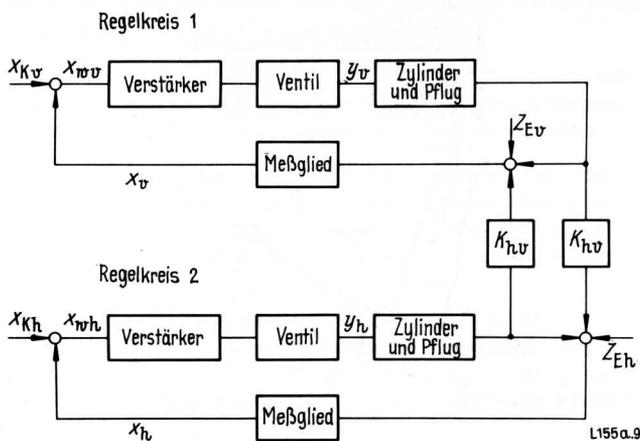


Bild 9. Vereinfachtes Blockschaltbild des Systems zur Zwei-Größen-Tiefenregelung.

Symbole gemäß Tafel 1



Für eine angenäherte Analyse kann man diese Einflüsse in zwei Anteile zerlegen. Einen der beiden Anteile verursachen die Störgrößen Z_1, Z_2 und Z_5 , die von außen auf das System einwirken. Dieser Anteil läßt sich, jeweils zusammen mit den Störungen Z_3 bzw. Z_4 , als Ersatzstörgrößen auffassen; dann ergibt sich, **Bild 9**, ein vereinfachtes Blockschaltbild eines Systems, das man zum Simulieren und Optimieren verwenden kann. Der andere, durch Stellvorgänge in den Regelungssystemen verursachte Anteil muß bei einer exakten Ersatzschaltung durch komplizierte Übertragungsfunktionen für die Koppelglieder und das Gestänge berücksichtigt werden. Die Auswirkungen dieses Anteils sind aber nicht so wesentlich wie die der anderen Einflüsse; er läßt sich nur mit Hilfe von Kreiseln und anschließenden Korrelationsrechnungen genau ermitteln [9]. Da entsprechende Meßeinrichtungen nicht zur

Verfügung standen, wurden aus den gemessenen Größen x_w und y die auf das System einwirkenden Ersatzstörgrößen Z_{Ev} und Z_{Eh} mit dem Analogrechner berechnet. Hierzu diente das im vereinfachten Blockschaltbild nach **Bild 9** erfaßte System, bei dem die Koppelglieder und das Gestänge konstante Übertragungsfaktoren haben. L 155 a

Schrifttum

- [1] Cowell, P. A., u. S. C. Len: Field performance of tractor draught control systems. J. agric. Engng. Res. (1967) Nr. 12 (3), S. 205/21.
- [2] Krause, R.: Die Zug- und Lenkfähigkeit schwerer Radschlepper mit Regelhydraulik beim Arbeiten mit Anbau- und Aufsattel-pflügen sowie die Tiefen- und Seitenführung der Pflüge. Grundl. Landtechnik Bd. 17 (1967) Nr. 4, S. 132/42.
- [3] Cowell, P. A.: Automatic control of tractor mounted implements. Pap. No. 12 of the Conference on Agricultural and Allied Industrial Tractors. London, October 1970.
- [4] Bohnen, H. D.: Verfahren der Ultraschallortung in Luft, im Straßenverkehr, Bergbau und Hüttenbetrieb. Diss. TH Aachen 1966.
- [5] Optoelektronischer Entfernungsmesser mit GaAs-Diode. Elektronik Bd. 19 (1970) Nr. 8, S. 266.
- [6] Dwyer, M.: The dynamic performance of tractor implement combinations. Pap. No. 8 of the Conference on Agricultural and Allied Industrial Tractors. London 1970.
- [7] Hesse, H., u. R. Möller: Experimentelle und simulierte Untersuchung eines elektrohydraulischen Pflugregelungssystems. Grundl. Landtechnik Bd. 18 (1968) Nr. 5, S. 177/84.
- [8] Hesse, H., u. R. Möller: Ein elektrohydraulisches System zur Regelung der Arbeitstiefe von Schlepperanbaupflügen. ölhydraulik u. pneumatik Bd. 13 (1969) Nr. 9, S. 425/30.
- [9] Schlitt, H.: Systemtheorie für regellose Vorgänge. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1960.

Die Breitsaat des Getreides mit pneumatisch beschickten Säscharen

Von Jürgen Mahlstedt und Hermann J. Heege, Bonn*)

DK 631.331.1.024.032.2.001.5

Die Breitsaat des Getreides ergibt eine gleichmäßigere Kornverteilung über die Fläche als die bisher übliche Drillsaat. Daher sind im Vergleich zu Drillsaaten Mehrerträge zu erwarten, wenn durch die Breitsaat zugleich eine genaue Tiefenablage der Körner erreicht wird. Verwendet man für die Breitsaat pneumatisch beschickte Gänsefußschare, so kommt die Genauigkeit der Tiefenablage derjenigen von Drillmaschinen mit Schlepptscharen gleich.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn-Bad Godesberg, stellte dankenswerterweise die Mittel für diese Arbeit zur Verfügung.

*) Dr. agr. Jürgen Mahlstedt war wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Landtechnik der Universität Bonn und ist jetzt wissenschaftlicher Angestellter der Abteilung Beratung Pflanzenschutz der Farbenfabriken Bayer AG in Leverkusen; Prof. Dr. agr. Hermann J. Heege, MSAE, ist am Institut für Landtechnik der Universität Bonn tätig.

