

Zur Bewertung der Streugenaugigkeit von Düngerstreuern

Landmaschinen-Institut der Humboldt-Universität, Berlin

In den Heften 1/1955 und 4/1955 dieser Zeitschrift ist von F. Lorenz [6], einem früheren Mitarbeiter des Landmaschinen-Instituts der Humboldt-Universität Berlin, und von H. Masche [7], einer jetzigen Mitarbeiterin des gleichen Instituts, das Problem der Bewertung der Streugenaugigkeit von Düngerstreuern aufgegriffen worden. Beide Autoren wenden die Varianzanalyse an [5], ein Verfahren der statistischen Mathematik, das den Landwirten von der Verrechnung ihrer Feldversuche her geläufig ist.

Für die Bewertung der Körnerfolge einer Drillmaschine, bei der ebenfalls wie beim Düngerstreuer eine Verteilungsaufgabe vorliegt, hat R. Hege ein Verfahren angegeben [3], bei dem die Wertzahl in Beziehung zu dem durch Lücken in der Drillsaat bedingten Minderertrag steht. Man kann gegen das Vorgehen von Hege zwar eine Anzahl von Einwänden machen [4], möchte es aber doch als ein von allen Prüfstationen einheitlich zu handhabendes Verfahren empfehlen.

Auch bei Düngerstreuerprüfungen wäre es zweckmäßig, das Streubild durch eine mit dem Pflanzenertrag in Beziehung stehende Gütezahle zu bewerten. Dazu muß man den Pflanzenertrag kennen, der zu jeder auf die Flächeneinheit gefallenen Düngermenge gehört. Am bequemsten berechnet man ihn als Relativertrag in Prozent des Höchstertrages aus der von E. A. Mitscherlich angegebenen Beziehung¹⁾

$$y = 100 \cdot (1 - 10^{-cx}) \quad (1),$$

weil dafür aus einer großen Zahl von Versuchen mittlere Werte für den Wirkungsfaktor c vorliegen [1], nämlich

$$\begin{aligned} c &= 0,2 \text{ ha/dz für Stickstoff,} \\ c &= 0,4 \text{ ha/dz für Kali,} \\ c &= 0,6 \text{ ha/dz für Phosphorsäure,} \end{aligned}$$

wobei x die Düngermenge als Reinnährstoff in dz/ha bedeutet. Nimmt man die Streubilder in der üblichen Weise auf, daß man einen Dünger mit p % Nährstoffgehalt aus der zu prüfenden Maschine in nebeneinander stehende Kästen von $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} = 400 \text{ cm}^2 = 0,04 \text{ m}^2$ Grundfläche [8] fallen läßt, und wägt man die in die einzelnen Kästen gefallenen Düngermengen z in g, so ist

$$\begin{aligned} x \text{ [dz/ha]} &= \frac{p \text{ [‰]}}{100 \text{‰}} \cdot \frac{10000 \text{ m}^2/\text{ha}}{0,04 \text{ m}^2} \cdot \frac{z \text{ [g]}}{1000 \text{ g/kg} \cdot 100 \text{ kg/dz}} \\ x &= \frac{p}{40} \cdot z \end{aligned} \quad (2)$$

Damit wird aus Gl. (1)

$$\begin{aligned} y &= 100 (1 - 10^{-\frac{cp}{40} z}) \\ y &= 100 (1 - 10^{-c'z}) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{mit } c' = \frac{cp}{40} \quad (4)$$

Für die Anwendung von Gl. (3) legt man am besten für jeden der drei Kernnährstoffe und für runde Werte des Nährstoffgehaltes p Zahlentafeln an, wobei es genügen dürfte, sich

bei N und P_2O_5 auf $p = 20$ % und bei K_2O auf $p = 40$ % zu beschränken. Die Aufstellung einer Zahlentafel nach Gl. (3) läßt sich bequem mit Hilfe von dekadischen Logarithmen vornehmen, wenn man Gl. (3) in die Form bringt:

$$\begin{aligned} 100 - y &= 100 \cdot 10^{-c'z} = 10^2 \cdot 10^{-c'z} = 10^2 - c'z \\ \text{so daß, beiderseits logarithmiert,} \\ \lg(100 - y) &= 2 - c'z \end{aligned} \quad (3a).$$

Für Kali²⁾ mit $p = 40$ %, wie es dem Beispiel von F. Lorenz zugrunde liegt [6], ergeben sich nach Gl. (4) mit

$$c' = 0,4 \cdot 40/40 = 0,4$$

aus Gl. (3a) die Werte der Tafel 1.

