder 20 bis 22), zeigen, daß der Leistungsbedarf für den Fördervorgang einen nur geringen Anteil am Gesamtleistungsbedarf des Streuwerkes ausmacht. Die Versuchsergebnisse spiegeln den unterschiedlichen Leistungsbedarf der Streutrommeln bzw. des ganzen Streuwerkes wider. Im Fall nach Bild 20 und 21 ist ein Ansteigen des Leistungsbedarfes der

Streutrommeln bis zu  $\frac{4}{5}$  der Entladung festzustellen, von wo er dann wieder abfällt. Das ist besonders auffällig, wenn als Fördervorrichtung nur eine Leiterkette (Bild 20) dient. Ist diese noch mit einem mitwandernden Brett (Bild 21) ausgerüstet, dann wird der Leistungsbedarf gegen Ende der Entleerung des Wagens gleichmäßiger. Das ist damit zu erklären, daß der Stallung beim Beladen (Greifer oder Frontlader) vor den Trommeln nicht so dicht gepackt liegt, wodurch die Ausstreumenge anfangs geringer ist. Gegen Ende der Entladung fällt im Fall nach Bild 20 der Rest der Ladung zusammen oder wird nach vorn geschleudert, so daß hier wieder weniger Stallung gefördert wird. Besteht die Fördervorrichtung jedoch nur aus einer gezogenen Schubwand (Bild 22), dann wird der Stallung während des Förderns zunehmend verdichtet, was zu höherem Leistungsbedarf für das Streuen führt und auch die Ausstreumenge größer werden läßt. Der Leistungsbedarf für das Fördern verläuft sinngemäß. Sein Anteil am gesamten Leistungsbedarf  $N_a$  liegt nach diesen Messungen (besonders im Fall nach Bild 20 und 21) in den Grenzen zwischen 8% und 1,5%, wobei dieser natürlich bei kleiner Streumenge (2 Zähne Vorschub) der größere ist.

Man darf also bei einer informativen Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Leistungsbedarf und Ausstreumenge den Anteil für das Fördern unberücksichtigt lassen. Wie stark der gesamte Leistungsaufwand bei Feldebetrieb schwanken kann, zeigt Bild 23. Die Leistungsabgabe  $N_M$  des Schleppermotors wurde für 3 oder 4 Fraktionen (vom Beginn bis zum Ende der Entleerung) genommen<sup>4)</sup>. Man sieht, daß mit sehr unterschiedlichen und nicht voraussehenden Leistungsanforderungen an den Schlepper im praktischen Betrieb gerechnet werden muß.

### Vergleich des Leistungsbedarfes eines Schmal- und Breitstreuers

In der Praxis wird sehr viel darüber diskutiert, ob der Breitstreuer einen größeren Leistungsbedarf habe als der Schmalstreuer. Wie die Untersuchungen zeigen, dürfte der Arbeitsaufwand je dz Stallung bei beiden Streuern gleich sein. Wir können beim Streuer mit horizontal liegenden Streutrommeln (Schmalstreuer) den gleichen Fräsvorgang wie beim Breitstreuer (mit vertikal angeordneten Streutrommeln) voraussetzen. Im ersteren Fall ist die Wurfebene horizontal gelegen, wobei die DUNGTEILCHEN in mehr oder weniger weiten Wurfparabeln auf den Boden fallen (Bild 24). Beim Breitstreuer



**Bild 23.** Leistungsabgabe des Schleppermotors während des Streuens. Die Versuche sind nach der jeweiligen Dunggabe (dz/ha) geordnet.

S = Stopfungen

Versuch Nr.		1	7	4	3	2	5	8	6
Dunggabe	dz/ha	802	366	349	277	169	144	99	89
Dichte $\rho_Q$	kg/m <sup>3</sup>	549	286	531	517	586	548	242	544
Ladehöhe $h_Q$	cm	62	48	50	58	60	50	55	50
Zahnvorschub		3	4	3	2	1	1u.2	1	1
Schlepper- geschwindigkeit	km/h	3,02	3,02	5,50	5,50	5,50	7,96	3,02	7,96

<sup>4)</sup> Diese Meßergebnisse stammen aus der DLG-Vergleichsprüfung für Stallungstreuer 1955 und wurden mit freundlicher Unterstützung des Schlepperprüffeldes Darmstadt (Proj. Dr.-Ing. R. Franke) durch Kraftstoffverbrauchsmessungen an einem entsprechend geeichten Schlepper gewonnen.

steht die Wurfebene vertikal, und auch hier fallen die Teilchen in entsprechenden Wurfparabeln auf den Boden. Der Energieaufwand ist also unter diesem Gesichtspunkt gesehen bei beiden der gleiche. Vergleicht man jedoch unter praktischen Verhältnissen den Schmal- und Breitstreuer, so kommt man beim Breitstreuer zu einem höheren Leistungsbedarf dann, wenn beide Fahrzeuge mit gleicher Geschwindigkeit und gleicher Dunggabe je Flächeneinheit gefahren werden, weil bei letzterem in der Zeiteinheit mehr gefördert werden muß. Hat der Schmalstreuer eine Streubreite  $(b_s)$  schmal gleich der Kastenbreite  $b$  des Streuers und der Breitstreuer eine  $k$ -fache Streubreite der Kastenbreite  $b$ , so bestehen folgende Zusammenhänge:

$$(b_s)_{\text{schmal}} = b \dots\dots\dots (23)$$

$$(b_s)_{\text{breit}} = k b \quad (k > 1) \dots\dots\dots (23a).$$

Außerdem sollen die zu vergleichenden Streuer gleiches Leergewicht und gleiche Ladung haben.

