

Tafel 1: Beschreibung der Versuchsböden

	Bodenart	Bewuchs	Feuchtigkeit
Boden 1	toniger Lehm	Stoppel	gut abgetrocknet
Boden 2	Lehm	Stoppel	mäßig feucht
Boden 3	Ton	Stoppel	gut abgetrocknet
Boden 4	Ton	Zwischenfrucht	naß

lich verwendeten Reifens mit Diagonalkarkasse. Die große Überlegenheit des Gürtelreifens fällt auf. Diese Überlegenheit gilt auch für den Boden 4, wobei das Profil trotz der Gürtelkarkasse eine gute Selbstreinigung zeigte.

Der Hochstollenreifen ist ein Spezialreifen für wenig tragfähige, glatte Böden. Er ist deshalb auf Fahrbahnen vom Charakter der Böden 1 bis 3 von vornherein unterlegen und wurde nur zu Vergleichszwecken eingesetzt. Es ist interessant, daß die erreichten Maximalzugkräfte durchweg über denen der Diagonalreifen liegen, während dieser Reifen in dem Schlupfbereich von 10—25 %, in dem je nach den Kraftschlußverhältnissen der beste Übertragungswirkungsgrad liegt, deutlich unterlegen ist. Es sind durchaus Fahrbahnen denkbar, auf denen der Hochstollenreifen die besten Ergebnisse zeigt. Das hätte bereits auf Boden 4 der Fall sein können, wenn die Wassersättigung nicht nur in oberflächennahen Bodenschichten, sondern auch in größerer Tiefe vorhanden gewesen wäre.

Nur von der Zugfähigkeit her beurteilt, wäre eine schnelle Einführung des Gürtelreifens in die landwirtschaftliche Praxis nur zu begrüßen. Wie es sich mit anderen Eigenschaften dieses Reifens, beispielsweise mit der Empfindlichkeit der Flanken oder der Selbstreinigung, verhält, muß noch endgültig geklärt werden.

6. Zusammenfassung

An drei Reifen gleicher Abmessung (14—30), aber unterschiedlicher Konstruktion des Karkassenaufbaus (Diagonal- und Gürtelkarkasse) und des Profils (Hochstollen) wurden bei konstantem Luftdruck von 0,9 atü Vergleichsmessungen der Zugfähigkeit durchgeführt. Als Versuchsfahrbahn dienten schwere Böden in unterschiedlichem Zustand (Feuchtigkeit und Bewuchs). Der Gürtelreifen zeigte sich dem heute in der Praxis noch fast ausschließlich verwendeten Diagonalreifen deutlich überlegen. Der Hochstollenreifen bringt auf nassen schweren Böden ebenfalls bessere Ergebnisse als der Diagonalreifen.

Schrifttum

- [1] Proceedings of 3rd International Conference ISTVS, Bd. 1—3, Juli 1969, Essen

Der Einfluß von Arbeitsbreite und Abwurfhöhe auf das Streubild des Schleuderstreuers

Von Manfred Brübach

Institut für Landtechnik, TU Berlin

1. Einleitung

Viele Faktoren wie z. B. Scheibenform, -drehzahl und -größe, Anordnung und Form der Auslauföffnung, Abwurfhöhe und -geschwindigkeit allein von der Maschinenseite her beeinflussen das Streubild. Dazu kommen die Einflüsse seitens des auszustreuenden Materials. Diese Fakten sind untersucht worden und bekannt. Sowohl Maschinenhersteller als auch Düngemittelproduzenten nutzen diese Kenntnisse aus. Dennoch bleibt dem Landwirt, der diese Maschinen einsetzt, ein gewisser Spielraum, wie eine möglichst gleichmäßige Verteilung zu erreichen ist. Dieser Spielraum ist beispielsweise durch die Wahl der Schleuderscheibenhöhe und der Arbeitsbreite gegeben; beide Parameter sind zwar in der Betriebsanleitung der Maschine genannt und an sich damit festgelegt. Die DLG-Prüfung erfolgt auch nach den Angaben der Betriebsanleitung. Dies schließt jedoch nicht aus, daß durch Änderung dieser Werte die Streuqualität verbessert (oder verschlechtert!) werden kann. Eine ganze Reihe von Praktikern haben diesen Weg bereits beschritten und gewisse Erfolge erzielt.