Die Berechnung einer Wertzahl sei an dem Streubild von F. Lorenz (Tafel 2a) dargelegt. Zu jedem Wert z in Tafel 2a entnehme man aus Tafel 1 den zugehörigen Relativertrag y (Tafel 2b), bilde die Summe dieser Relativerträge, also aller Zahlen der Tafel 2b, im Beispiel

$$\sum y = 11\,945,3,$$

und errechne damit durch Division durch die Anzahl n der Kästen einen mittleren Relativertrag \bar{y} , im Beispiel

$$\bar{y} = \sum y/n = 11\,945/136 = 87,83. \quad (5)$$

Zur mittleren Düngermenge, also zum arithmetischen Mittel aller Zahlen der Tafel 2a

$$\bar{z} = \sum z/n = 343,66/136 = 2,527 \text{ g}/0,04 \text{ m}^2 \quad (6)$$

findet man aus Tafel 1 durch Interpolation den Relativertrag

$$y^* = 90,24$$

als Ertrag bei gleichmäßiger Verteilung des Düngers, also bei bester Arbeitsgüte des Düngerstreuers. Daher läßt sich eine Wertzahl für die Streugüte definieren zu

$$W = 100 \frac{\bar{y}}{y^*}, \quad (7)$$

im Beispiel $W = 100 (87,83/90,24) = 97,3$.

Um einen Anhalt zu haben, von welcher Höhe an eine Wertzahl als ausreichend gelten kann, sei W für den Fall berechnet, daß sich in der Hälfte der Kästen je 50 % der mittleren Düngermenge \bar{z} , in der anderen Hälfte je 150 % von \bar{z} befinden. Im Beispiel ergibt sich aus Tafel 1

$$\text{für } 0,50 \bar{z} = 1,26 \text{ g}/0,04 \text{ m}^2 \quad y = 68,67,$$

$$\text{für } 1,50 \bar{z} = 3,79 \text{ g}/0,04 \text{ m}^2 \quad y = 96,95.$$

Damit entspr. Gl. (5)

$$\bar{y} = (68,67 + 96,95)/2 = 82,81$$

und aus Gl. (7)

$$W_G = 100 (82,81/90,24) = 91,8.$$

Wertzahlen unter 92 müssen also bei Streumengen von etwa 6 dz/ha Kali als ausgesprochen schlecht bezeichnet werden. Für andere Kaligaben gelten entsprechend der — mehr oder weniger willkürlichen — Festsetzung andere Grenzen³⁾

¹⁾ Wenn in vorliegendem Fall Gl. (1) angewendet wird, soll damit nicht gesagt sein, daß es sich bei dieser Gleichung um ein Gesetz handelt, wie es von Mitscherlich behauptet wurde. Die Gleichung spielt hier lediglich die Rolle einer Interpolationsformel [2] für Versuchsergebnisse. Man hätte an Stelle der Exponentialfunktion Gl. (1) beispielsweise auch eine Parabel benutzen können. Als unzulässig muß es aber angesehen werden, erheblich über den durch Versuche belegten Bereich hinaus zu extrapolieren, wie es im vergangenen Jahr bei einem Vortrag von pflanzenbaulicher Seite geschah.

²⁾ Für 20 %-Phosphorsäuredünger liegt eine entsprechende Tafel mit $c' = 0,3$, für 20 %-Stickstoffdünger eine solche mit $c' = 0,1$ vor und kann an Interessenten abgegeben werden.

Den Zeitaufwand für das Berechnen aller Tafelwerte hat mir in dankenswerter Weise meine Mitarbeiterin, Frau Dipl.-Landw. Masche, abgenommen.

³⁾ Für sehr hohe Düngergaben, die aber nur theoretische Bedeutung haben, da dann Gl. (1) nicht mehr brauchbar ist, nähern sich die Grenzzahlen asymptotisch dem Wert 100.

Tafel 1: Düngermenge und Relativertrag für Kali mit 40 % Reinnährstoffgehalt

z = Düngermenge in g/0,04 m² y = Relativertrag in Prozent eines theoretischen Höchstertrages nach Gl. (3) mit $c' = 0,4$