1. Einführung

Die bisher vorherrschende Drillsaat liefert eine ungünstigere Kornverteilung über die Fläche als eine Breitsaat. Sofern keine wesentlichen Unterschiede in der Gleichmäßigkeit der Kornbedeckung mit Erde vorliegen, erbringt eine Breitsaat deshalb höhere Erträge als die Drillsaat. In eigenen Feldversuchen lieferten Breitsaaten unter dieser Voraussetzung im Durchschnitt gegenüber Drillsaaten mit 15 cm Reihenweite einen Kornmehrertrag von 7,6% [1]. Gleichartige Feldversuche in verschiedenen Ostblockländern [2 bis 4] ergaben noch größere Kornmehrerträge.

Bei den derzeit sporadisch angewandten Breitsaatverfahren wird das Saatgut mit Fräsen, Wälzegen oder Zinkenegen in den Boden eingerührt. Dies führt zu einer wesentlich ungleichmäßigeren Tiefenlage der Körner als die Ablage durch Drillschare. Die oben genannte Voraussetzung ist somit nicht erfüllt. Im Vergleich zu Drillsaaten erhält man bei eingerührten Breitsaaten einen geringeren Aufgang [1] und zudem noch einen ungleichmäßigeren Pflanzenbestand, da die Körner wegen der ungleichmäßigen Tiefenlage in einer längeren Zeitspanne auflaufen. In eigenen Feldversuchen mit Sommergetreide lieferten eingerührte Breitsaaten im Vergleich zu Drillsaaten mit

15 cm Reihenabstand Kornmindererträge von 1 bis 10 %. Der ertragsmindernde Einfluß der ungleichmäßigen Tiefenlage war demnach größer als der ertrags erhöhende Einfluß der gleichmäßigeren Kornverteilung über die Fläche durch die Breitsaat.

Das Ziel der Sätechnik ist es, die Körner sowohl gleichmäßig über die Fläche zu verteilen als auch eine gleichmäßige Tiefenlage zu erreichen. Diese Arbeit behandelt die Eignung verschiedener Verfahren mit pneumatischer Saatgutzufuhr [5 bis 7] im Hinblick auf dieses Ziel.

2. Breitsaat mit pneumatisch beschickten, hohlen Zinken einer Rüttelege

Eine gleichmäßigere Kornverteilung über die Fläche als bei der Drill-saat kann man mit Säscharen erreichen, die sowohl in Fahrtrichtung als auch quer zur Fahrtrichtung bewegt werden, also beispielsweise, wenn man die Körner durch hohle Zinken einer Rüttelege in den Boden leitet. Die Auslauföffnungen in den Zinken verstopften auch dann nicht durch Erde, wenn die Öffnungen in den Zinkenspitzen lagen. Vermutlich verhinderten die Blaswirkung der Luft (pneumatische Saatgutzufuhr!) und die Rüttelbewegungen ein Verstopfen.

Da sich die Zinken einer Rüttelege entlang von Sinuskurven bewegen, müßten theoretisch auch die Pflanzenreihen die Form von Sinuskurven haben. Dies zeigte sich in den Feldversuchen jedoch nicht. Vielmehr waren die Pflanzen – wie bei einer Breitsaat – regellos über das Feld verteilt. Als Ursache hierfür ist vermutlich die intensive bodenrührende Wirkung der Rüttelege anzusehen.

Die Feldversuche erbrachten jedoch keine gleichmäßige Tiefenablage der Körner. Die Streuung (Standardabweichung) der Tiefenlage – ermittelt nach der Bodenhobelmethode von *J. Breituß* [8] – war doppelt so groß wie bei der gleichzeitig ausgeführten Drillsaat und entsprach damit in der Größenordnung derjenigen beim vollständigen Einrühren der Körner durch Bodenbearbeitungsgeräte [1]. Ursache für die ungleichmäßige Tiefenlage der Körner dürften sowohl das intensive „Rühren“ des Bodens als auch die in vertikaler Richtung starre Anordnung der Zinken sein. Während die vertikal beweglichen Schare von Drillmaschinen sich den Bodenunebenheiten anpassen, ist eine individuelle Tiefenführung der Zinken von Rüttelegen nicht möglich.

3. Breitsaat mit pneumatisch beschickten Gänsefußscharen

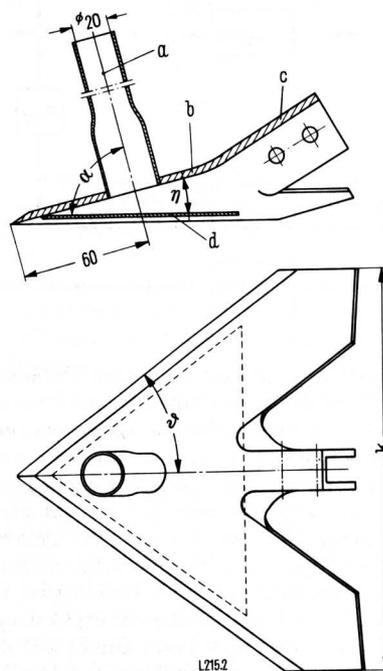
Breitsaatverfahren, bei denen das Saatgut unter dem von Gänsefußscharen angehobenen Boden verteilt wird, sind in Bulgarien [4] und an verschiedenen Orten in der Sowjetunion [2; 3, 9; 10] versuchsweise angewandt worden. Dabei fördert man das Getreide – wie bei den üblichen Drillmaschinen – durch Säräder in die Saatleitungen, aus denen es in den Raum zwischen den Gänsefußscharen und dem darunter befindlichen Boden fällt. In diesem Raum prallen die Körner auf Saatverteiler in Form von nach hinten abfallenden Platten oder Kegeln, die sie im Scharbereich breitstreuen. Im folgenden wird untersucht, ob sich eine pneumatische Saatgutzuteilung für das Breitverteilen der Körner eignet.