Im folgenden werden Ergebnisse umfangreicher Versuche

beschrieben, die — ohne für alle Streuer gültig zu sein — doch bemerkenswerte Tendenzen aufzeigen.

2. Maßstäbe zur Beurteilung der Verteilungsgüte

2.1. Standardabweichung, Variationskoeffizient

Zur Definition der Streugleichmäßigkeit bedient man sich statistischer Wertzahlen: Von Einzelmeßwerten x_i , die die je Einheitsfläche anfallende Düngermenge angeben, wird der arithmetische Mittelwert \bar{x} gebildet. Über die Summe der Abweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert läßt sich die Standardabweichung s berechnen:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (1)$$

Der Zähler unter der Wurzel kann mit Hilfe des Ausdrucks für den arithmetischen Mittelwert

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

entwickelt werden:

$$\begin{aligned} \sum (x_i - \bar{x})^2 &= (x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 \\ &= \underbrace{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}_{\sum x_i^2} - \underbrace{2\bar{x}(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}_{2\bar{x} \cdot \sum x_i} + n \cdot \bar{x}^2 \\ \text{Mit } \bar{x} &= \frac{\sum x_i}{n}: \sum (x_i - \bar{x})^2 = \sum x_i^2 - \frac{2 \cdot (\sum x_i)^2}{n} + \frac{(\sum x_i)^2}{n} = \sum x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum x_i)^2 \end{aligned}$$

Damit wird Gl. (1) zu

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum x_i)^2}{n}} \quad (3)$$

Nach DIN 55302, Blatt 1, müßte im Nenner $n - 1$ stehen. Für großes n , wie dies bei Verteilungsdiagrammen fast immer der Fall, ist der Fehler jedoch sehr klein; andererseits wird die Berechnung der Standardabweichung auf kleineren Rechenmaschinen nach der oben angegebenen Form wesentlich vereinfacht.

Aus der Standardabweichung läßt sich der Variationskoeffizient v berechnen:

$$v [\%] = s \cdot \frac{100}{\bar{x}} \quad (4)$$

Der Variationskoeffizient häufig als „quadratische Abweichung“ [1] oder als prozentuale Standardabweichung (engl.: standard deviation) bezeichnet, eignet sich im Unterschied zur absoluten Standardabweichung (Gl. 1) gut zur Beurteilung der Verteilungsgüte (Bilder 1 und 2)¹⁾.

In welcher Größenordnung der Variationskoeffizient liegen soll (anders ausgedrückt: welche Verteilungsgüte für mineralische Nährstoffe zu fordern ist), ist allgemeingültig nicht zu beantworten [2]. Zu viele Einflußgrößen, wie beispielsweise Düngerart, Zeitpunkt der Ausbringung, nachfolgende Bodenbearbeitung, Witterung oder Bodenart, spielen hier mit hinein. Daher ist die Grenze, die man üblicherweise für den Variationskoeffizienten v mit

$v > 20\%$ unzureichende Verteilungsgüte

$20\% > v > 10\%$ ausreichende Verteilungsgüte

$v < 10\%$ gute Verteilungsgüte

ansetzt, etwas willkürlich. Dennoch hat sie sich gut bewährt.