Wir unterscheiden beim Vergleich zwei Betriebsbedingungen:

1) Gleiche Flächengabe  $Q_H$  und gleiche Fahrgeschwindigkeit  $v_F$  der beiden Streuer:

In die Gl. (21) die Gl. (22) eingesetzt, ergibt für den Schmalstreuer

$$(Q_H)_{\text{schmal}} = \frac{6 (v_v)_{\text{schmal}} h_Q \varrho_Q}{v_F} \dots\dots\dots (24).$$

Für den Breitstreuer wird

$$(Q_H)_{\text{breit}} = \frac{6 (v_v)_{\text{breit}} h_Q \varrho_Q}{k v_F} \dots\dots\dots (25).$$

Daraus errechnet sich

$$k (v_v)_{\text{schmal}} = (v_v)_{\text{breit}} \dots\dots\dots (26),$$

wenn, wie vorausgesetzt,  $(Q_H)_{\text{schmal}} = (Q_H)_{\text{breit}}$  ist.

Die Vorschubgeschwindigkeit  $v_v$  muß also beim Breitstreuer das  $k$ -fache des Schmalstreuers betragen. Also wird die zu fördernde Dungmenge je Zeiteinheit nach Gl. (22)

$$(Q_t)_{\text{breit}} = k (Q_t)_{\text{schmal}} \dots\dots\dots (27).$$

Die für jeden Streuer aufzubringende Antriebsleistung wird sich also dem Durchsatz entsprechend unterscheiden, was durch die Gleichung

$$(N_a)_{\text{breit}} \approx k (N_a)_{\text{schmal}} \dots\dots\dots (28)$$

auszudrücken ist, wenn man den Leerlaufleistungsbedarf  $N_o$  in Gl. (17) außer acht läßt.

Da die Fahrgeschwindigkeit  $v_F$  bei beiden die gleiche ist, wird also der Leistungsaufwand für die Überwindung des Zugwiderstandes gleichbleiben:

$$(N_z)_{\text{breit}} = (N_z)_{\text{schmal}}.$$

In der Leistungsbilanz sieht der Vergleich, wenn man in der Gl. (15) für

$$N_\theta + N_\eta + N_\sigma = N_{\text{Schl}} \dots\dots\dots (29)$$

setzt, so aus:

$$(N_M)_{\text{breit}} \approx N_{\text{Schl}} + (N_z)_{\text{schmal}} + k (N_a)_{\text{schmal}} \quad (30),$$

$$(N_M)_{\text{schmal}} = N_{\text{Schl}} + (N_z)_{\text{schmal}} + (N_a)_{\text{schmal}} \quad (31).$$

Die in der Zeiteinheit geförderten Dungmengen  $(Q_t)_{\text{breit}}$  und  $(Q_t)_{\text{schmal}}$  unterscheiden sich nach der Gl. (27).

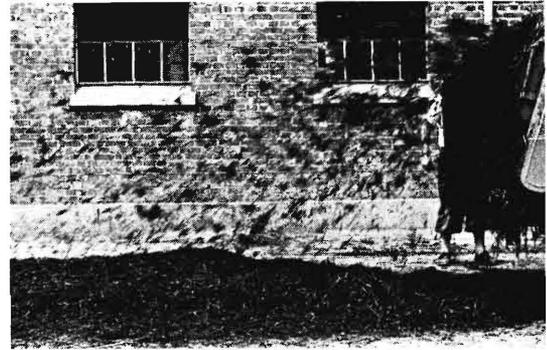
Die Förderzeit  $t_v$  für die Mengeneinheit ist dann

$$(t_v)_{\text{breit}} = \frac{1}{(Q_t)_{\text{breit}}} \dots\dots\dots (32),$$

$$(t_v)_{\text{schmal}} = \frac{1}{(Q_t)_{\text{schmal}}} \dots\dots\dots (32a)$$

und damit wird mit der Gl. (27)

$$(t_v)_{\text{breit}} = \frac{1}{k} (t_v)_{\text{schmal}} \dots\dots\dots (33).$$



**Bild 24.** Streuschleier beim Abstreuvorgang an einem Stallungstreuer. Der sich bei Stillstand des Wagens bildende Dunghaufen gibt einen Hinweis auf das Streubild (siehe Bild 31).

Der Breitstreuer ist also eher entleert als der Schmalstreuer. Somit ist auch die in der Zeiteinheit bestreute Fläche (Flächenleistung) des Breitstreuers  $F_{\text{breit}}$  größer als die des Schmalstreuers  $F_{\text{schmal}}$ , was sich aus der Gl. (23) ergibt.

Weil

$$F_{\text{schmal}} = v_F (b_s)_{\text{schmal}}$$

und

$$F_{\text{breit}} = v_F (b_s)_{\text{breit}} = v_F k (b_s)_{\text{schmal}}$$

zu setzen ist, wird

$$F_{\text{breit}} = k F_{\text{schmal}}.$$

2) Gleiche Flächengabe  $Q_H$  und gleiche Flächenleistung  $F$ :

In diesem Fall ist die Fahrgeschwindigkeit  $v_F$  der beiden Streuer unterschiedlich. Es gilt hier die Gleichung

$$(b_s)_{\text{schmal}} (v_F)_{\text{schmal}} = (b_s)_{\text{breit}} (v_F)_{\text{breit}} \dots\dots (34),$$

aus der mit der Gl. (23) sich ergibt

$$(v_F)_{\text{breit}} = 1/k (v_F)_{\text{schmal}} \dots\dots\dots (35).$$

Aus der Gl. (21) geht hervor, daß unter der gewählten Bedingung

$$(Q_t)_{\text{schmal}} = (Q_t)_{\text{breit}}$$

ist, wenn man dort die Gl. (34) mit einsetzt. Das bedeutet, daß die bei jedem Streuer aufzuwendende Leistung zum Streuen keinen Unterschied aufweist:

$$(N_a)_{\text{schmal}} = (N_a)_{\text{breit}}.$$

Dabei ist unterstellt, daß der Schmalstreuer, wie bereits erwähnt, annähernd die gleiche Wurfweite wie der Breitstreuer habe, weshalb die Wurfenergie und die Losreißkräfte jeweils als gleich groß angenommen werden können.