3.1. Säscharformen

Gänsefußschare hinterlassen Furchen, da sich der Boden beim Gleiten über den Scharrücken zugleich seitlich bewegt. Diese Seitwärtsbewegung wird durch den Schnittwinkel η und den Schneidenwinkel ϑ des Schar beeinflusst, **Bild 1**; sie ist außerdem von der Schnittbreite k abhängig. Je größer η und k sind, desto mehr Erde gleitet zur Seite [11 bis 13]. Furchen sind jedoch unerwünscht, weil das Saatgut nach der Ablage im Boden gleichmäßig mit Erde bedeckt werden soll; sie beeinträchtigen außerdem – bei der erforderlichen Anordnung der Schare in mehreren Reihen – die Tiefenführung der nachlaufenden Scharreihen [14]. Mit Rücksicht darauf wurden bei den Versuchen Gänsefußmesser mit einer Schnittbreite

Bild 1. Scharform I.

- a Zuführungsrohr
 - b Scharrücken
 - c Tülle
 - d Bodenblech
- Rohransatzwinkel α unterschiedlich
 Schneidenwinkel $\vartheta = 32^\circ 30'$
 Schnittwinkel $\eta = 12^\circ 15'$
 Schnittbreite $k = 160$ mm



von nur $k = 160$ mm nach DIN 11 112 [15] benutzt, deren Schnittwinkel η kleiner ist als der von Gänsefuß-Grubberscharen.

Die Breitsaat setzt eine gleichmäßige Verteilung des Saatgutes über die gesamte Arbeitsbreite des Gerätes voraus. Für das Zuführen des Saatgutes zum Gänsefußschar bieten sich folgende Möglichkeiten an:

1. Der Scharkörper ist durchbrochen und das Saatgut wird von oben durch den Scharkörper geblasen, Scharform I nach **Bild 1**.
2. Das Saatgut wird von hinten unter den Scharkörper geblasen, Scharform II nach **Bild 2**.

3.1.1. Scharform I

Der untere Teil des Zuführungsrohres a ist über dem Rücken b des Schar oval verformt, so daß es dort – um eine verstärkte Furchenbildung zu vermeiden – nur die gleiche Breite hat wie die Tülle c, die den Scharstiel umfaßt (s. **Bild 1**).

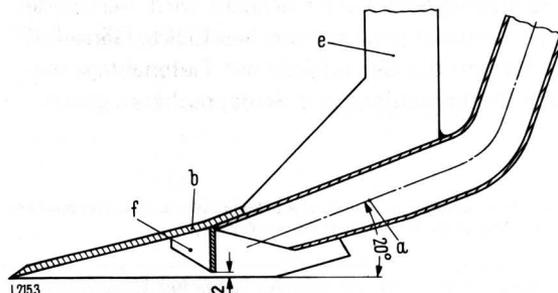


Bild 2. Scharform II (Längsschnitt).

- a Zuführungsrohr
- b Scharrücken
- e Scharstiel
- f Prallblech

Das Schar trägt 2 mm oberhalb der Schneidkanten ein Bodenblech d ; es füllt den Zwickel zwischen den Schneiden von der Spitze bis unterhalb des Stielansatzes aus (vgl. gestrichelte Linie in Bild 1) und bildet zusammen mit der Scharunterseite hinten einen 110 mm breiten Schlitz, aus dem Luft und Samen austreten.

Die Verteilung der Körner über die Breite des Säschlitzes läßt sich durch Verändern des Winkels α beeinflussen, den das Zuführungsrohr in Arbeitsrichtung des Schar mit dem Bodenblech bildet.

Neigte man – im Extremfall – das Rohr so weit nach vorn, daß $\alpha = 0^\circ$ betrüge, so würden die Körner über das Blech hinweg rutschen, ohne daß sich ihre Bewegungsrichtung wesentlich ändert. Die Folge wäre, daß die Körner in einem schmalen Band mittig hinter dem Schar austreten.

Wenn dagegen das Zuführungsrohr senkrecht zum Bodenblech α steht, so haben die Körner zunächst das Bestreben, nach allen Richtungen vom Bodenblech abzuprallen. Nach vorn und seitwärts können sie jedoch nicht entweichen; deshalb treten sie vornehmlich an den Außenseiten des Schlitzes aus.

Zwischen den Winkeln $\alpha = 0^\circ$ und $\alpha = 90^\circ$ liegt vermutlich ein Winkel, bei dem sich das Saatgut gleichmäßig über die Breite des Schlitzes verteilt. Dieser Winkel war durch Versuche zu ermitteln.

3.1.2. Scharform II

Bei Scharform II¹⁾ ersetzt man die Tülle, die sonst den Scharstiel umfaßt, durch das Zuführungsrohr a , auf dem nun der Scharstiel e angebracht ist (s. Bild 2). Vor der Öffnung des Zuführungsrohres befindet sich ein Prallblech f , das senkrecht zu den Schneidkanten unter den Scharrücken b gesetzt ist. Dieses Prallblech soll die in Fahrtrichtung aus dem Zuführungsrohr austretenden Körner umlenken und über die Schnittbreite verteilen.