2.2. Abweichungskurven

Bekanntlich ist das Verteilungsdiagramm eines Schleuderstreuers oder einer hydraulischen Zerstäuber-Düse annähernd

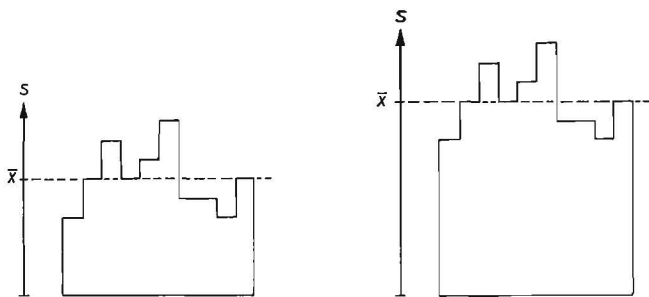


Bild 1: Zwei verschiedene Streubilder, bei denen die absolute Standardabweichung s gleich groß, der Variationskoeffizient jedoch unterschiedlich ist
 $s = 1,635 \text{ g}$; $v = 27,2\%$ (links) und $16,4\%$ (rechts)

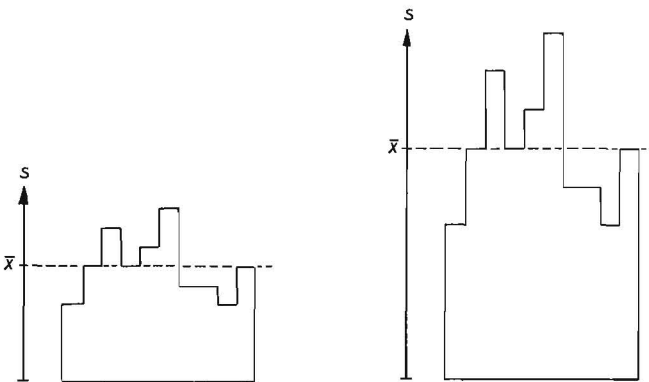


Bild 2: Zwei verschiedene Streubilder mit unterschiedlicher absoluter Standardabweichung, aber mit gleichem Variationskoeffizienten
 $v = 27,2\%$; $s = 1,635 \text{ g}$ (links) und $3,270 \text{ g}$ (rechts)

trapez- oder dreieckförmig; immer fallen die Streubreite beziehungsweise Sprühmengen je Flächeneinheit gegen die Ränder des Streubereichs auf Null ab. Würde man die ganze Streubreite als Arbeitsbreite wählen, so wäre die Verteilung sehr ungleichmäßig. Deshalb wählt man die Anschlußfahrt so, daß es zu einer Doppelbestreuung an den Rändern kommt, wodurch sich die Verteilung vergleichmäßigt. Für die gewählte Arbeitsbreite, die kleiner als die Streubreite ist, läßt sich der Variationskoeffizient nach Gl. (4) errechnen.

Zu Versuchszwecken kann man nun mit verschiedenen Arbeitsbreiten beziehungsweise Überdeckungsgraden „fahren“ und daraus ebenso viele Variationskoeffizienten errechnen. Trägt man diese über der Arbeitsbreite auf und verbindet die Punkte, so erhält man die „Abweichungskurve“ (Bild 3). Sie gilt zunächst nur für die Düngersorte und die Streuerdaten (Scheibenhöhe, Scheibendrehzahl, Schaufelstellung, Auslaufstellung, Mengeneinstellung).

Daß zum Beispiel die für einen grobkörnigen Dünger bei einer bestimmten Mengeneinstellung erstellte Abweichungskurve auch für andere grobkörnige Materialien und für andere Mengeneinstellungen gelten kann, zeigt Bild 4, in der die Abweichungskurven aus sechs Versuchen (je 2 Mengeneinstellungen bei 3 Düngerarten) dargestellt sind.

Welche Vorteile bietet nun die Kenntnis der Abweichungskurve? Ihr Verlauf zeigt, welche Arbeitsbreite zu wählen ist, damit der Variationskoeffizient möglichst klein, die Verteilungsgüte möglichst groß sein soll. Weiterhin ist ihr zu entnehmen, wie stark die Verteilungsgüte bei fehlerhaftem Anschlußfahren absinkt.