z	y	z	y	z	y	z	y	z	y	z	y	z	y	z	y	z	y	z	y	z	y
0,00	0,00	0,50	36,90	1,00	60,19	1,50	74,88	2,00	84,15	2,50	90,00	3,00	93,69	3,50	96,02	4,00	97,49	4,50	98,42		
0,01	0,92	0,51	37,48	1,01	60,55	1,51	75,11	2,01	84,30	2,51	90,09	3,01	93,75	3,51	96,06	4,01	97,51				
0,02	1,82	0,52	38,06	1,02	60,92	1,52	75,34	2,02	84,44	2,52	90,18	3,02	93,81	3,52	96,09	4,02	97,53				
0,03	2,72	0,53	38,62	1,03	61,27	1,53	75,57	2,03	84,58	2,53	90,27	3,03	93,86	3,53	96,13	4,03	97,56				
0,04	3,62	0,54	39,19	1,04	61,63	1,54	75,79	2,04	84,72	2,54	90,36	3,04	93,92	3,54	96,16	4,04	97,58				
0,05	4,50	0,55	39,74	1,05	61,98	1,55	76,01	2,05	84,86	2,55	90,45	3,05	93,97	3,55	96,20	4,05	97,60				
0,06	5,38	0,56	40,30	1,06	62,33	1,56	76,23	2,06	85,00	2,56	90,54	3,06	94,03	3,56	96,23	4,06	97,62				
0,07	6,24	0,57	40,84	1,07	62,67	1,57	76,45	2,07	85,14	2,57	90,62	3,07	94,08	3,57	96,27	4,07	97,64				
0,08	7,10	0,58	41,39	1,08	63,02	1,58	76,67	2,08	85,28	2,58	90,71	3,08	94,14	3,58	96,30	4,08	97,67				
0,09	7,95	0,59	41,92	1,09	63,36	1,59	76,88	2,09	85,41	2,59	90,80	3,09	94,19	3,59	96,34	4,09	97,69				
0,10	8,80	0,60	42,46	1,10	63,69	1,60	77,09	2,10	85,55	2,60	90,88	3,10	94,25	3,60	96,37	4,10	97,71	4,60	98,56		
0,11	9,63	0,61	42,98	1,11	64,02	1,61	77,30	2,11	85,68	2,61	90,96	3,11	94,30	3,61	96,40	4,11	97,73				
0,12	10,46	0,62	43,51	1,12	64,35	1,62	77,51	2,12	85,81	2,62	91,05	3,12	94,35	3,62	96,44	4,12	97,75				
0,13	11,28	0,63	44,02	1,13	64,68	1,63	77,72	2,13	85,94	2,63	91,13	3,13	94,40	3,63	96,47	4,13	97,77				
0,14	12,10	0,64	44,54	1,14	65,01	1,64	77,92	2,14	86,07	2,64	91,21	3,14	94,45	3,64	96,50	4,14	97,79				
0,15	12,90	0,65	45,05	1,15	65,33	1,65	78,12	2,15	86,20	2,65	91,29	3,15	94,50	3,65	96,53	4,15	97,81				
0,16	13,70	0,66	45,55	1,16	65,64	1,66	78,32	2,16	86,32	2,66	91,37	3,16	94,55	3,66	96,56	4,16	97,83				
0,17	14,49	0,67	46,05	1,17	65,96	1,67	78,52	2,17	86,45	2,67	91,45	3,17	94,60	3,67	96,60	4,17	97,85				
0,18	15,28	0,68	46,54	1,18	66,27	1,68	78,72	2,18	86,57	2,68	91,53	3,18	94,65	3,68	96,63	4,18	97,87				
0,19	16,05	0,69	47,03	1,19	66,58	1,69	78,91	2,19	86,70	2,69	91,61	3,19	94,70	3,69	96,66	4,19	97,89				
0,20	16,82	0,70	47,52	1,20	66,89	1,70	79,11	2,20	86,82	2,70	91,68	3,20	94,75	3,70	96,69	4,20	97,91	4,70	98,68		
0,21	17,59	0,71	48,00	1,21	67,19	1,71	79,30	2,21	86,94	2,71	91,76	3,21	94,80	3,71	96,72	4,21	97,93				
0,22	18,34	0,72	48,48	1,22	67,49	1,72	79,49	2,22	87,06	2,72	91,83	3,22	94,85	3,72	96,75	4,22	97,95				
0,23	19,09	0,73	48,95	1,23	67,79	1,73	79,68	2,23	87,18	2,73	91,91	3,23	94,89	3,73	96,78	4,23	97,97				
0,24	19,83	0,74	49,42	1,24	68,08	1,74	79,86	2,24	87,29	2,74	91,98	3,24	94,94	3,74	96,81	4,24	97,99				