Setzt man ein ebenes Prallblech quer zur Blasrichtung vor das Zuführungsrohr, so ist zu erwarten, daß ein großer Teil der Körner entgegengesetzt zur Blasrichtung reflektiert wird. Ist dagegen das Prallblech in der Mitte geknickt, Bild 3, so daß seine Schenkel – in Blasrichtung gesehen – nach vorn weisen, so müßten die Körner in Abhängigkeit von der Größe des Winkels ϵ , den die Schenkel umschließen, mehr in Richtung der Scharflanken abprallen. Es wurden deshalb acht Schare mit Winkel-Prallblechen angefertigt, bei denen ϵ zwischen 160 und 90° variiert.

Sieben weitere Schare stattete man mit gekrümmten Prallblechen aus, Bild 4, von denen die Körner dadurch nach hinten umgelenkt werden, daß sie an ihnen entlanggleiten. Diese Prallbleche setzen sich aus zwei in der Scharmitte aneinandergesetzten Kreisbögen

¹⁾ Ähnliche Säschare wurden von einer deutschen Firma auf einer Ausstellung in Großbritannien vorgestellt [16].

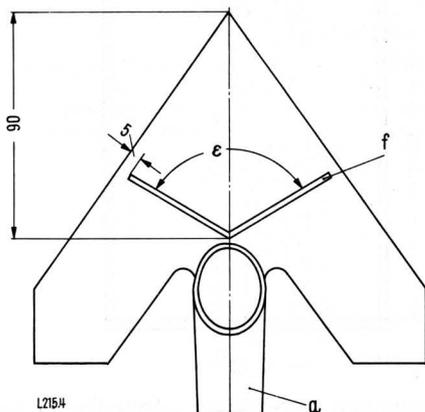


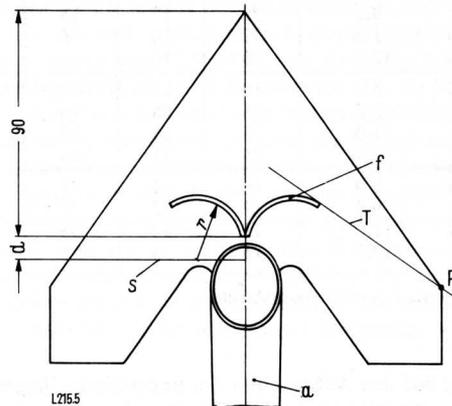
Bild 3. Scharform II mit Winkel-Prallblech (Untersicht).

- a Zuführungsrohr
- f Prallblech
- ϵ von den Prallblechschenkeln eingeschlossener Winkel

Bild 4. Scharform II mit Kreisbogen-Prallblech (Untersicht).

- a Zuführungsrohr
- f Prallblech
- r Radius der Prallbleche
- d Abstand der Mittelpunkte von der Nahtstelle der Prallbleche
- S Hilfslinie
- T Tangente
- P Knickpunkt

Die Kreisbögen erstrecken sich nach außen bis zum Berührungspunkt mit der Tangente T durch den Knickpunkt P der Scharaußenkante



zusammen. Ihre Mittelpunkte liegen auf einer Senkrechten S zur Mittellinie des Schar. Die Gestalt der Kreisbögen ist durch den Abstand d der Hilfslinie S von ihren Nahtstellen auf der Mittellinie des Schar und durch den Radius r bestimmt.

3.2. Verteilung der Körner und Pflanzen über die Scharschnittbreite

Bei den Versuchen waren die Zuführungsrohre der in Einzelparallelogrammen gehaltenen Säschare mit den Saatleitungen eines pneumatischen Zuführungssystems [6; 7] verbunden, Bild 5.

3.2.1. Scharform I

Zunächst fing man die am Säschlitz des Schares austretenden Körner im Standversuch unmittelbar an der Hinterkante des Bodenblechs in vier gleichbreiten Kammern eines insgesamt 110 mm breiten Kästchens auf. Die mit den Winkeln α (vgl. Bild 1) von 90 , 76 und 62° und unterschiedlichen Förderluftgeschwindigkeiten erzielten Resultate für Weizen sind in Tafel 1 wiedergegeben.

Damit sich die Körner nicht auf dem Bodenblech ansammelten und das Schar verstopften, mußte die Förderluftgeschwindigkeit mindestens 8 m/s betragen. Auch bei dieser Geschwindigkeit blieben aber

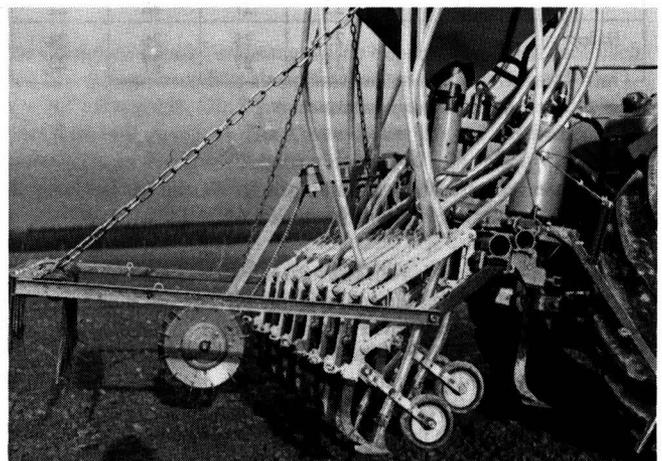


Bild 5. Versuchsgerät für die Breitsaat mit Gänsefußscharen und pneumatischer Zuteilung.

Tafel 1. Verteilung des Saatgutes über die Breite des Säschlitzes.