Da der Breitstreuer nach der Gl. (35) aber langsamer zu fahren braucht als der Schmalstreuer, wird auf Grund der Gl. (16) der Leistungsaufwand zur Überwindung des Fahrwiderstandes beim Breitstreuer kleiner unter der Annahme, daß die Achslasten sich gleichen. Es ist also

$$(N_z)_{\text{breit}} = \frac{1}{k} (N_z)_{\text{schmal}} \dots\dots\dots (36).$$

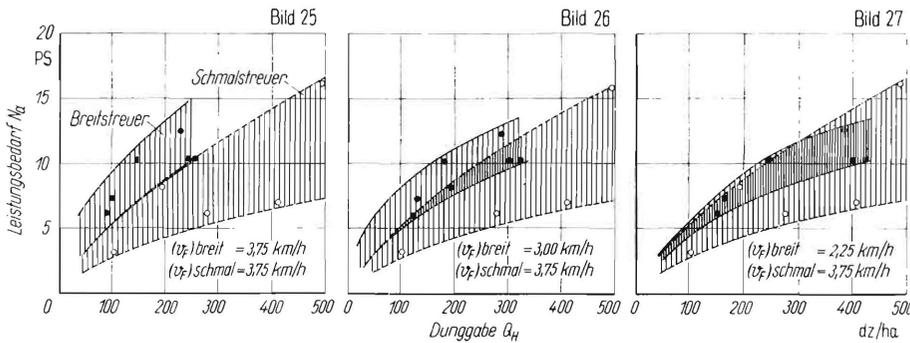
Die gesamte Leistungsbilanz fällt also unter diesen Umständen zugunsten des Breitstreuers aus. Sie lautet analog den Gln. (30), (31) und (36) folgendermaßen:

$$(N_M)_{\text{breit}} = N'_{\text{Schl}} + \frac{1}{k} (N_z)_{\text{schmal}} + (N_a)_{\text{schmal}} \quad (37),$$

$$(N_M)_{\text{schmal}} = N_{\text{Schl}} + (N_z)_{\text{schmal}} + (N_a)_{\text{schmal}} \dots (38).$$

Da der Breitstreuer langsamer fährt als der Schmalstreuer, ist auch der Leistungsaufwand  $N'_{\text{Schl}}$  für die Eigenbewegung des Schleppers kleiner als beim Schmalstreuer ( $N_{\text{Schl}}$ ). Es wird also wegen des geringeren Leistungsaufwandes beim Fahren des Schleppers und des Wagens

$$(N_M)_{\text{breit}} < (N_M)_{\text{schmal}}.$$



Wird während des Streuens mit einem Breitstreuer genauso schnell gefahren wie mit einem Schmalstreuer (Bild 25), liegt der Leistungsbedarf des Breitstreuers wesentlich höher. Je kleiner die Fahrgeschwindigkeit des Breitstreuers wird, desto mehr gleichen sich Breit- und Schmalstreuer im Leistungsbedarf (Bild 26 und 27).  
Nutzbare Streubreiten des Schmalstreuers (bs) schmal = 1,80 m und des Breitstreuers (bs) breit = 2,50 m.

**Bilder 25 bis 27.** Vergleich des Leistungsbedarfes eines Schmalstreuers und Breitstreuers in Abhängigkeit von der Dunggabe und der Fahrgeschwindigkeit.

Aus dieser Überlegung ist zu folgern, daß man mit einem Breitstreuer bei gleicher Flächenleistung eine geringere Leistungsanforderung an den Schlepper erwarten darf als beim Schmalstreuer, während selbstverständlich bei Erhöhung der Flächenleistung auch der Leistungsaufwand erhöht wird. An zwei Stallungstreuern desselben Herstellers ergibt ein Vergleich der Meßwerte des Streuleistungsbedarfes in Abhängigkeit von der Dunggabe (**Bilder 25 bis 27**), daß, je langsamer mit dem Breitstreuer gefahren wird, desto mehr die Meßwerte in ein gemeinsames Feld des Diagramms fallen. Der gemessene Leistungsbedarf für den Durchsatz unterscheidet sich nicht signifikant (Streuer L und H in Bild 18 und 19).