0,25	20,57	0,75	49,88	1,25	68,38	1,75	80,05	2,25	87,41	2,75	92,06	3,25	94,99	3,75	96,84	4,25	98,00				
0,26	21,30	0,76	50,34	1,26	68,67	1,76	80,23	2,26	87,53	2,76	92,13	3,26	95,03	3,76	96,87	4,26	98,02				
0,27	22,02	0,77	50,80	1,27	68,95	1,77	80,41	2,27	87,64	2,77	92,20	3,27	95,08	3,77	96,90	4,27	98,04				
0,28	22,73	0,78	51,25	1,28	69,24	1,78	80,49	2,28	87,75	2,78	92,27	3,28	95,12	3,78	96,92	4,28	98,06				
0,29	23,44	0,79	51,69	1,29	69,52	1,79	80,77	2,29	87,87	2,79	92,34	3,29	95,17	3,79	96,95	4,29	98,08				
0,30	24,14	0,80	52,14	1,30	69,80	1,80	80,95	2,30	87,98	2,80	92,41	3,30	95,21	3,80	96,98	4,30	98,09	4,80	98,80		
0,31	24,84	0,81	52,58	1,31	70,08	1,81	81,12	2,31	88,09	2,81	92,48	3,31	95,26	3,81	97,01	4,31	98,11				
0,32	25,53	0,82	53,01	1,32	70,35	1,82	81,29	2,32	88,20	2,82	92,55	3,32	95,30	3,82	97,04	4,32	98,13				
0,33	26,21	0,83	53,44	1,33	70,62	1,83	81,46	2,33	88,30	2,83	92,62	3,33	95,34	3,83	97,06	4,33	98,15				
0,34	26,89	0,84	53,87	1,34	70,89	1,84	81,63	2,34	88,41	2,84	92,69	3,34	95,39	3,84	97,09	4,34	98,16				
0,35	27,55	0,85	54,29	1,35	71,16	1,85	81,80	2,35	88,52	2,85	92,75	3,35	95,43	3,85	97,12	4,35	98,18				
0,36	28,22	0,86	54,71	1,36	71,42	1,86	81,97	2,36	88,62	2,86	92,82	3,36	95,47	3,86	97,14	4,36	98,20				
0,37	28,88	0,87	55,13	1,37	71,69	1,87	82,13	2,37	88,73	2,87	92,89	3,37	95,51	3,87	97,17	4,37	98,21				
0,38	29,53	0,88	55,54	1,38	71,95	1,88	82,30	2,38	88,83	2,88	92,95	3,38	95,55	3,88	97,19	4,38	98,23				
0,39	30,18	0,89	55,94	1,39	72,20	1,89	82,46	2,39	88,93	2,89	93,02	3,39	95,59	3,89	97,22	4,39	98,25				
0,40	30,82	0,90	56,35	1,40	72,46	1,90	82,62	2,40	89,04	2,90	93,08	3,40	95,63	3,90	97,25	4,40	98,26	4,90	98,91		
0,41	31,45	0,91	56,75	1,41	72,71	1,91	82,78	2,41	89,14	2,91	93,14	3,41	95,67	3,91	97,27	4,41	98,28				
0,42	32,08	0,92	57,14	1,42	72,96	1,92	82,94	2,42	89,23	2,92	93,21	3,42	95,71	3,92	97,30	4,42	98,29				
0,43	32,70	0,93	57,54	1,43	73,21	1,93	83,10	2,43	89,33	2,93	93,27	3,43	95,75	3,93	97,32	4,43	98,31				
0,44	33,32	0,94	57,93	1,44	73,45	1,94	83,25	2,44	89,43	2,94	93,33	3,44	95,79	3,94	97,35	4,44	98,32				
0,45	33,93	0,95	58,31	1,45	73,70	1,95	83,40	2,45	89,53	2,95	93,39	3,45	95,83	3,95	97,37	4,45	98,34				
0,46	34,54	0,96	58,70	1,46	73,94	1,96	83,56	2,46	89,62	2,96	93,45	3,46	95,87	3,96	97,39	4,46	98,36				
0,47	35,14	0,97	59,07	1,47	74,18	1,97	83,71	2,47	89,72	2,97	93,51	3,47	95,91	3,97	97,42	4,47	98,37				
0,48	35,73	0,98	59,45	1,48	74,41	1,98	83,86	2,48	89,81	2,98	93,57	3,48	95,94	3,98	97,44	4,48	98,39				
0,49	36,32	0,99	59,82	1,49	74,65	1,99	84,00	2,49	89,91	2,99	93,63	3,49	95,98	3,99	97,46	4,49	98,40				
0,50	36,90	1,00	60,19	1,50	74,88	2,00	84,15	2,50	90,00	3,00	93,69	3,50	96,02	4,00	97,49	4,50	98,42	5,00	99,00		