Getreideart Weizen

Durchsatz je Schar 8 g/s (250 kg/ha bei 160 mm Schararbeitsbreite und 2 m/s Fahrgeschwindigkeit)

Winkel α	Förderluftgeschwindigkeit*) m/s	% der ausgebrachten Körnermasse			
		links außen	links mitte	rechts mitte	rechts außen
90°	8,0	28	19	21	32
	9,5	32	17	18	33
	11,0	32	16	16	36
	12,5	33	16	16	35
76°	8,0	19	33	27	21
	9,5	26	25	26	23
	11,0	25	25	25	25
	12,5	25	25	26	24
62°	8,0	16	24	35	15
	9,5	17	32	33	18
	11,0	16	32	36	16
	12,5	15	35	35	15

*) im 22 mm weiten Saatleitungsschlauch

noch Körner auf den Außenseiten des Bodenblechs liegen. Im Gegensatz zu den mit höheren Förderluftgeschwindigkeiten erzielten Resultaten traten deshalb bei den Versuchen mit 8 m/s anteilig mehr Körner in der Mitte des Säschlitzes aus.

Eine Geschwindigkeit von 9,5 m/s war für das vollständige Räumen des Bodenblechs ausreichend. Steigerte man die Geschwindigkeit auf 12,5 m/s, so änderte sich die Verteilung der Körner über die Breite des Säschlitzes nur unerheblich. Im Bereich von 9,5 bis 12,5 m/s war die Verteilung im wesentlichen vom Winkel α abhängig. Bei $\alpha = 76^\circ$ war die Kornverteilung über die Breite des Säschlitzes gleichmäßig.

Für die übrigen Getreidearten enthält Tafel 2 die Ergebnisse bei $\alpha = 76^\circ$ und bei einem Durchsatz von 6 g/s. Diese Kornverteilungen

Tafel 2. Verteilung des Saatgutes über die Breite des Säschlitzes.

$\alpha = 76^\circ$

Durchsatz 6 g/s (187,5 kg/ha bei 160 mm Schararbeitsbreite und 2 m/s Fahrgeschwindigkeit)

Getreideart	Förderluftgeschwindigkeit*) m/s	% der ausgebrachten Körnermasse			
		links außen	links mitte	rechts mitte	rechts außen
Roggen	9,5	25	25	26	24
	12,5	24	25	27	24
Gerste	9,5	24	25	26	25
	12,5	23	27	28	22
Hafer	9,5	25	25	26	24
	12,5	23	27	27	23

*) im 22 mm weiten Saatleitungsschlauch

entsprechen im wesentlichen derjenigen für Weizen bei gleichem Winkel α und gleicher Förderluftgeschwindigkeit.

Die Verteilung war auch vom Korndurchsatz abhängig. **Tafel 3** zeigt die Verteilung von Weizen bei Durchsätzen von 8 und 4 g/s. Bei geringem Durchsatz treten in der Scharmitte anteilmäßig mehr Körner aus als an den Seiten; auf ihrer Bahn im Schar stoßen sich die Körner gegenseitig an und verdrängen sich deshalb bei größerem Durchsatz gegenseitig zu den Außenseiten des Säschlitzes hin.

Beim Einsatz auf dem Acker werden die Körner unter der vom Schar angehobenen Bodenschicht durch den Luftstrom verteilt und anschließend von dem zurückfallenden Boden bedeckt. Dies

Tafel 3. Verteilung des Saatgutes über die Breite des Säschlitzes.

Getreideart Weizen

Rohrwinkel $\alpha = 76^\circ$

Durchsatz g/s	Förderluftgeschwindigkeit*) m/s	% der ausgebrachten Körnermasse			
		links außen	links mitte	rechts mitte	rechts außen
8	9,5	26	25	26	23
	12,5	25	25	26	24
4	9,5	24	27	28	21
	12,5	22	28	29	21

*) im 22 weiten Saatleitungsschlauch

geschieht allerdings nicht unmittelbar hinter dem Säschlitz am Ende des Bodenblechs, sondern erst hinter den Scharflanken (vgl. Bild 1). Die am Säschlitz austretenden Körner können sich also noch mehrere Zentimeter entgegengesetzt oder auch schräg zur Fahrtrichtung bewegen, bevor sie in die Krume eingebettet werden. Deshalb erschien es nötig, die Kornverteilung quer zur Fahrtrichtung auch in Versuchen auf dem Acker zu prüfen.

Dies geschah mit Scharen, bei denen das Zuführungsrohr mit dem Bodenblech entweder den oben ermittelten optimalen Winkel von $\alpha = 76^\circ$ oder einen Winkel von $\alpha = 90^\circ$ bildete. Die Förderluftgeschwindigkeit in den Saatleitungsschläuchen betrug 12,5 m/s. Mit einer Fahrgeschwindigkeit von 2 m/s wurden je Schar 8 g/s (250 kg/ha) Weizen oder 6 g/s (187,5 kg/ha) Roggen bzw. Gerste ausgesät.

Da andere geeignete Verfahren fehlen, kann bisher die Verteilung der Körner über die Ackerfläche nur nach dem Auflaufen der Pflanzen ermittelt werden. Wie jedoch an anderer Stelle bewiesen wurde [5], stimmt die relative Pflanzenverteilung mit der relativen Kornverteilung überein.

Nach der Aussaat mit beiden Scharausführungen ($\alpha = 76^\circ$ und $\alpha = 90^\circ$) waren im Mittel Ackerstreifen von je 160 mm Breite mit Pflanzen bewachsen. Die Arbeitsbreite der Schare entsprach also ihrer Schnittbreite k (vgl. Bild 1).

Zum Ermitteln der Pflanzenverteilung quer zur Fahrtrichtung legte man einen 800 mm langen, in gleichen Abständen mit Sehnen bespannten Längsraster über die auszuwertenden Getreidestreifen, **Bild 6**, und zählte in den Rastervierteln die Pflanzen aus. Die Resultate sind in **Tafel 4** wiedergegeben.