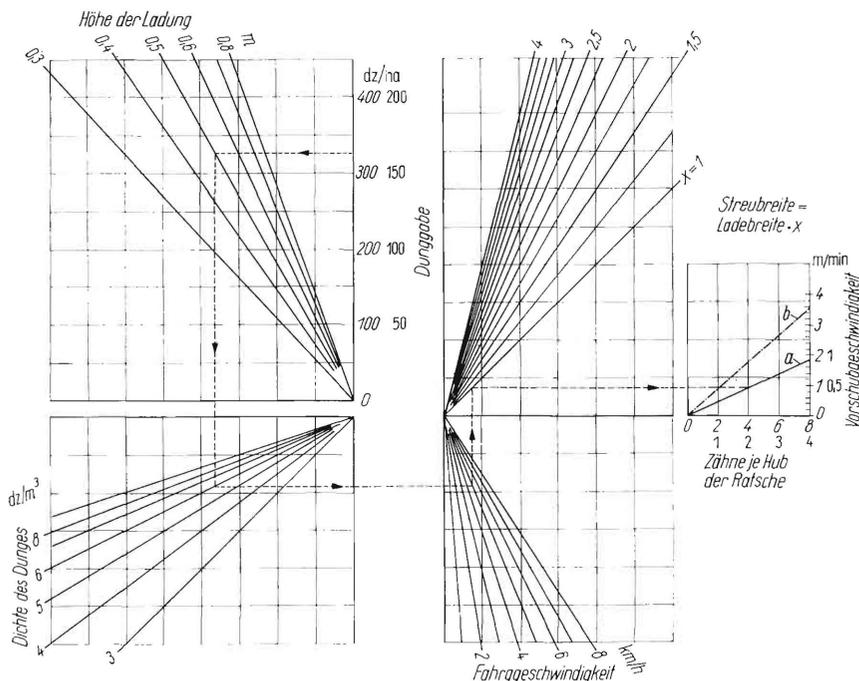
### Die Beurteilung der Arbeitsgüte

#### Die Dunggabe

Normalerweise genügt es, wenn ein Stallungstreuer maximal 450—500 dz/ha und als Minimum zwischen 50 und 100 dz/ha Dung streut. Nach den Gln. (21) und (22) sind es vor allem die Fahrgeschwindigkeit  $v_F$  und die Vorschubgeschwindigkeit  $v_V$ , welche die Dunggabe beeinflussen. Sie sind die Größen, die der Landwirt am Schlepper und Streuer wählen kann. (Die Beeinflussung durch die Ladehöhe  $h_Q$  kommt praktisch nicht in Frage, weil für sie stets der größtmögliche Wert genommen werden sollte.) Die Wahl der Fahrgeschwindigkeit wird von der Stärke des zur Verfügung stehenden Schleppers bestimmt. Um den Stallungstreuer in dieser Beziehung anpassungsfähig zu machen, wird die Fördergeschwindigkeit in einem größeren Bereich, als unbedingt notwendig ist, einstellbar gemacht. Natürlich muß auch die Vorschubgeschwindigkeit für Entladen von losem Gut einstellbar sein.

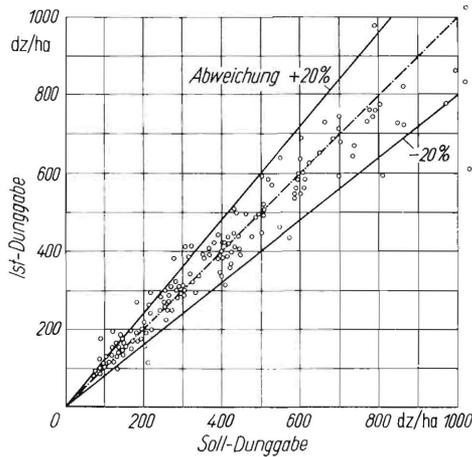
Wie wird nun ein Dungstreuer eingestellt, wenn eine bestimmte Streugabe erzielt werden soll? Bei anderen Verteilmaschinen wie Düngestreuer und Sämaschinen läßt sich die Austragmenge durch Abdrehveruche hinreichend genau einstellen. Das wäre beim Stallungstreuer zu arbeitsaufwendig. Man kann sich aber aus den Gln. (21) und (22) die zu erwartenden Dunggaben bei gewählter Fördergeschwindigkeit und Fahrgeschwindigkeit errechnen bzw. aus einem Nomogramm (**Bild 28**) für eine Soll-Dunggabe die notwendige Einstellung des Streuers ermitteln. Das Nomogramm gilt für jeden Stallungstreuer, ob er schmal oder breit streut. Der Parameter für die Streubreite ist als das  $x$ -fache der Ladebreite dargestellt, so daß für den Schmalstreuer in etwa der Strahl  $x = 1$  und für den Breitstreuer die Strahlen  $x > 1$  gelten. Nur weil die Übersetzung am Ratschenantrieb für den Vorschub bei den einzelnen Fabrikaten unterschiedlich ist, muß für jeden Stallungstreuer in dem allgemein gültigen Nomogramm die spezielle Kennlinie für das Verhältnis der Anzahl der je Hub zu überspringenden Zähne an der Ratsche zur damit erzielbaren Vorschubgeschwindigkeit  $v_V$  angegeben sein.

Die Genauigkeit der Aussage dieses Nomogrammes wird aber etwas beeinträchtigt, weil mit einer gewissen Ungleichmäßigkeit in der Beladung gerechnet werden muß und auch die vorgewählte Fördergeschwindigkeit durch ungleichmäßigen Eingriff der Ratsche schwanken kann. Aus einer großen Zahl von Versuchen (**Bild 29**) ergibt sich, daß bis auf unwahrscheinlich hohe Dunggaben der tatsächlich erzielte Istwert vom gewünschten Sollwert in den Grenzen  $\pm 20\%$  bleibt. Das dürfte vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus noch als zulässig anzusehen sein; allerdings gibt es keine genaueren Angaben, wie gleichmäßig zur Erzielung des besten Bodenertrages der Stallung verteilt sein muß.



**Bild 28.** Nomogramm zur Einstellung eines Stallungstreuers.

Aus der Höhe der Ladung, dem Gewicht des Stallunges je  $m^3$ , der Fahrgeschwindigkeit und der Streubreite (siehe gestrichelte Linie) läßt sich die notwendige Vorschubgeschwindigkeit (Zähne je Hub der Ratsche) für eine Soll-Dunggabe ermitteln. Das Nomogramm gilt allgemein bis auf die Kennlinien für die Fördergeschwindigkeit und Zähne je Hub, die je nach Auslegung des Streuers (a, b) unterschiedlich sein können. Der Maßstab der Ordinate für die Dunggabe und der Abszisse für die Zähne je Hub läßt sich gleichsinnig ändern (vergl. schräggestellte und steile Ziffern).  
Das eingezeichnete Beispiel zeigt, daß für den Stallungstreuer mit der Kennlinie a für eine Dunggabe von 325 dz/ha ein Vorschub von 4 Zähnen je Hub der Ratsche eingestellt werden muß. Für eine Dunggabe von 162,5 dz/ha wären 2 Zähne Vorschub notwendig. Bei dem Streuer b genügen 2 bzw. 1 Zahn Vorschub.



