

Pneumatische Saatgutzuteilung bei Sämaschinen

Von Hermann J. Heege und Wilhelm Zähres, Bonn*)

DK 631.331:621.867.82

Bei der bisher vorherrschenden mechanischen Saatgutzuteilung gelangen die Samen durch Schwerkrafteinwirkung zu den Säscharen; es ist daher nur eine Förderung senkrecht oder schräg nach unten möglich. Im Gegensatz dazu können die Samen bei pneumatischer Zuteilung in beliebiger Richtung gefördert werden. Die pneumatische Zuteilung bietet somit neue Möglichkeiten hinsichtlich der räumlichen Anordnung von Saatgutbehälter und Säscharen, die bei Gerätekombinationen und bei großen Arbeitsbreiten von Vorteil sein können. Die Zuteilung der Samen an die einzelnen luftdurchströmten Säleitungen erfolgt entweder mit Hilfe eines oder mehrerer Prallköpfe (Prallkopfzuteilung) oder durch Säräder (Säradzuteilung). Der Beitrag behandelt die mit diesen Verfahren erzielten Zuteilungsergebnisse.

In der Sätechnik der Getreide-, Hülsenfrucht- und Ölfruchtbestellung bedient man sich bislang vornehmlich der Saatgutzuteilung durch Säräder (z.B. Nockenräder oder Schubräder). Hierbei gelangen die Samen durch Schwerkrafteinwirkung zu den Säscharen. Das hat zur Folge, daß die Samen nur in senkrechter Richtung oder schräg nach unten vom Vorratsbehälter zu den Säscharen gefördert werden können. Im Gegensatz dazu können die Samen bei pneumatischer Zuteilung in beliebiger Richtung gefördert werden.

Die pneumatische Zuteilung bietet daher neue Möglichkeiten hinsichtlich der räumlichen Anordnung von Saatgutbehälter und Säscharen. Der Zwang, wie bei der üblichen Säradzuteilung, den Saatgutbehälter über die gesamte Arbeitsbreite auszudehnen, entfällt; stattdessen kann der Saatgutbehälter vergleichsweise schmal ausgeführt und mittig hinter dem Schlepper angeordnet werden. Der Saatgutbehälter eignet sich somit in besonderem Maße für loses Saatgut; er kann ohne wesentliche Handarbeit durch Schwerkraft-

förderung von einem Hochkipp-Fahrzeug aus oder auch z.B. unter Benutzung eines Schneckenförderers von einem Fahrzeug normaler Höhe aus befüllt werden, Bild 1. Das Nachverteilen des Saatgutes im Behälter entfällt.

Die Säschare können bei der pneumatischen Saatgutzuteilung unabhängig vom Vorratsbehälter angeordnet werden. Dieser Vorteil der pneumatischen Saatgutzuteilung hat besonderes Gewicht bei Geräten mit großen Arbeitsbreiten, Bild 2, 3, 4 und bei Gerätekombinationen, Bild 5.

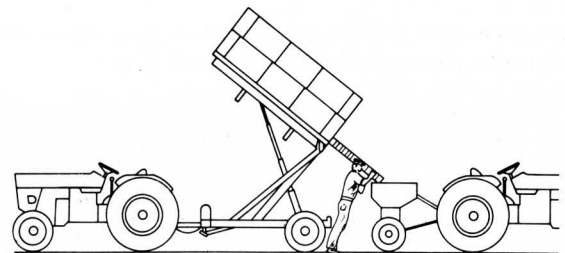
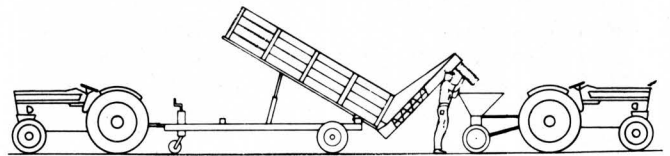


Bild 1. Anwendung der losen Saatgutkette zum Befüllen einer Sämaschine.