3. Halbierung der Arbeitsbreite

3.1. Auswirkung in der Praxis

Gegebenheiten, wie beispielsweise Feldgröße, vorhandene Fahrgassen oder besser einzuhaltenen Fahrspurabstand, können den Betriebsleiter veranlassen, von der in der Betriebsanleitung empfohlenen Arbeitsbreite abzuweichen und möglicherweise die angegebene Arbeitsbreite zu halbieren. Der Fahrspurabstand ist dabei gerade halb so groß und die ausgebrachte Menge ebenfalls, um auf die ursprüngliche Hektargabe zu gelangen, weil überall doppelt gestreut wird.

Das Anschlußfahren mit halber Arbeitsbreite ist auch dann sinnvoll (vorausgesetzt, daß die Gleichmäßigkeit gut ist), wenn hohe Hektargaben auszubringen sind, zum Beispiel 800 kg/ha . Beträgt beispielsweise die Arbeitsbreite $12,5 \text{ m}$, so muß je Meter 1 kg auslaufen. Bei einem Vorrat von 300 kg muß also spätestens nach 300 m Fahrstrecke nachgefüllt werden. Bei längeren Schlägen erhöhen sich damit die Nebenzeiten beträchtlich. Betrachtet man einmal die notwendige Auslaufmenge für obiges Beispiel, wenn eine Fahrgeschwindigkeit von $7,2 \text{ km/h}$ angehalten werden soll, so muß die Auslaufmenge 2 kg/s oder 120 kg/min betragen. Dieser Anforderung genügen aber die meisten Streuermodelle nicht.

Es spricht also vieles für die halbe Arbeitsbreite; was spricht aber dagegen? Nun: Man verzichtet auf einen der größten Vorteile, die der Schleuderstreuer hat: Auf die große Flächenleistung! Für nur 6 m Arbeitsbreite, um bei obigem Beispiel zu bleiben, gibt es schon andere Maschinen, sie drängen gerade jetzt auf den Markt. Diese Exaktverteiler bringen aus einem oder zwei zentral angeordneten Vorratsbehältern mit Förderorganen (Schnecken, Becherwerke) das Streugut in die Ausleger, wo es lediglich mit Hilfe der Schwerkraft auf den Boden gebracht wird. Daten über die Streugleichmäßigkeit dieser Maschinen sind allerdings noch nicht bekannt.

¹⁾ Bei DLG-Prüfungen wird eine andere Wertzahl zur Charakterisierung der Verteilungsgüte herangezogen; sie errechnet sich nach der Formel

$$e [\%] = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n} \cdot \frac{100}{\bar{x}}$$

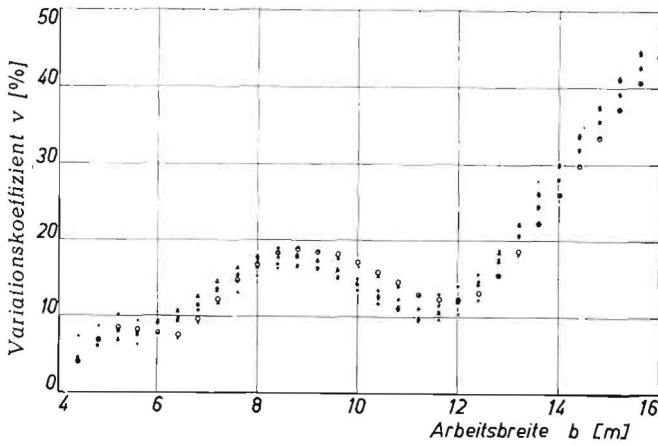


Bild 3: Die „Abweichungskurve“ stellt den Variationskoeffizient in Abhängigkeit von der gewählten Arbeitsbreite für ein Streudiagramm dar. Als optimale Arbeitsbreite bezeichnet man die Arbeitsbreite, bei der die Abweichungskurve ein Minimum hat (hier $b_{opt} = 5$ m).