**Bild 29.** Abweichungen der tatsächlichen Ausstreumenge (Istwert) von der eingestellten (Sollwert).

Infolge ungleichmäßiger Beladung und nicht immer korrekten Eingreifens des Ratschenvorschubes besteht die Möglichkeit, daß die eingestellte Ausstreumenge nicht erreicht oder überschritten wird. Aus einer großen Anzahl von Versuchen ergab sich, daß die Abweichungen etwa zwischen  $\pm 20\%$  liegen.

Das Ziel, die untere Grenze der Dünggabe je Flächeneinheit zu geben, ist bei Streuern verschiedener Herkunft durch unterschiedliche Betriebsbedingungen zu erreichen, weil hierfür (**Bild 30**) mitunter hohe Fahrgeschwindigkeiten notwendig werden. Diese lassen sich aus den Gln. (21) und (22) errechnen, wenn man dort die kleinstmögliche Fördergeschwindigkeit  $(v_v)_{\min}$  einsetzt. So wird

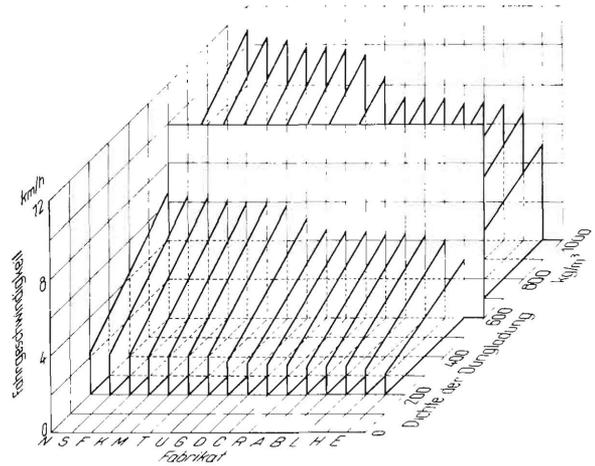
$$v_F = \frac{6 (v_v)_{\min} h_Q b \rho_Q}{Q_H b_S} \text{ km/h} \dots\dots\dots (39).$$

Wenn ein Streuer z. B. bei Dung mit einer Dichte von  $600 \text{ kg/m}^3$  mit einer Geschwindigkeit von über  $6 \text{ km/h}$  fahren muß, so wird das auf ebenem Gelände und bei günstigen Bodenverhältnissen gehen; im hängigen Gelände und auch bei ungünstigeren Bodenverhältnissen wird jedoch an den Schlepper eine zusätzlich hohe Leistungsforderung gestellt. Oft sind beim Kopfdüngergeben auf bereits entwickelte Kulturen hohe Fahrgeschwindigkeiten gar nicht möglich. Es ist deshalb immer gut, wenn ein Streuer auch in langsamer Fahrt geringe Streugaben zu geben vermag. Erlaubt die Stärke des Schleppers, schneller zu fahren, kann man durch Wahl einer entsprechend größeren Vorschubgeschwindigkeit die gewünschte Dünggabe immer erreichen.

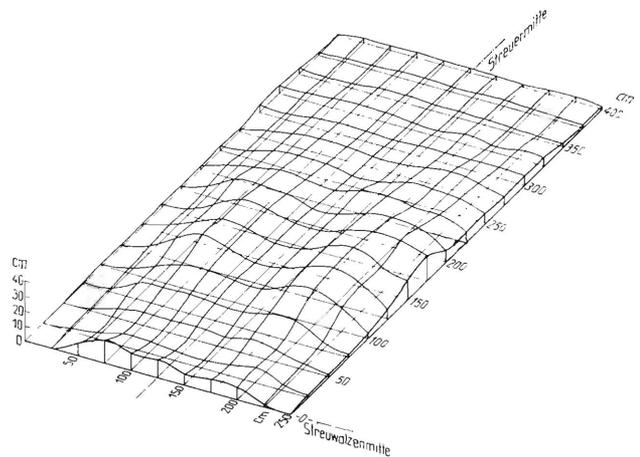
**Das Streubild**

Nicht nur die Gleichmäßigkeit der Verteilung in Fahrtrichtung, sondern vor allem auch quer dazu, ist maßgebend für die Arbeitsgüte eines Streuers. Da hierfür das Minimum der Gleichmäßigkeit noch nicht bekannt ist, aber offenkundig eine möglichst gleichmäßige Verteilung notwendig ist, so ist eben derjenige der bessere Streuer, der gleichmäßiger verteilt. Streut man einen Wagen auf dem Stand ab, so gibt der sich bildende Dunghaufen (**Bild 24**) schon einen Anhaltspunkt über die Streueigenschaften eines Streuwerkes, wenn man diesen der Länge und Breite nach (**Bild 31**) topographisch vermisst. Man kann hierbei schon die vermutlich nutzbare Streubreite gegenüber der Nenn-Streubreite erkennen und außerdem feststellen, ob das Streuwerk eine überwiegend flache oder weite Wurfparabel hat [9; 10]. Im letzteren Fall kann böiger Seitenwind die Gleichmäßigkeit der Verteilung recht ungünstig beeinflussen (**Bild 11**).