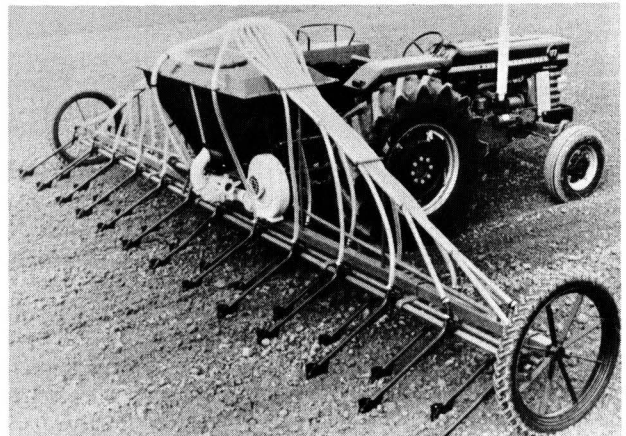


Bild 2. Sämaschine mit Prallkopfzuteilung durch einen einzigen Verteilkopf.

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

*) Prof. Dr. agr. Hermann J. Heege, MSAE, ist Leiter der Abteilung "Landwirtschaftliche Arbeitsverfahren" am Institut für Landtechnik der Universität Bonn. Dr. agr. Wilhelm Zähres war wissenschaftlicher Mitarbeiter an diesem Institut und ist jetzt Referent für Technik in der Veredelungswirtschaft bei der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe in Münster.

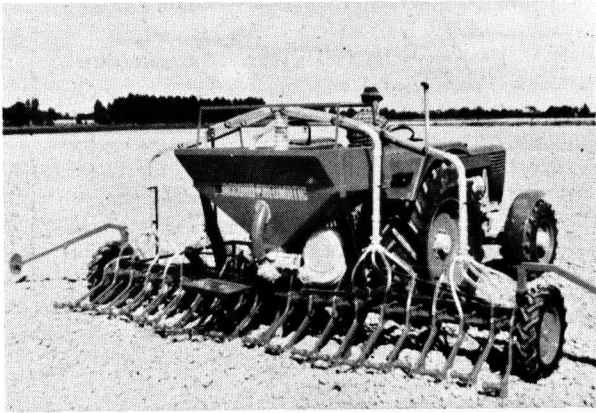


Bild 3. Sämaschine mit Prallkopfzuteilung. Mit Hilfe eines zentralen Hauptverteilkopfes werden Satellitenverteilköpfe beschickt, von denen aus die Säleitungen versorgt werden (Aufn.: Rühle).

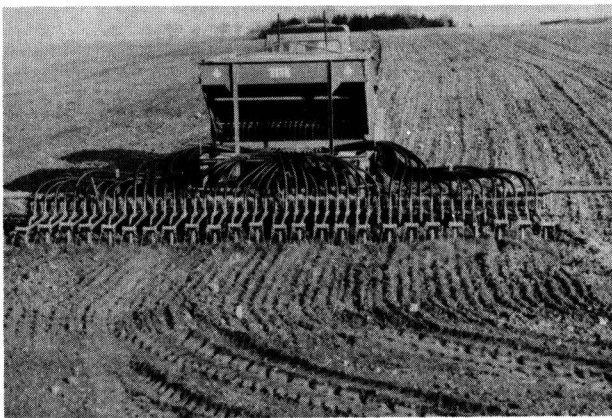


Bild 4. Sämaschine, Zuteilung durch Säräder mit nachfolgender pneumatischer Samenförderung zu den Drillscharen.