(Abb. 1, Linie a), die man bei höheren Ansprüchen an die Streugenauigkeit aber auch so legen könnte, daß die Abweichungen vom Mittel unter $\pm 25\%$ bleiben (Abb. 1, Linie b): Man erkennt, daß selbst bei einem Streubild mit Kasteninhalten von je 75 % oder 125 % des Mittels \bar{z} die Wertzahl bei Gültigkeit von Gl. (1) noch über 98 % liegt. Eine Maschine mit solcher Wertzahl müßte aber als gut bezeichnet werden. Weitergehende Anforderungen an die Streugenauigkeit hätten schon als übertrieben zu gelten.

Man kann gegen das vorgeschlagene Verfahren eine Reihe von Einwänden erheben:

Es setzt voraus, daß Gl. (1) mit genügender Näherung den Ertrag unter durchschnittlichen Verhältnissen ergibt.

Es setzt entsprechend den Versuchen von W. v. Müller [8] den ungünstigsten Fall voraus, daß eine ungleichmäßige Verteilung des mineralischen Düngers weder durch das Bodenwasser noch durch ein entsprechend gerichtetes Wachstum der Pflanzenwurzeln ausgeglichen wird.

Es setzt voraus, daß die Pflanzen auf den verschieden stark gedüngten Flächenstücken von je 20 cm x 20 cm keine Randwirkung auf die benachbarten Flächenstücke ausüben.

Es setzt entsprechend Gl. (1) voraus, daß nicht bereits Dünger im Boden vorhanden ist und daß auch kein Dünger im Boden

Tafel 2a:
Düngergewichte z [g/0,04m²] in den Kästen der Prüfbahn

3,02	2,84	2,55	2,34	1,70	2,22	2,42	2,34
2,05	2,22	2,80	2,14	2,40	2,36	2,22	2,22
3,06	3,72	3,28	3,82	3,50	3,05	2,78	2,98
3,08	3,58	3,18	4,32	3,24	3,34	3,32	2,98
3,80	4,02	3,50	3,64	4,38	3,02	3,00	2,90
2,22	2,22	2,14	2,30	2,88	2,50	2,20	2,14
1,64	2,10	2,32	2,02	2,70	2,12	2,04	1,60
1,64	1,68	1,65	1,20	1,58	2,00	1,70	1,48
1,92	2,30	2,42	2,22	2,92	2,85	2,05	2,38
2,50	2,14	2,74	2,36	2,50	2,50	2,46	1,86
3,40	3,46	3,74	3,04	3,22	3,22	2,86	2,36
3,42	3,52	3,48	3,08	2,80	2,64	2,65	3,32
3,10	3,08	3,30	3,18	2,58	3,74	3,50	2,72
3,18	3,60	3,18	2,68	2,92	3,08	2,60	2,60
2,06	1,85	1,50	1,58	1,56	1,18	1,14	1,10
1,12	1,28	1,58	1,30	1,76	1,66	1,53	1,10
1,92	1,95	1,78	2,30	2,30	1,76	2,04	1,54

Tafel 2b:
Relativerträge y [%] zu den Düngermengen z der Tafel 2a

93,8	92,7	90,4	88,4	79,1	87,1	89,2	88,4
84,9	87,1	92,4	86,1	89,0	88,6	87,1	87,1
94,0	96,7	95,1	97,0	96,0	94,0	92,3	93,6
94,1	96,3	94,7	98,1	94,9	95,4	95,3	93,6
97,0	97,5	96,0	96,5	98,2	93,8	93,7	93,1
87,1	87,1	86,1	88,0	93,0	90,0	86,8	86,1
77,9	85,5	88,2	84,4	91,7	85,8	84,7	77,1
77,9	78,7	78,1	66,9	76,7	84,2	79,1	74,4
82,9	88,0	89,2	87,1	93,2	92,8	84,9	88,8
90,0	86,1	92,0	88,6	90,0	90,0	89,6	82,0
95,6	95,9	96,8	93,9	94,8	94,8	92,9	88,6
95,7	96,1	95,9	94,1	92,4	91,2	91,3	95,3
94,2	94,1	95,2	94,7	90,7	96,8	96,0	91,8
94,7	96,4	94,7	91,5	93,2	94,1	90,9	90,9
85,0	81,8	74,9	76,7	76,2	66,3	65,0	63,7
64,4	69,2	76,7	69,8	80,2	78,3	75,6	63,7
82,9	83,4	80,6	88,0	88,0	80,2	84,7	75,8

festgelegt wird. Beides ließe sich allerdings berücksichtigen, wenn man statt Gl. (1) die allgemeinere Form

$$y = 100 \left[1 - 10^{-c(x+b)} \right] \quad (8)$$

benutzt, wobei b die vor der Düngung im Boden vorhandene Nährstoffmenge oder ein negativer Wert b den im Boden festgelegten Dünger bedeuten. Der Einfachheit des Prüfverfahrens wegen sollte man sich aber mit Gl. (1) begnügen.