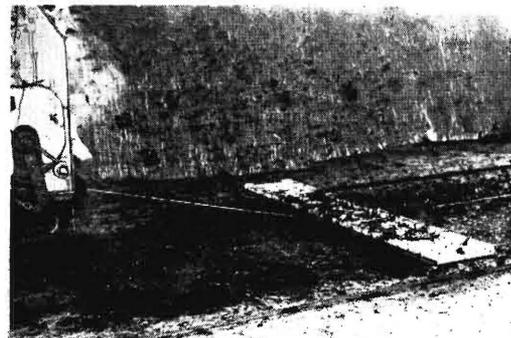
Eine Verteilung, wie sie sich auf dem Feld einstellt, läßt sich auf dem Prüfstand durch die von Untersuchungen an Verteilungsmaschinen her bekannte Vorrichtung des unter dem Streuschleier laufenden Auffangbrettes (**Bild 32**) ermitteln. Durch Aufteilen des Brettes in einzelne Teilflächen (25 cm breit und 50 cm tief) und Wägen des Belages dieser Teilflächen kann die Verteilung quer zur Fahrtrichtung in Gewichts-% je Streu-



**Bild 30.** Vergleich der notwendigen Fahrgeschwindigkeit von Streuern verschiedener Fabrikate zur Erzielung einer Dünggabe von  $100 \text{ dz/ha}$  bei kleinster Fördergeschwindigkeit.



**Bild 31.** Streubild eines auf dem Prüfstand stehenden Stallungstreuers auf Grund topografischer Vermessung. Die Verteilung in der Breite und die Wurfweite geben einen Hinweis auf Streueigenschaften des Streuwerkes (siehe auch **Bild 24**).

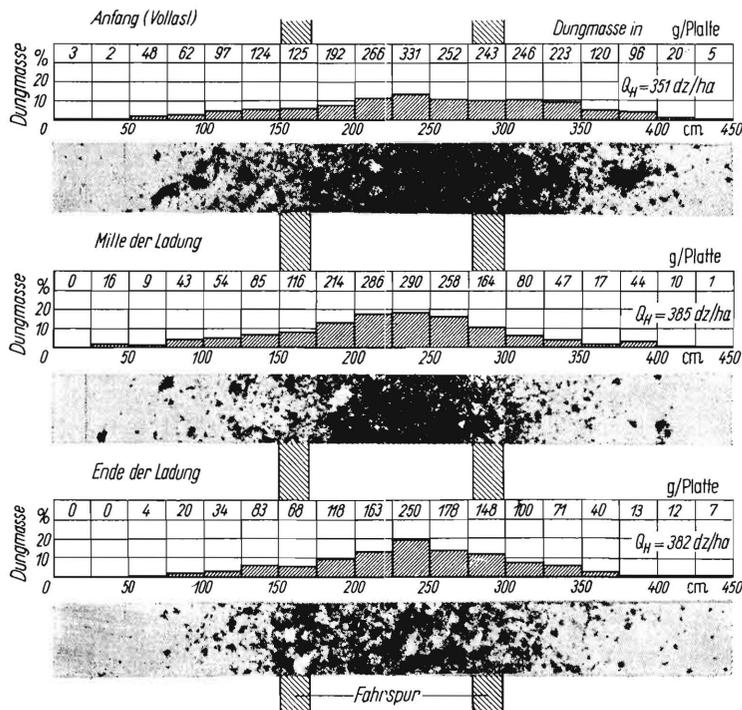


**Bild 32.** Versuchsstand zur Erfassung des Streubildes.

Ein Brett wird unter den Streuschleier des stehenden Stallungstreuers mit einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit ( $3,75 \text{ km/h}$ ) gezogen und die Verteilung der aufgefängenen Düngeteile nach Gewicht und durch Fotografie erfaßt (siehe **Bilder 33** und **34**).

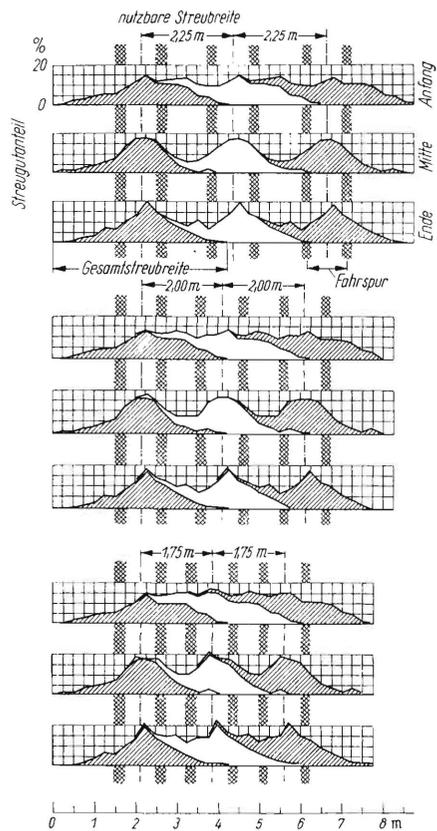
breiteneinheit dargestellt werden (**Bild 33**). Da jedoch durch Batzenbildungen innerhalb der Fraktionen die gewichtsmäßige Angabe allein zu Trugschlüssen führen kann, wird durch Zuordnung des fotografierten Streubildes das Verteilungsdiagramm ergänzt. Auch aus dieser Darstellung läßt sich die nutzbare Streubreite eines Streuwerkes abschätzen, die — man darf sagen — stets kleiner ist als die Gesamtstreubreite.