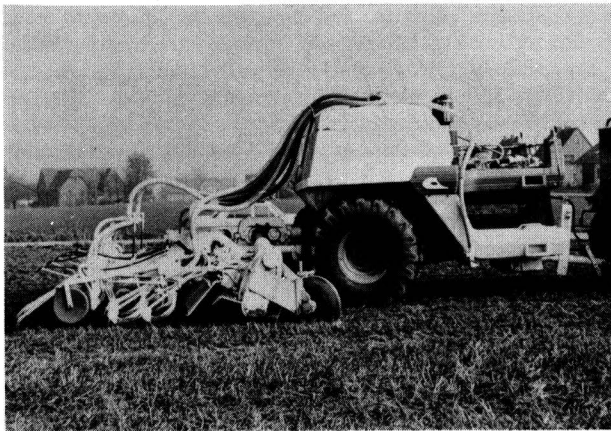


Bild 5. Prallkopfzuteilung bei einer Gerätekombination für gleichzeitiges Bodenbearbeiten, Säen, Ausbringen von Dünger und Pflanzenschutzgranulaten. Die Samen, der Dünger und die Pflanzenschutzgranulate werden pneumatisch zuteilt. Die Bodenbearbeitung besorgt eine Fräse.

1. Verfahren der pneumatischen Zuteilung

Das Zuteilen der Samen in die einzelnen luftdurchströmten Säleitungen erfolgt entweder mit Hilfe eines oder mehrerer Prallköpfe (Prallkopfzuteilung) oder durch Säräder (Säradzuteilung).

Bei der Prallkopfzuteilung werden die Samen zunächst mittels einer Zellenradschleuse in ein zentrales luftdurchströmtes Förderrohr eingespeist. Das Samen-Luft-Gemisch stößt am Ende des vertikalen Förderrohres gegen einen Prallkopf und wird in die radial am Prallkopf angeordneten Säleitungen gelenkt. Es werden entweder alle Schare einer Maschine von einem Prallkopf aus versorgt, Bild 2, oder das Samen-Luft-Gemisch wird über einen Haupt-Prallkopf mehreren Satelliten-Prallköpfen zugeführt, von denen jeder mehrere Säschare beliefert, Bild 3.

Bei der Säradzuteilung wird jede Säleitung für sich getrennt mit Hilfe eines Särades und einer darunter angeordneten Injektorschleuse beschickt. Dieses Verfahren der pneumatischen Zuteilung unterscheidet sich von der bisher üblichen Saatgutzuteilung durch Nockenräder oder Schubräder nur dadurch, daß die Samenförderung zu den Scharen nicht mehr ausschließlich durch Schwerkrafteinwirkung, sondern durch Strömungskräfte erfolgt, Bild 4. Das Zuteilungsergebnis ist bei der Säradzuteilung unabhängig davon, ob die weitere Samenförderung durch Schwerkrafteinwirkung oder auf pneumatischem Wege geschieht, sofern sichergestellt ist, daß bei der pneumatischen Förderung die Samen jedes einzelnen Särades in die zugehörige Injektorschleuse gelangen.

2. Charakteristik der Zuteilung

Die Prallkopfzuteilung und die Säradzuteilung unterscheiden sich zunächst einmal in der Verteilung des Samenstromes auf die nebeneinander angeordneten Samenausläufe. Bild 6 enthält die Zuteilung des Samenstromes auf die aufeinanderfolgenden Ausläufe in % des Mittelwertes. Bei der Säradzuteilung durch Nockenräder ist für die Abweichungen gegenüber dem Mittelwert in der Reihenfolge der Ausläufe kein eindeutiger Trend erkennbar. Die Abweichungen scheinen in zufälliger Weise aufeinander zu folgen. Bei der Prallkopfzuteilung ist das nicht der Fall. Die Abweichungen gegenüber dem Mittelwert sind bei der Prallkopfzuteilung bei nebeneinanderliegenden Ausläufen ähnlich; sie sind eindeutig von der Aufeinanderfolge der Ausläufe abhängig.