In Anbetracht dessen, daß es sich hier nicht darum handelt, einen Pflanzenertrag vorauszubestimmen, sondern nur darum,

bei Düngerstreuerprüfungen eine — allerdings auf einer Ertragsgleichung beruhende — Vergleichszahl für die Bewertung der Arbeitsgüte verschiedener Maschinen zu finden, wobei dann alle Prüfstationen nach dem gleichen, objektive Werte liefernden Verfahren arbeiten, dürfte man die angeführten Einwände wohl als nicht schwerwiegend ansehen.

Schrifttum:

- [1] Atanasiu, N.: Das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren und seine Bedeutung für Forschung und Praxis in der Landwirtschaft. Sitzungsberichte der Dt. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin. Bd. III, H. 14. Leipzig 1954, S. 7 und 8.
- [2] Günther, E. und Heyde, H.: Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens nach Mitscherlich. In: Landwirtschaftliche Jahrbücher LXVI. Bd. (1927) S. 903/910.
- [3] Hege, R.: Beitrag zur Bewertung der Särarbeit von Drillmaschinen, insbesondere der Körnerverteilung in der Reihe und in der Tiefenlage. Diss. Berlin 1947.
- [4] Heyde, H.: Wissenschaftliche Verfahren bei der Landmaschinenprüfung. Sitzungsberichte der Dt. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin. Bd. IV, H. 9. Leipzig 1955, S. 13/15.
- [5] Linder, A.: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. 2. Aufl. Basel 1951, S. 123 ff.
- [6] Lorenz, F.: Die Varianzanalyse, eine Methode zur Messung der Streugenauigkeit von Düngerstreumaschinen. Landtechn. Forschung 5 (1955) H. 1 S. 31/32.
- [7] Masche, H.: Zum Beitrag: Die Varianzanalyse, eine Methode zur Messung der Streugenauigkeit von Düngerstreumaschinen. Landtechn. Forschung 5 (1955) H. 4 S. 125/126.
- [8] v. Müller, W.: Untersuchungen zur Frage des Zwischenverteilers an Düngerstreuern. Diss. Berlin 1931, S. 9, 39, 43 und 51.

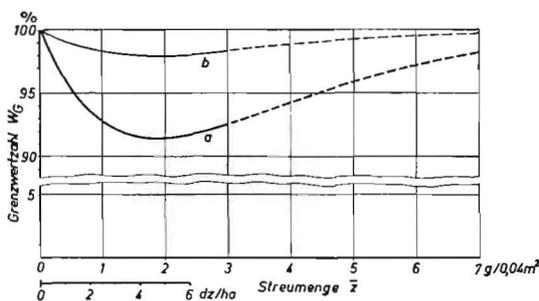


Abb. 1:

Zulässige untere Grenze W_G der Wertzahl für die Streugüte eines Düngerstreuers in Abhängigkeit von der Streumenge \bar{z} bei 40 %-Kali

- a) für Abweichungen vom Mittel \bar{z} unter $\pm 50\%$
- b) für Abweichungen vom Mittel \bar{z} unter $\pm 25\%$

Résumé:

Prof. Dr.-Ing. H. Heyde: „Zur Bewertung der Streugenauigkeit von Düngerstreuern.“

Zur Prüfung der Arbeitsgüte von Düngerstreuern werden unmittelbar nebeneinander gestellte Kästen von 20 cm × 20 cm Grundfläche oder auch Platten derselben Größe von der Maschine überfahren und die dabei auf die einzelnen Quadrate gefallenen Düngermengen durch Auswägen bestimmt. Die mehr oder weniger große Gleichmäßigkeit der Streubilder soll nun durch eine Wertzahl beurteilt werden, die mit dem von der Verteilungsgüte des Düngers abhängigen Pflanzenertrag in Zusammenhang steht. Deshalb werden die zu den einzelnen Düngermengen je Flächeneinheit gehörenden Relativerträge, wie sie sich nach Mitscherlich's Interpolationsformel ergeben, einer Zahlentafel entnommen. Das Mittel aus diesen Erträgen wird zum Ertrag bei gleichmäßiger Düngerverteilung ins Verhältnis gesetzt. Dieses Verhältnis stellt die gesuchte Wertzahl für die Streugenauigkeit dar. Die Grenzen, unterhalb derer die Wertzahl als schlecht gelten muß, werden für jede Streudichte (dz/ha) aus Kurven entnommen, die die Wertzahl für den Fall enthalten, daß die Düngermenge auf jedem Quadrat um 50 % oder, bei höheren Genauigkeitsansprüchen, um 25 % vom verlangten Mittel abweicht. Zahlentafeln und Grenzkurven für die drei Kernnährstoffe N, P₂O₅ und K₂O liegen beim Landmaschinen-Institut der Humboldt-Universität, Berlin N 4, Invalidenstr. 42, vor und werden von dort an Interessenten abgegeben.