3.2. Theoretische Ableitung der Verteilungsgüte bei Halbierung der Arbeitsbreite

Es wird nachfolgend bewiesen, daß eine Halbierung der Arbeitsbreite immer zu einer Verbesserung der Gleichmäßigkeit führt, unter der Voraussetzung, daß das Streudiagramm sich bei Änderung der Ausbringung nicht ändert. Gegeben sei eine Verteilung mit $2n$ Einzelwerten:

$$x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots, x_{2n}$$

Der dazugehörige Variationskoeffizient lautet dann gemäß Gln. (3) und (4)

$$v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}{n}} \cdot \frac{100}{\bar{x}}$$

oder mit \bar{x} aus Gl. (2)

$$v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \cdot n - 1} \cdot 100$$

zu

$$v_{2n} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \cdot 2n - 1} \cdot 100$$

da die Anzahl der Werte $2n$ beträgt.

Durch Überlappung bei Rundfahrt soll jetzt nur die halbe Arbeitsbreite erreicht werden. Damit verringert sich die Anzahl der Einzelwerte, die jetzt paarweise zusammengefaßt werden, um die Hälfte auf n . Um die ursprüngliche Hektargabe zu erreichen, muß vorausgesetzt werden, alle $2n$ -Werte halb so groß sind wie vorher. Man hat also jetzt mit folgenden Einzelwerten zu rechnen:

$$X_1 = \frac{x_1 + x_{n+1}}{2}; \quad X_2 = \frac{x_2 + x_{n+2}}{2}; \quad \dots \quad X_n = \frac{x_n + x_{2n}}{2}$$

Der entsprechende Variationskoeffizient ergibt sich dann zu

$$v_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2} \cdot n - 1} \cdot 100$$

Es ist nun zu beweisen, daß

$$v_{2n} > v_n$$

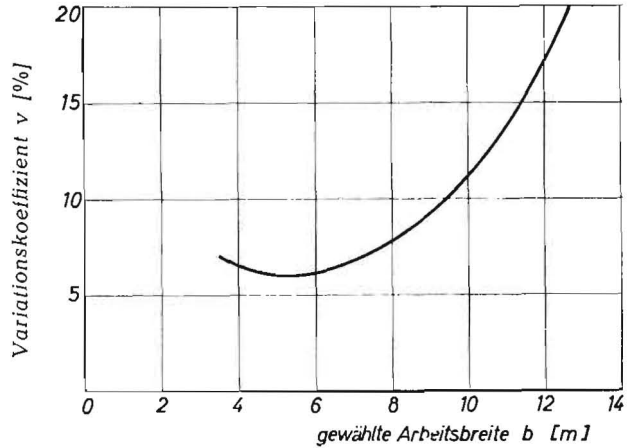


Bild 4: Abweichungskurven von sechs verschiedenen Streuversuchen mit einem Einscheibenstreuer

Drei verschiedene grobkörnige Düngerarten wurden mit zwei Mengeneinstellungen gestreut. Die Tendenz bei allen sechs Abweichungskurven ist vollkommen gleich.

oder daß

$$v_{2n}^2 > v_n^2$$

$$\left[\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \cdot 2n - 1 \right] \cdot 10^4 > \left[\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2} \cdot n - 1 \right] \cdot 10^4$$

$$2 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} > \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2}$$

Es gelten jetzt:

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{2n}^2$$

$$\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2 = (x_1 + x_2 + \dots + x_{2n})^2$$

$$\sum_{i=1}^n X_i^2 = \frac{1}{4} \left[(x_1 + x_{n+1})^2 + (x_2 + x_{n+2})^2 + \dots + (x_n + x_{2n})^2 \right]$$

$$\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2 = \frac{1}{4} (x_1 + x_{n+1} + x_2 + x_{n+2} + \dots$$

$$\dots + x_n + x_{2n})^2 = \frac{1}{4} \left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2$$