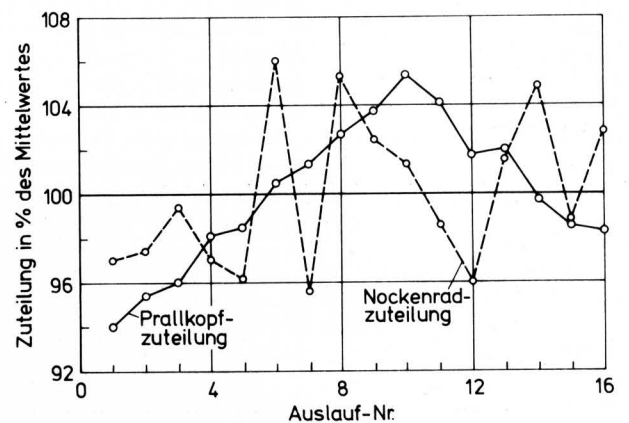


Bild 6. Zuteilung des Samenstromes auf aufeinanderfolgende Ausläufe.

In der Regel bedienen nun die aufeinanderfolgenden Ausläufe auch wiederum aufeinanderfolgende Säschare, zumal nur auf diese Weise eine übersichtliche Anordnung der Säleitungen möglich ist. Das wiederum hat bei der Prallkopfzuteilung zur Folge, daß nebeneinander angeordnete Säschare auch gleichgerichtete Abweichungen in der Zuteilung des Samenstromes aufweisen. Pflanzenbaulich betrachtet sind gleichgerichtete Abweichungen in benachbarten Säreihen sicherlich nachteiliger als Abweichungen, die in zufälliger

Weise aufeinander folgen. Bei der Prallkopfzuteilung sollte man deshalb hinsichtlich der Höhe der zulässigen Abweichungen bei der Verteilung des Samenstromes auf die Säleitungen mindestens ebenso hohe Anforderungen stellen wie bei der Säradzuteilung. Dabei ist davon auszugehen, daß bei der Zuteilung durch Säräder (Nockenräder, Schubräder) im allgemeinen für die Verteilung des Samenstromes auf die Säleitungen ein Variationskoeffizient (Standardabweichung in % des Mittelwertes) im Bereich von 2 bis 4 % erzielt wird. Demnach sollte bei der Prallkopfzuteilung der Variationskoeffizient in jedem Fall unter 4 % liegen.

3. Auswirkungen konstruktiver Maßnahmen auf die Gleichmäßigkeit der Verteilung

3.1 Einfluß eines Krümmers im Förderrohr

Eine gleichmäßige Verteilung des Samenstromes auf die Säleitungen setzt voraus, daß die Samen im Luftstrom des Förderrohres vor dem Prallkopf gleichmäßig – rotationssymmetrisch – über den Rohrquerschnitt verteilt sind. Das Erzielen einer derartigen rotationssymmetrischen Verteilung der Samen über den Rohrquerschnitt wird sehr erschwert, wenn im Förderrohr zwischen der Zellenradschleuse und dem Prallkopf ein Krümmer oder Bogenstück vorhanden ist. Die Verwendung eines Krümmers ist oft unumgänglich, wenn z.B. die Samen zunächst in ein horizontales Förderrohr eingeschleust werden und dann für die Prallkopfzuteilung in ein vertikales Förderrohr übergeleitet werden.

Ein Krümmer verursacht eine Entmischung von Feststoffen und Luft. Die Feststoffe – in diesem Falle die Samen – werden durch die auftretende Zentrifugalkraft an die Außenseite des Krümmers geschleudert; sie werden daher rotationsunsymmetrisch in das vertikale Förderrohr eingeführt.