Ein genaueres Bild über die nutzbare Streubreite ist zu erhalten, wenn die gewichtsmäßige Verteilung einer Fahrbahn so nebeneinander angeordnet wird [8], daß sich die bestreuten Flächen teilweise überdecken (**Bild 34**). Durch Vergleich ver-



**Bild 33.** Drei Streubilder eines Schmalstreuers zu Anfang, in der Mitte und gegen Ende der Entladung. Die Verteilung über die Streubreite ist in Gewichtsprozenten über den Streubildern aufgetragen.

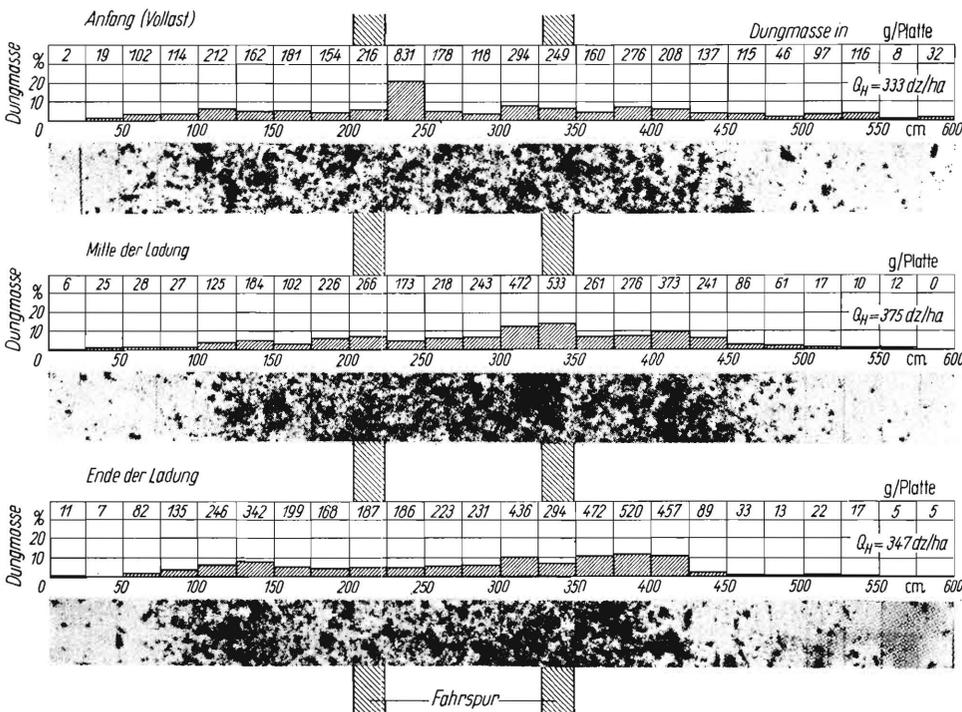
schieden gewählter Fahrspurabstände (2,25 m, 2,00 m und 1,75 m) lassen sich die Abweichungen von der Idealverteilung ermitteln, wie das in **Tafel 3** für einen Schmalstreuer erfolgt ist. Es wurden je drei Streubilder für eine Wagenladung (zu Anfang, in der Mitte und gegen Ende der Entladung des Wagens) aufgezeichnet und für drei verschiedene nutzbare Streubreiten aneinandergereiht, um daraus die Abweichungen im Mittel und im Maximum nach oben und unten zu errechnen. Will man keine großen Zugeständnisse an die Gleichmäßigkeit der Verteilung machen, dann wird man, wie aus dem **Bild 34** erkenntlich ist, mit einer Streubreite, die praktisch der Wagenbreite entspricht, fahren. Bei einem Breitstreuer (**Bild 35**), der auf die gleiche



**Bild 34.** Aus den Streubildern des Schmalstreuers nach **Bild 33** kann man je nach gewünschter Gleichmäßigkeit der Verteilung in der Breite verschiedene nutzbare Streubreiten wählen (s. **Tafel 3**).

Weise untersucht wurde, ergaben sich bei größeren nutzbaren Streubreiten die im **Bild 36** bzw. **Tafel 4** wiedergegebenen Werte.

Wie sich das gesamte Streubild von Stallungstreuern verschiedener Streuqualität unterscheidet, zeigen die beiden Bilder einer guten Verteilung (**Bild 37**) und einer mit größerer Batzenbildung (**Bild 38**).



**Bild 35.** Drei Streubilder eines Breitstreuers gemäß **Bild 33**.

**Tafel 3.** Gleichmäßigkeit der Verteilung für einen Schmalstreuer in Abhängigkeit von der nutzbaren Streubreite.

Nutzbare Streubreite (Fahrspurabstände) m	Stufe der Entladung	lineare Abweichung von der Idealverteilung		
		im Mittel %	maximal nach %	
			oben %	unten %
2,25	Anfang	13,9	19,5	24,4
	Mitte	34,9	43,1	50,3
	Ende	28,9	60,5	47,9
i. M.		25,9	41,0	40,5
2,00	Anfang	8,6	14,3	19,5
	Mitte	29,3	35,5	41,8
	Ende	17,9	55,7	34,1
i. M.		18,6	35,2	31,4
1,75	Anfang	7,0	15,5	12,5
	Mitte	22,4	40,5	33,6
	Ende	14,1	45,0	24,3
i. M.		14,5	33,7	23,5

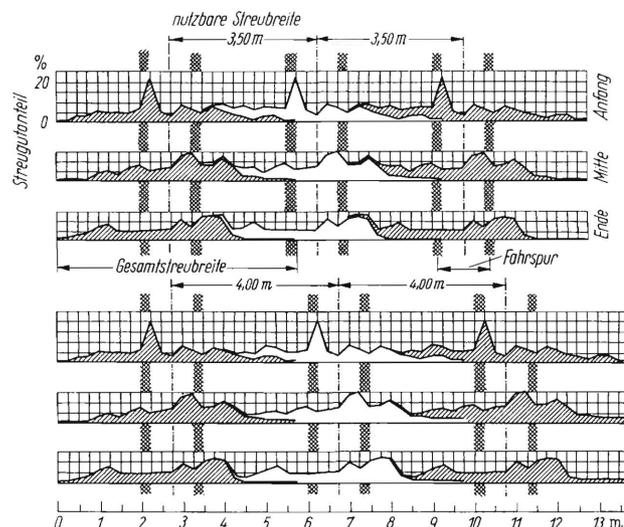
**Tafel 4.** Gleichmäßigkeit der Verteilung für einen Breitstreuer in Abhängigkeit von der nutzbaren Streubreite.