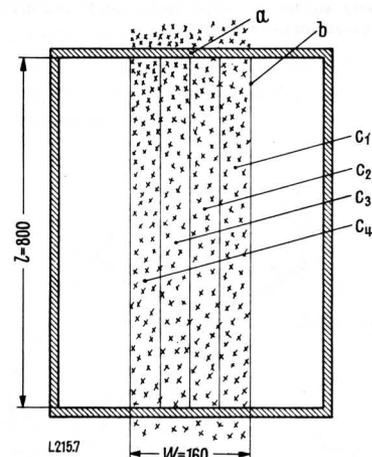


Bild 6. Längsraster zum Auszählen der aufgelaufenen Pflanzen.

- a Rahmen
- b Bespannung
- c₁ bis c₄ Rasterviertel rechts außen, rechts mitte, links mitte, links außen
- l Länge des Rasters
- W Breite der Pflanzenreihe

Tafel 4. Verteilung der Pflanzen auf die Rasterviertel nach der Aussaat mit Scharform I.

Winkel α	Getreideart	% der gezählten Pflanzen			
		links außen	links mitte	rechts mitte	rechts außen
76°	Roggen	27	26	20	27
	Gerste	23	23	30	24
	Weizen	24	22	26	28
	Durchschnitt	25	24	25	26
90°	Roggen	32	15	16	37
	Gerste	27	19	22	32
	Weizen	31	20	16	32
	Durchschnitt	30	18	18	34

Faßt man die Ergebnisse für die beiden Winkel α jeweils zusammen, so zeigt sich, daß mit $\alpha = 76^\circ$ eine gleichmäßige Pflanzenverteilung über die Breite erzielt worden ist. Ein Winkel von $\alpha = 90^\circ$ bewirkte dagegen, daß die Pflanzen gehäuft in den jeweils äußeren Vierteln stehen. Der Winkel α hat also einen wesentlichen Einfluß auf die Pflanzenverteilung über die Breite.

Im übrigen stimmt bei beiden Winkeln die auf dem Acker erzielte Verteilung mit derjenigen gut überein, die sich im Standversuch am Säschlitz der Gänsefußschare ergab (vgl. Tafel 1 und 2 mit Tafel 4). Den günstigsten Wert von α kann man demnach im Standversuch ermitteln.

3.2.2. Scharform II

Die Scharform II besitzt im Gegensatz zur Scharform I kein Bodenblech; deshalb ließ sich bei Scharform II die Kornverteilung nur auf dem Acker prüfen. Die mit Winkel-Prallblechen (vgl. Bild 3) und Kreisbogen-Prallblechen (vgl. Bild 4) ausgerüsteten Schare dienten nebeneinander der Aussaat von Weizen, Roggen, Gerste und Hafer.

Nach dem Auflaufen wurde für jede Variante zehnmal die Breite des besäten Streifens gemessen. Bei gleicher Prallblech-Bauart ergaben sich zwischen den vier Getreidearten keine signifikanten Unterschiede in der durchschnittlichen Breite der besäten Streifen. Die Meßwerte für die vier Getreidearten konnte man daher jeweils zusammenfassen. Die Ergebnisse sind in Tafel 5 enthalten.

Tafel 5. Breite des bewachsenen Streifens nach der Aussaat mit Scharform II und unterschiedlichen Prallblech-Bauarten.

Förderluftgeschwindigkeit im Saatleitungsschlauch 12,5 m/s
 Fahrgeschwindigkeit 2 m/s
 zusammengefaßte Werte für vier Getreidearten

Winkel ϵ	Winkel-Prallbleche	Kreisbogen-Prallbleche		
	durchschnittliche Breite des aufgelaufenen Getreide-Streifens mm	d mm	r mm	durchschnittliche Breite des aufgelaufenen Getreide-Streifens mm
160°	70	4	20	102
150°	73	4	25	101
140°	78	4	30	100
130°	81			
120°	82	20	30	108
110°	110	20	34	111
100°	111	20	38	110
90°	101	20	46	103

Bei großem Winkel ϵ werden die Körner erwartungsgemäß nur wenig in Richtung der Scharflanken gelenkt. Bei dem kleinsten Winkel $\epsilon = 90^\circ$ dagegen stoßen die Körner vermutlich vorn unter den Scharkörper. Die größte Streifenbreite erhielt man bei $\epsilon = 100^\circ$.

Bei den Kreisbogen-Prallblechen ergab sich für den Abstand $d = 20$ mm eine etwas größere Streifenbreite als für $d = 4$ mm. Bei $d = 20$ mm nimmt die Streifenbreite mit dem Bogenradius r zunächst geringfügig zu, erreicht bei $r = 34$ mm ein Maximum mit 111 mm und fällt bei noch größerem Radius r wieder geringfügig ab; er wirkt sich auf die Streifenbreite also nicht wesentlich aus. Jedoch beeinflusste er deutlich die Verteilung der Pflanzen über die Breite des bewachsenen Streifens [5].

Mit der Scharform II konnte man nicht erreichen, daß die Scharschnittbreite voll besät wird; auch nicht durch Steigern der Förderluftgeschwindigkeit von 12,5 auf 17 m/s, denn dies ließ die Breite der Kornablage lediglich um 5 % zunehmen. Da die Schare der Form II im Gegensatz zu Form I kein Bodenblech besitzen, werden die Körner am Furchenboden zu stark abgebremst und gelangen deshalb nicht außen unter die Scharflanken. Für eine Breitsaat mit der Scharform II wäre deshalb ein Überlappen der Schare erforderlich. Dabei würde jedoch die Lage der von der vorderen Scharreihe abgelegten Körner von der nachlaufenden Scharreihe verändert. Aus diesem Grunde erscheint die Scharform I für die Getreidebreitsaat besser geeignet als die Scharform II. Die Untersuchungen wurden deshalb nur mit der Scharform I fortgesetzt.