Damit wird

$$2(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{2n}^2) > (x_1 + x_{n+1})^2 + (x_2 + x_{n+2})^2 + \dots + (x_n + x_{2n})^2$$

oder

$$2(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{2n}^2) > (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{2n}^2) + 2(x_1 \cdot x_{n+1} + x_2 \cdot x_{n+2} + \dots + x_n \cdot x_{2n})$$

$$(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{2n}^2) - 2(x_1 \cdot x_{n+1} + x_2 \cdot x_{n+2} + \dots + x_n \cdot x_{2n}) > 0$$

$$(x_1 - x_{n+1})^2 + (x_2 - x_{n+2})^2 + \dots + (x_n - x_{2n})^2 > 0$$

Der Beweis gilt nur für den Fall, in dem die Arbeitsbreite halbiert wird, nicht aber für jede beliebige Verringerung der Arbeitsbreite, wie die Betrachtung der Abweichungskurven in den Bildern 3 und 4 anschaulich zeigt.

3.3. Ergebnisse aus Streuversuchen auf dem Prüfstand

Streuversuche, bei denen neben praxisüblichen Mengeneinstellungen auch nur die halbe Menge auslief, ergaben im Vergleich, daß die Streugleichmäßigkeit, ausgedrückt durch den Variationskoeffizienten v , bei Halbierung der Arbeitsbreite in jedem Falle zunimmt. In Tafel 1 sind diese Versuche mit den wesentlichen Kenndaten zusammengefaßt.

4. Änderung der Abwurfhöhe

4.1. Theoretische Wurfweiten

Eine Abweichungskurve gilt nur für eine bestimmte Abwurfhöhe. Wird diese verändert, so ändert sich auch das Streubild und damit der Abweichungswert. Diese Änderung kommt dadurch zustande, daß sich die Wurfweite der Einzelteilchen ändert. Unter Berücksichtigung der Abwurfgeschwindigkeit und der Teilchengröße läßt sich die Wurfparabel für das Einzelteilchen rechnerisch bestimmen. Mit Hilfe des Analogrechners kann man durch Veränderung dieser Parameter alle möglichen Parabeln sehr schnell aufzeichnen und für beliebige Abwurfhöhen die Wurfweite ermitteln [3]. Aus diesen Ergebnissen (für Abwurfgeschwindigkeit $v = 10$ m/s)

Tafel 1: Übersicht über die Streuversuche, die für die Streuarbeit mit halber Arbeitsbreite ausgewertet wurden

Versuch Nr.	gewählte Arbeitsbreite	Variationskoeffizient	Hektargabe bei 6 km/h Fahr- geschwindigkeit [kg/ha]
	b [m]		
102	5,6	8,3	530
103	11,2	11,1	535
104	5,6	9,6	570
105	11,2	9,9	545
110	5,6	6,4	525
111	11,2	9,9	530
412	5,6	8,7	510
413	11,6	11,9	495
313	5,2	6,8	425
402 II	10,8	11,5	450

Tafel 2: Übersicht über die Streuversuche, die mit unterschiedlichen Abwurfhöhen gefahren wurden

Versuch Nr.	Abwurfhöhe	optimale Arbeitsbreite	Variationskoeffizient
	h [mm]	b [m]	
314	750	10,4	10,2
202	600	8,8	10,8
311	750	10,0	7,8
14	600	8,0	9,6
312	750	10,4	8,4
15	600	9,2	12,7
306	750	7,6	8,3
3	600	6,4	9,6
402 II	750	10,8	11,5
402	600	9,6	11,5
401 II	750	10,4	9,5
401	600	9,6	10,5
416 II	750	9,2	10,1
416	600	8,4	13,3
417 II	750	10,4	13,1
417	600	9,6	13,8
418 II	750	9,6	15,1
418	600	7,6	13,2
419 II	750	9,2	13,4
419	600	8,0	15,2
10	800	12,0	16,6
11	600	10,4	14,5

läßt sich ableiten, daß die Wurfweite bei einer Verringerung der Abwurfhöhe von 750 mm auf 600 mm um etwa 8—10 % abnimmt.