Prof. Dr. Ing. H. Heyde:

“On the Evaluation of the Accuracy of Distribution of Fertilizer Distributors.”

In order to evaluate the quality of work performed by fertilizer distributors, boxes measuring 20 cms × 20 cms or plates of the same dimensions were placed in the path of the distributor and the quantities of fertilizer subsequently deposited on each square carefully measured. It was then considered necessary to express the regularity of distribution of the fertilizer as a number having a definite relation to the subsequent crop yield. The relative yields for the individual quantities of fertilizer spread per unit area, as determined by Mitscherlich's interpolation formula, were then obtained. The mean of these yields was then correlated to the yield obtained with strictly regular fertilizer distribution. This relation constitutes the number used to express the accuracy of distribution. The limits

below which the value thus obtained must be regarded as being of little or no value, were obtained from curves drawn for each successive stage of thickness of distribution (dz/ha). These curves embody the values obtained when the quantity of fertilizer distributed deviates by 50 %, or, in cases where greater accuracy is required, by 25 %, from the required mean values. Tables and Limit Curves for the basic fertilizers N, P₂O₅ and K₂O are on hand at the Agricultural Engineering Institute of the Humboldt University, Berlin N. 4., Invalidenstrasse, 42. Copies of these curves will be distributed to interested parties upon request to the latter address.

Prof. Dr.-Ing. H. Heyde :

«A propos de la détermination de l'uniformité d'épandage de distributeurs d'engrais.»

Afin d'examiner la qualité de travail de distributeurs d'engrais, on a fait passer la machine sur des caisses de 20 × 20 cm ou sur des plaques ayant les mêmes dimensions, disposées côte à côte et on a pesé la quantité d'engrais tombée sur chaque carré. La régularité plus ou moins grande de la distribution doit être désignée par un chiffre établi en relation avec le rendement cultural déterminé en fonction du degré de régularité de l'épandage d'engrais. On se sert d'un tableau de chiffres pour déterminer les rendements relatifs en fonction des quantités d'engrais utilisées par unité de surface, comme ils ressortent de la formule d'interpolation de Mitscherlich. La moyenne de ces rendements est mis en rapport avec le rendement correspondant à une distribution uniforme d'engrais. Ce rapport représente le chiffre recherché désignant le degré de régularité de la distribution. Les limites inférieures, au-dessous desquelles le chiffre est considéré comme mauvais, sont déterminées, pour chaque densité d'épandage (quintal métrique/hectare) à l'aide de courbes sur lesquelles on trouve le chiffre dans le cas où la quantité d'engrais tombée sur chaque carré s'écarte de 50 % ou, en cas de tolérance plus serrée, de 25 % de la moyenne imposée. Les tableaux de chiffres et les courbes limites pour les trois éléments nutritifs essentiels N, P₂O₅ et K₂O sont disponibles à l'Institut du Machinisme Agricole de la Humboldt-Universität à Berlin N 4, Invalidenstr. 42 qui les envoie aux intéressés sur demande.

Ing. Dr. H. Heyde, catedrático:

«La precisión de dispersión en las máquinas repartidoras de abonos artificiales.»

Para comprobar las condiciones de trabajo de las máquinas repartidoras de abonos artificiales, se colocaron cajitas de 20 × 20 cm en tierra, unas al lado de otras, o bien baldosas cuadradas del mismo tamaño, pasando la máquina por encima de ellas. Se pesó después el material que había caído en cada una. La mayor o menor igualdad de reparto se aprecia por un coeficiente relacionado con el rendimiento en plantas que depende de la calidad de dispersión del abono. De una tabla de valores, establecida sobre la fórmula de interpolación de Mitscherlich, se sacan los rendimientos relativos que correspondan a las diferentes cantidades de abono por unidad de superficie, relacionándose el promedio de estos rendimientos con el que corresponda al reparto igual del abono. Esta relación da el valor buscado para la precisión de la dispersión. Para todo espesor de reparto (quintal métrico por hectárea) se conocen los valores límite que deben considerarse como insuficientes, en una curva que da los valores para los casos de variar la cantidad de abono por cuadrado en un 50 %, o bien en un 25 %, si se pide una mayor precisión. Interesados que deseen adquirir la tabla de valores y de las curvas para los abonos N, P₂O₅ y K₂O, se dirigirán al «Landmaschinen-Institut der Humboldt-Universität, Berlin N 4, Invalidenstr. 42».

Aussprache

Die Übertragung der Meßergebnisse von Sechskomponentenpflügen auf angelenkte Pflüge

In zahlreichen Veröffentlichungen der letzten Jahre haben verschiedene Autoren ein Verfahren der Übertragung von Meßergebnissen, welche mit Sechskomponentenmeßpflügen gewonnen wurden (insbesondere in Völkenrode) auf angelenkte Pflüge angewandt, das im Widerspruch zu früheren Anschauungen steht.