3.3. Verteilung der Körner und Pflanzen über die Fläche

Bei der Breitsaat streut man die Körner über die gesamte Arbeitsbreite aus mit dem Ziel, je Flächeneinheit annähernd die gleiche Körnerzahl auszubringen. Die genaue Position der einzelnen Körner sowohl längs als auch quer zur Fahrtrichtung unterliegt dem Zufall. Für jede Einheit der besäten Fläche besteht daher bei der Breitsaat die gleiche Wahrscheinlichkeit, mit Körnern belegt zu werden.

Unter dieser Voraussetzung muß theoretisch die Wahrscheinlichkeit $w(x)$ für die Kornanzahl x in kleinen Rasterfeldern gleicher Größe einer Poisson-Verteilung

$$w(x) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}$$

mit λ als der durchschnittlichen Kornanzahl je Rasterfeld folgen [17; 18].

Nicht aus jedem Saatkorn wächst eine Pflanze. Da die Wahrscheinlichkeit des Auflaufens einer Binomialverteilung entspricht, läßt sich nachweisen, daß für die Anzahl y der Pflanzen je Rasterfeld ebenfalls eine Poisson-Verteilung

$$w(y) = e^{-u} \frac{u^y}{y!}$$

mit $u = \lambda p$ als dem Produkt aus der mittleren Körneranzahl je Rasterfeld und dem mittleren Feldaufgang gelten muß [5].

Die Gültigkeit dieser Verteilung wurde experimentell mit dem nach den bisherigen Versuchen als optimal anzusehenden Schar (Form I, $\alpha = 76^\circ$) überprüft. Die Schare waren gegeneinander versetzt in zwei Reihen angeordnet. Die Abstand quer zur Fahrtrichtung von Scharmitte zu Scharmitte betrug dabei 160 mm. Nach dem Auflaufen des Getreides stellte man mit einem Gitterquadrat, das in 49 Felder mit je 100 mm \times 100 mm Seitenlänge aufgeteilt war, die Anzahl der Felder gleicher Pflanzenanzahl fest und prüfte mit dem χ^2 -Test [19], ob die empirische Verteilung der Pflanzen mit der Poisson-Verteilung $w(y)$ übereinstimmt. Die Übereinstimmung ist gut, denn die beobachteten Werte weichen von den erwarteten nur innerhalb der Zufallsgrenze ab. Tafel 6 zeigt einen Teil dieser Ergebnisse als Beispiel.

Man kann also davon ausgehen, daß auf dem Acker die Anzahl der Pflanzen in kleinen Feldern gleicher Größe durch eine Poisson-Verteilung gegeben ist, und daraus schließen, daß die Kornanzahl in denselben Feldern ebenfalls einer Poisson-Verteilung entsprach.

Tafel 6. Prüfung der Poisson-Wahrscheinlichkeitsfunktion $w(y)$ für die Pflanzenanzahl je Gitterquadrat bei der Breitsaat von Roggen nach dem χ^2 -Test.

u durchschnittliche Pflanzenanzahl je Quadrat mit 100 cm² Fläche

V Zahl der Quadrate mit y Pflanzen im Versuch

H Zahl der Quadrate mit y Pflanzen nach der Hypothese $w(y)$

$$\chi^2 = \sum \frac{(V - H)^2}{H} \quad \text{Feldaufgang 40 \%}$$

χ^2_g und $P(\chi^2_g)$ gelten für das in allen Versuchen mit gleichen Bedingungen erhaltene Zahlenkollektiv

u	Anzahl y der Pflanzen je Quadrat										χ^2	P bei 3 Freiheitsgraden	
	0		1		2		3		4 und mehr				
	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H			
1,29	12	13,5	20	17,4	10	11,2	5	4,8	2	2,1	0,70	0,75	
2,12	7	5,9	11	12,5	13	13,2	10	9,3	8	8,1	0,44	0,90	
1,94	7	7,4	16	14,4	13	14,0	6	9,0	7	4,2	3,14	0,25	
1,94	9	7,4	14	14,4	10	14,0	8	9,0	8	4,2	5,04	0,10	
2,04	8	6,4	14	13,0	13	13,3	6	9,0	8	7,3	1,56	0,50	
1,76	8	8,4	14	14,8	14	13,1	8	7,7	5	5,0	0,44	0,90	
2,14	8	5,8	11	12,3	8	13,2	12	9,4	10	8,3	4,09	0,25	
$\chi^2_g = 15,41$		$P(\chi^2_g) = 0,70$		Annahmehereich $P \geq 0,05$									

3.4. Tiefenablage

Die Gangtiefe von Gänsefußscharen kann man über die Scharneigung in Fahrtrichtung beeinflussen oder mit Tiefenbegrenzern (z.B. Tastrollen, Schleifkufen) einstellen. Am Versuchsgerät dienten vorklaufende, höhenverstellbare Tastrollen als Tiefenbegrenzer für die einzeln parallelogrammgeführten, versetzt nebeneinander angeordneten Gänsefußscharen (vgl. Bild 5).