Die **Tafel 1** zeigt, welche Variationskoeffizienten bei der Getreidezuteilung sich ergaben, wenn einerseits in ein horizontales Förderrohr eingespeist wurde und somit ein Krümmer erforderlich war – und andererseits direkt in das vertikale Förderrohr eingeschleust wurde und deshalb kein Krümmer nötig war. Die Prallkopfzuteilung mit Krümmer liefert einen beträchtlich höheren Variationskoeffizienten als die Prallkopfzuteilung ohne Krümmer. Die Versuche wurden hier in beiden Fällen ohne Einbauten im vertikalen Förderrohr – wie z.B. Blenden oder eine gewellte Rohrwand – durchgeführt. Mit Hilfe derartiger Einbauten in das vertikale Förderrohr können die Samen zur Rohrmitte zurückgeführt und somit die Variationskoeffizienten in beiden Fällen noch verringert werden [1, 2].

Getreideart	Variationskoeffizient [%]	
	mit Krümmer 1)	ohne Krümmer 2)
Weizen	21,0	6,7
Roggen	32,2	6,0
Gerste	26,1	5,3
Hafer	27,8	6,3

Tafel 1. Variationskoeffizient der Saatgutmenge bei Zuteilung über einen Prallkopf mit und ohne Krümmer im Förderrohr.

1) Einspeisung in ein horizontales Förderrohr, das über den Krümmer in das vertikale Förderrohr leitet, Krümmungsradius $R = 1,1 D$

2) Einspeisung in das vertikale Förderrohr

Förderstrecke des vertikalen Förderrohres: $L = 9,4 \div 10,0 D$
Luftgeschwindigkeit: $v_L = 25,0 \div 25,2 \text{ m/s}$

senkrechte Zellenradschleuse
Form des Prallkopfes: Kegel

3.2 Einfluß der Art der Sameneinschleusung

Bei der Prallkopfzuteilung ist weiterhin das Verfahren der Sameneinschleusung in den Luftstrom von Bedeutung; das Verfahren der Sameneinschleusung in den Luftstrom bestimmt, inwieweit schon unmittelbar nach der Einschleusung der Samen eine rotations-symmetrische Verteilung über den Rohrquerschnitt erreicht wird. Üblicherweise wird eingeschleust mit Hilfe einer senkrechten Zellenradschleuse, deren Arbeitsprinzip von den Körnergebläsen her bekannt ist. Um schon bei der Einschleusung eine rotationssymmetrische Verteilung der Samen über den Rohrquerschnitt zu erreichen, wurden in unseren Versuchen auch Samen mit Hilfe einer ringförmig um das senkrechte Förderrohr angeordneten Zellenradschleuse in den Luftstrom eingespeist. Diese Schleuse – hier als waagerechte Ringschleuse bezeichnet – leitete die Samen dem senkrechten Förderrohr von allen Seiten zu, und zwar an sechs Orten, die im Abstand von 60° über den Umfang verteilt waren [2].

Bild 7 enthält die Variationskoeffizienten für die rotationssymmetrische Einschleusung mittels der waagerechten Ringschleuse und für die einseitige Einspeisung mittels der senkrechten Zellenradschleuse in Abhängigkeit von der Förderstrecke zwischen dem Einschleusungsort und dem Prallkopf. Die Förderstrecke ist als Vielfaches des Rohrdurchmessers angegeben. Bei kurzer Förderstrecke liefert erwartungsgemäß die rotationssymmetrische Einschleusung die gleichmäßigere Zuteilung.

Ansonsten zeigt sich, daß eine lange Förderstrecke zwischen dem Ort der Einschleusung und dem Prallkopf sich positiv auf die Gleichmäßigkeit der Verteilung auswirkt, die Höhe des Variationskoeffizienten nimmt ab. Eine lange Förderstrecke gleicht sogar den Vorteil der rotationssymmetrischen Einspeisung über die einseitige Einspeisung mehr als aus. Man kann also auf die rotationssymmetrische Einspeisung verzichten, wenn die räumlichen Verhältnisse eine genügend lange Förderstrecke zulassen.