Dies allein sagt jedoch über die Änderung des Streubildes noch wenig aus. Ist nämlich der Streuwinkel eines Streuers klein, so hat die Änderung der Wurfweite nur unwesentlichen Einfluß auf die Arbeitsbreite; erst große Streuwinkel (140 ... 180°) können meßbare Auswirkungen auf das Streubild in seiner Breite und damit auf die Arbeitsbreite haben. Daß die Arbeitsbreite mit größerer Wurfweite zunimmt, ist nicht zu bezweifeln. Wie ändert sich dabei aber die Streugleichmäßigkeit?

4.2. Ergebnisse aus Streuversuchen

In Tafel 2 sind die kennzeichnenden Daten von Vergleichsversuchen mit verschiedenen Höhen aufgeführt. Die optimale Arbeitsbreite nimmt bei einer Verringerung der Abwurfhöhe von 750 mm auf 600 mm um durchschnittlich 13 % ab. Bei acht von elf Vergleichsversuchen sinkt dabei die Streugleichmäßigkeit ab, das heißt der Abweichungswert v steigt an. Nicht berücksichtigt ist hierbei, daß bei höherem Abwurfpunkt in der Praxis eine stärkere Beeinflussung der Wurfparabeln durch Wind zu einer ungleichmäßigeren Verteilung führen kann.

5. Zusammenfassung

Die Erstellung einer Abweichungskurve für ein gegebenes Streubild hat gegenüber der Angabe eines Variationskoeffizienten bei nur einer Arbeitsbreite erhebliche Vorteile. Ihre Kenntnis ist für den Einsatz der Maschine bei von der Norm abweichenden Arbeitsbreiten wichtig. Sowohl eine Halbierung der Arbeitsbreite als auch eine Höherlegung des Abwurfpunktes verbessern die Streugleichmäßigkeit. Dieser Einfluß wird theoretisch abgeleitet und durch exakt ausgewertete Streuversuche belegt.

Schrifttum

- [1] BRÜBACH, M.: Ein Versuchsstand zur Ermittlung der Verteilungsgüte von Verteilgeräten und Probleme der Auswertung. *Grundl. d. Landtechnik* 19 (1969) S. 163—165
- [2] ZSCHUPPE, H.: Untersuchungen über den Einfluß der Streugleichmäßigkeit von Düngerstreuern auf den Pflanzenertrag. *Arch. f. Landtechnik* 7 (1968) S. 111—120
- [3] DOBLER, K. und J. FLATOW: Berechnung der Wurfvorgänge beim Schleuderdüngerstreuer. *Grundl. d. Landtechnik* 18 (1968) S. 129—134

Sieben Milliarden DM für die Kernforschung

Mehr als sieben Milliarden DM wurden in der Bundesrepublik Deutschland seit 1956 bis einschließlich 1969 zur Förderung von Forschung, Entwicklung und Nutzung der Kernenergie bereitgestellt. Hiervon finanziert der Bund 5,2 Mrd. DM (72,8 %) und die Länder 2 Mrd. DM (27,2 %). Auf Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im nationalen Bereich entfielen 5,5 Mrd. DM (76,6 %) und auf internationale Projekte 21,3 % der Gesamtausgaben.

Die Kernforschungszentren erhielten Zuwendungen in Höhe von 4,4 Mrd. DM: 3,1 Mrd. DM vom Bund und 1,3 Mrd. DM von den Ländern. Mit dem geringsten Betrag werden die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an den wissenschaftlichen Hochschulen gefördert. Hierfür wandten der Bund 0,7 Mrd. DM und die Länder nur 0,2 Mrd. DM auf.

Unter den Ländern stellte Nordrhein-Westfalen den höchsten Betrag zur Erforschung und Nutzung der Kernenergie zur Verfügung, nämlich mehr als 1 Mrd. DM (51 %). Erst mit großem Abstand folgt Baden-Württemberg, das 18,6 % (366 Mio. DM) der Gesamtleistungen der Länder erbrachte. (Stifterverband)