Eine mit Schleppscharen ausgerüstete Drillmaschine und das mit Gänsefußscharen versehene Versuchsgerät, beide mit mittleren Saattiefen von 30 bis 50 mm, wurden auf mehreren Äckern eingesetzt. In benachbarten Fahrspuren ermittelte man für beide Geräte die Streuung (Standardabweichung) der Saattiefe nach der Bodenhobelmethode von J. Breitfuß [8]. Dabei erfaßte der Bodenhobel sowohl die durch die Form der Scharne verursachte Streuung der Saattiefe als auch diejenige, die auf die ungleichmäßige Tiefenführung der einzelnen Scharen zurückzuführen war [14; 20].

Die gewogene Streuung der Saattiefe aus den Resultaten von zwanzig Hobelgängen für jedes Gerät betrug bei der Drillmaschine 6,98 mm und bei dem mit Gänsefußscharen versehenen Versuchsgerät 7,41 mm, d.h. diese Durchschnittswerte differierten nur um weniger als einen halben Millimeter. Beim Prüfen der Einzelergebnisse mit einem Rangdispersionstest ließ sich ein signifikanter Unterschied nicht feststellen [5]. Die Streuung der Saattiefe war also bei der Breitsaat mit Gänsefußscharen nicht größer als bei einer mit Schleppscharen ausgerüsteten Drillmaschine. L 215

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

[1] Heege, H.J.: Verfahren der Breitsaat des Getreides. Grundl. Landtechnik Bd. 20 (1970) Nr. 3, S. 82/84.

[2] Novickij, L.A.: Über eine neue Methode der Aussaat von Roggen (Orig. russ.). Sel'skoe chozjajstvo Severno-Zapadnoj Zony (1959) Nr. 7, S. 67/68 (deutsche Übersetzung in der Techn. Informationsbibliothek Hannover).

[3] Razmyslović, I.R., D.A. Smilowenko u. N.D. Bobroski: Eine Getreidesämaschine für reihenlose Untergrund-Vollsaat (Orig. russ.). Sbornik Naucnych Trudov, Belorusskij Institut Mehanizacii Sel'skogo Chozjajstva (1958) Nr. 1, S. 209 ff. (deutsche Übersetzung in der Techn. Informationsbibliothek Hannover).

[4] Stojanow, P.: Untersuchungen von Sämaschinen zur Breitsaat von Getreide (Orig. bulgar.). Selskostopauska tehnika Bd. 6 (1969) Nr. 8, S. 29/44 (deutsche Übersetzung in der Techn. Informationsbibliothek Hannover).

[5] Mahlstedt, J.: Pneumatische Saatgutzuteilung bei Sämaschinen für die Getreidebreitsaat. Diss. Universität Bonn 1971.

[6] Weiste, H.: Erfahrungen mit der pneumatischen Sätechnik. Grundl. Landtechnik Bd. 22 (1972) Nr. 2, S. 39 f.

[7] Mahlstedt, J., u. H.J. Heege: Die pneumatische Zuteilung von Getreide in Sämaschinen. Grundl. Landtechnik Bd. 22 (1972) Nr. 2, S. 33/38.

[8] Breitfuß, J.: Untersuchungen über die gleichmäßige Tiefenlage der Saat von Rübensämaschinen. Landtechn. Forsch. Bd. 4 (1954) Nr. 3, S. 82 ff.

[9] Pugačev, A., u. N.E. Avdeev: Sämaschinen für die reihenlose Saat (Orig. russ.). Zemledelie (1962) Nr. 3, S. 35/41 (deutsche Übersetzung in der Techn. Informationsbibliothek Hannover).

[10] Pugačev, A., u. V. Bykov: Eine Kultivator-Sämaschine mit aktiv wirkenden Scharen (Orig. russ.). Technika v sel'skom chozjajstve (1963) Nr. 2, S. 48 ff. (deutsche Übersetzung in der Techn. Informationsbibliothek Hannover).

[11] ● Dencker, C.H.: Handbuch der Landtechnik. Hamburg, Berlin: Parey-Verlag 1961; insbes. S. 890.

[12] Kaniveč, I.D., u. N.V. Ljapunov: Wie wählt man Werkzeuge für den Grubber (Kultivator) (Orig. russ.). Kukuza (1965) Nr. 6, S. 6/7 (deutsche Übersetzung in der Techn. Informationsbibliothek Hannover).

[13] ● Schilling, E.: Landmaschinen. Bd. 3. Köln: Eigenverlag 1958; insbes. S. 260.

[14] ● Krutikow, N.P., I.I. Smirnov, K.S. Stscherbkov, u.a.: Theorie, Berechnung und Konstruktion der Landmaschinen (Orig. russ.) (Übersetzung aus dem Russischen von Biehahn u.a.). Berlin: Verlag VEB-Technik 1955; insbes. S. 509 ff.

[15] DIN 11 112: Gänsefußmesser mit Stiel. Hrsg. Deutscher Normenausschuß. Aug. Juni 1965.

[16] Big Tractors to the fore, Royal Smithfield Show. Power Farming (1970) Nr. 1, S. 11.

[17] Heege, H.J.: Die Gleichstand-, Drill- und Breitsaat des Getreides unter besonderer Berücksichtigung der flächenmäßigen Kornverteilung. KTL-Ber. über Landtechnik Nr. 112, Frankfurt/M. 1967.

[18] ● Weber, E.: Grundriß der biologischen Statistik. 5. Aufl. Jena: VEB Gustav-Fischer-Verlag 1964.

[19] ● Snedecor, G.W.: Statistical Methods. 5. Aufl. Ames, Iowa, USA: Iowa State University Press 1956.

[20] Hege, R.: Die Säarbeit von Drillmaschinen. Schriften des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft. Berlin (1949) Nr. 4, S. 60 ff.