Nutzbare Streubreite (Fahrspurabstände) m	Stufe der Entladung	lineare Abweichung von der Idealverteilung		
		im Mittel %	maximal nach %	
			oben %	unten %
3,50	Anfang	30,2	198,6	61,8
	Mitte	26,4	83,0	52,9
	Ende	36,1	63,6	41,3
i. M.		30,6	115,1	52,0
4,00	Anfang	34,4	226,4	55,6
	Mitte	33,5	101,5	54,9
	Ende	42,1	82,6	69,4
i. M.		36,6	136,8	59,6

**Zusammenfassung**

Die geschilderten technischen Erfahrungen an Stallungstreuern, die seit der DLG-Vergleichsprüfung 1955 bis heute an etwa 20 Fabrikaten gewonnen wurden, werden in zweierlei Hinsicht dargelegt.

1. Als Fahrzeug müssen bei der Konstruktion des einachsigen Stallungstreuers besonders dessen Stütz- und Achslasten beachtet werden, um möglichst günstige Fahreigenschaften zu gewährleisten. Es wird gezeigt, welche Auswirkungen die Stützlasten am Anhängemaul des Schleppers haben können und wie sie beim Entwurf des Fahrzeuges zu berücksichtigen sind.
2. Der Stallungstreuer als Arbeitsmaschine erfordert die getrennte Kontrolle des Leistungsaufwandes für den Streuvorgang und für den Zugwiderstand. Es wird nachgewiesen, daß zwischen einem Schmal- und Breitstreuer bei gleichen Entladezeiten kein Unterschied im Leistungsaufwand besteht. Der Leistungsaufwand für die Ausstreumenge in der Zeiteinheit ist zwar großen Schwankungen ausgesetzt, die in der Hauptsache vom Zustand des Stallunges abhängen. Trotzdem sind größere



**Bild 36.** Auswertung der Streubilder des Breitstreuers gemäß Bild 34 (s. Tafel 4).



**Bild 37.** Streubild auf dem Felde von einem Streuwerk, das eine gute Verteilung zeigt.



**Bild 38.** Streubild auf dem Felde von einem Streuwerk, das zu erheblicher Batzenbildung Anlaß gibt.

Unterschiede im Leistungsbedarf der einzelnen Streuer festzustellen. Ein weiteres Kriterium ist die Arbeitsgüte des Düngstreuers, die an seinem Streubild zu messen und zu erkennen ist.

**Schrifttum**

- [1] Walter, H.: Prüfung eines amerikanischen Stallmist- und Kalkstreuwagens. Mitt. d. Verb. landw. Masch.-Prüfungsanstalten 1 (1907) S. 31/42.
- [2] Phamphilon jun., I., u. E. G. Peyton: Neuerungen an Düngerstreumaschinen. Dt. Reichspatent Nr. 10874 Berlin 1879.
- [3] Lössner, F. B., u. S. A. Lössner: Stalldünger-Streumaschine mit endlosem Stachelband. Dt. Reichspatent Nr. 104731 Berlin 1898.
- [4] Gbr. Weikersheimer: Düngerstreumaschine mit gegen eine festgelagerte Streutrommel bewegtem Dünger. Dt. Reichspatent Nr. 299827 Berlin 1916.
- [5] Schulze, K.-H.: Stallungstreuer und Ackerwagen auf der DLG-Ausstellung München 1962. Landtechnik 17 (1962) S. 515/19.
- [6] Brenner, W. G.: Wagen in neuer Sicht. Landtechnik 14 (1959) S. 778/85.
- [7] Heidenreich, H.: Die Mechanisierung des Stallmiststreuers. Landtechn. Forsch. 2 (1952) S. 109/127.
- [8] Gaus, H.: Beitrag zur Weiterentwicklung vollautomatischer Stallungstreuer. Diss. Universität Gießen 1955.
- [9] Schulze, K.-H., u. G. Sasse: Stallungstreuer. DLG-Masch.-prüf.-ber. 1956, Gruppe 4b.

- 
- [10] *Schulze, K.-H.*: Technische Untersuchungen an Stallungstreuern. Landtechn. Forsch. **6** (1956) S. 97/103 und **7** (1957) S. 32.
- [11] *Seifert, A.*: Ackerschlepper. Hütte, Maschinenbau Teil B. 28. Aufl. Berlin 1960. S. 77/156.
- [12] *Heyde, H.*: Mechanik des Schleppers. Dt. Agrartechnik **7** (1957) S. 2/7, 82/86, 99/104 und 147/153.
- [13] *Skalweit, H.*: Reifenbelastungen bei Schleppern durch Heckenbaugeräte und Sattelwagen. Landtechnik **14** (1959) S. 154/57 und 349.
- [14] *Stürenburg, P.*: Untersuchungen an Stallungbreitstreuern. Landbauforsch. **11** (1962) S. 42/48.
- [15] *Sonnen, F. J.*: Zur Frage des Allradantriebes von Ackerschleppern. Landtechn. Forsch. **12** (1962) S. 1/5.