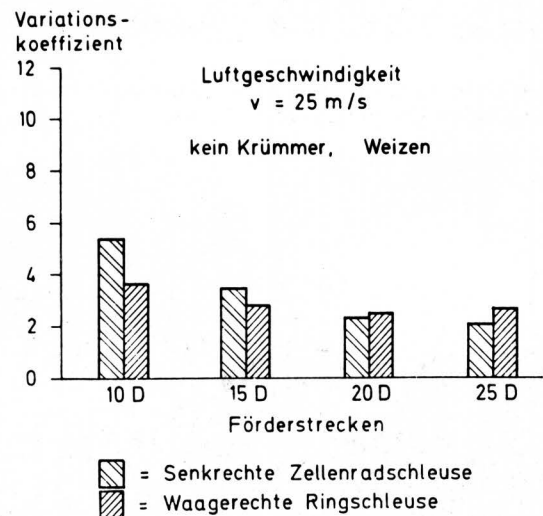


Bild 7. Variationskoeffizient der über einen Prallkopf zuteilten Saatgutmenge bei verschiedener Einschleusung und unterschiedlicher Länge der Förderstrecke, Förderung nach oben.

3.3 Form und Zahl der Prallköpfe

Auch die Form des Prallkopfes hat einen deutlichen Einfluß auf das Zuteilungsergebnis. **Bild 8** zeigt die Ergebnisse mit einigen der untersuchten Prallkopfformen [2], die jeweils oben abgebildet sind. Der übliche Prallkopf in Form eines nach unten zeigenden, paraboloiden Kegels lieferte bei Weizen und Bohnen eine hohe Zuteilgenauigkeit, erbrachte aber bei Raps vergleichsweise hohe Variationskoeffizienten. Der Prallkopf mit nach oben weisendem Profil in

Form eines gleichschenkligen Kegels führte bei Raps zu deutlich besseren Zuteilergebnissen, ist aber für Weizen völlig ungeeignet. Der einfache Prallkopf in Form einer ebenen Platte lieferte für alle drei Samenarten – die stellvertretend für die Getreidearten, Ölfruchtarten und Hülsenfruchtsamen aufgeführt sind – eine hohe Zuteilgenauigkeit. Alle Variationskoeffizienten liegen bei der Prallkopfform "Platte" deutlich unter der 4 % Grenze, die mit Rücksicht auf die Ergebnisse bei Säradzuteilung nicht überschritten werden sollte.

Bei der Prallkopffzuteilung wird entweder nur ein einziger Verteilkopf benutzt, oder es werden zunächst von einem zentralen Hauptverteilkopf aus Unterverteilköpfe – sogenannte Satellitenverteilköpfe – beschickt, von denen aus dann die Schare versorgt werden. Vergleicht man nun die Zuteilung des Samenstromes auf die Schare bei diesen beiden Systemen der Prallkopffzuteilung miteinander, so zeigt sich in der Regel, daß unter sonst gleichen Voraussetzungen die Benutzung eines einzigen Verteilkopfes eine gleichmäßigere Zuteilung ergibt als die Kombination eines Hauptverteilkopfes mit Satellitenverteilköpfen. Die Ursache hierfür ist im wesentlichen die Tatsache, daß bei der Folge Hauptverteilkopf – Satellitenverteilkopf eine unsymmetrische Samenverteilung am Prallkopf sich zweifach auswirken kann, nämlich zuerst am Hauptverteilkopf und danach nochmals am Satellitenverteilkopf. Es entsteht somit teilweise eine Addition positiver Abweichungen und ebenso teilweise eine Addition negativer Abweichungen vom Mittelwert.