Ältere Autoren von Perels¹⁾ bis Kühne²⁾ nehmen an, daß die Richtung der von den Zugtieren (oder vom Schlepper) auf den Pflug ausgeübten Kraft, die Zuglinie, durch den Anhangepunkt und „Widerstandspunkt“ geht. Über die Lage des letzteren gehen die Meinungen etwas auseinander, jedoch liegt er immer innerhalb des von Arbeits- und Stützflächen begrenzten Raumes. Demgegenüber geht die Völkenroder Schule von einer auf die Arbeitsflächen wirkenden Kraft R aus, deren Lage durch einen angenommenen Mittelwert von Meßpflügergebnissen bestimmt ist, setzt sie mit der eindeutig bestimmten Gewichtskraft G zu einer Resultierenden W₁ zusammen und diese wiederum mit einer an der

Sohle angreifenden Kraft S, deren Angriffspunkt durch die Abmessungen des Pfluges gegeben ist und deren Richtung durch eine geschätzte Sohlen- und Anlagereibungskraft bestimmt ist (Abb. 1). Die Resultierende aus diesen Kräften ist die vom Pflug auf den Schlepper ausgeübte Kraft W. Die Darstellung ist mit einer kleinen Vereinfachung — die Anlagereibung wurde mit der Sohlenkraft S zusammengesetzt — dem Aufsatz von R. Flerlage „Die Normung der Dreipunktaufhängung am Schlepper“ in „Grundlagen der Landtechnik“ 1956 Heft 7 entnommen. An diesem Beispiel lassen sich, weil das R im Verhältnis zu G sehr klein gewählt ist, die von mir erhobenen Einwände gegen das Verfahren besonders deutlich machen, vor allem auch, wenn man ein R wählt, wie es bei leichtem Boden vorkommt. Sie gelten aber auch für die Darstellungen anderer, später genannter Autoren. Das von Flerlage gewählte Beispiel von R bei schwerem Boden ergibt zwar eine nicht ganz so unwahrscheinliche Richtung von W, dafür zeigt es aber um so deutlicher die von mir später nachgewiesene Unzulässigkeit der Annahme, daß die Gewichtskraft G nur von der Sohle, nicht auch von den Scharschneiden auf den Boden übertragen wird. — Im Grundriß wird von der Völkenroder Schule entsprechend angenommen, daß nur die Anlage Seitenkräfte übertragen könne.

Hierzu ist folgendes zu sagen: Bei Meßpflügen der Münchener, Völkenroder und Silsoer Bauart werden die auf den zu untersuchenden Pflugkörper vertikal wirkenden Gewicht- und Bodenkräfte über die Meßglieder auf die Vorderräder und das Hinterrad des Pfluges und von den Rädern auf den Boden übertragen. Im Ruhezustand schwebt der Pflugkörper — dessen Anlage meist entfernt ist — frei über der Furchensohle beziehungsweise berührt sie eben, ohne daß Kräfte übertragen werden. Der angelenkte Pflug hingegen überträgt im Stillstand die Gewichtskräfte auf Scharschneide und Sohle (Abb. 2). Die Scharschneide ist durchaus in der Lage, sogar noch größere Vertikalkräfte zu übertragen, als sich aus dem Eigengewicht ergeben, obgleich das im allgemeinen nicht notwendig ist. Wie sich die Kräfte verteilen, kann man wie bei jeder statisch unbestimmten Vielpunktaufgabe nicht sagen. So viel ist jedenfalls sicher, daß ihre Resultierende G

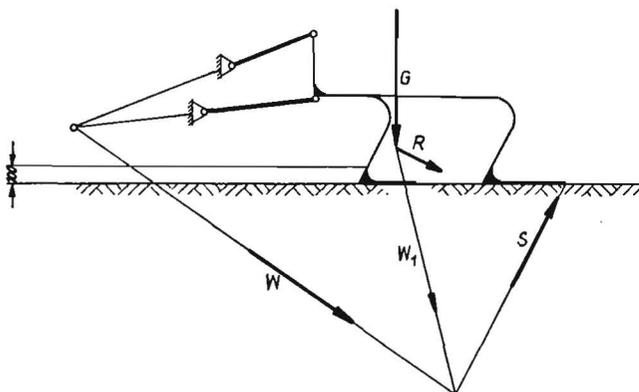


Abb. 1: Kräfte am Pflug bei Dreipunktaufhängung, nach Völkenroder Verfahren ermittelt
 $G + R = W_1$
 $W_1 + S = W$