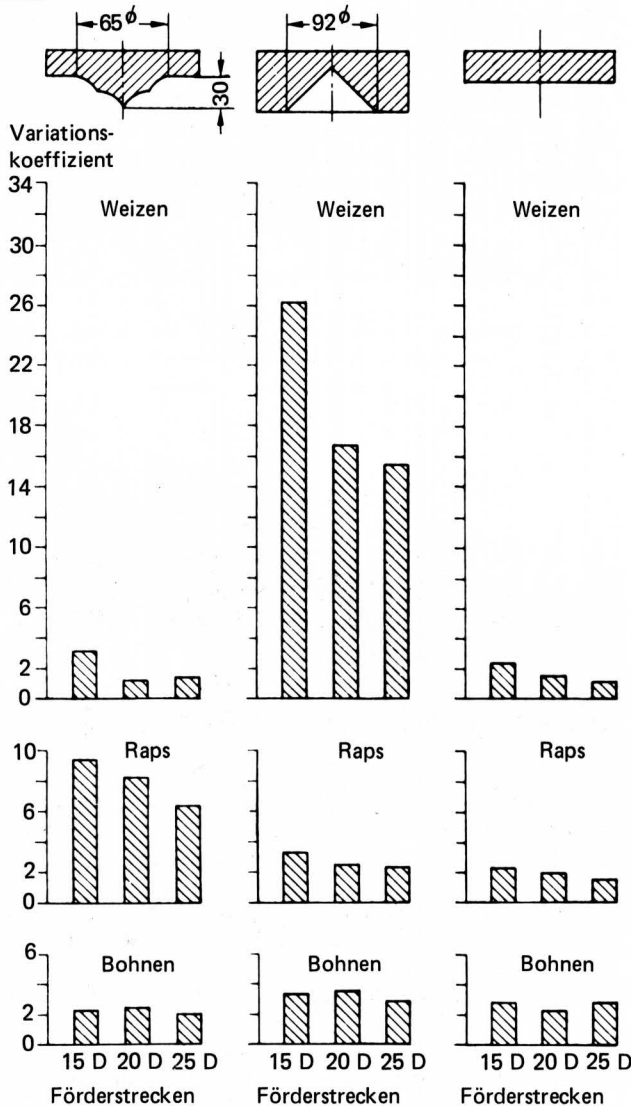


Bild 8. Variationskoeffizient der zugeteilten Saatgutmenge bei verschiedenen Prallkopfformen und Fruchtarten, Förderung nach oben.

4. Einfluß der Hangneigung

Ein sehr erheblicher Teil der Ackerfläche Mitteleuropas besteht aus Hanglagen. Bei der Bestellung von Feldern in Hanglage entsteht die Frage, ob die dabei auftretende Neigung der Bestellungsgeräte sich auf die Zuteilgenauigkeit auswirkt.

Tafel 2 zeigt, in welchem Maße sich Schräglagen bei der Nockenradzuteilung auf die Zuteilgenauigkeit auswirken. Bei waagerechter Stellung der Maschine ergibt sich ein Variationskoeffizient von 3,4 %; bei Neigung des Gerätes ändert sich der Variationskoeffizient nur sehr geringfügig, gleichgültig in welcher Richtung die Neigung erfolgt. Die hier angeführte Neigung von 15° kennzeichnet bei Hanglagen etwa die Grenze der ackerbaulichen Nutzung. Eine wesentliche Erhöhung des Variationskoeffizienten als Folge der Neigung ist nicht erkennbar.

Bei der Prallkopffzuteilung hingegen wirkt sich eine Neigung des Gerätes sehr deutlich auf die Größe des Variationskoeffizienten aus, Tafel 3. Jede Abweichung des vertikalen Förderrohres von der Senkrechtstellung hat bei der Prallkopffzuteilung zur Folge, daß die Fallbeschleunigung nicht mehr genau entgegengesetzt zur Förderrichtung auf die Samen einwirkt. Aus diesem Grunde muß jede Abweichung von der senkrechten Stellung sich störend auf die rotationssymmetrische Verteilung der Samen auswirken und den Variationskoeffizienten der Zuteilung erhöhen.

Stellung der Drillmaschine	Variationskoeffizient in %
waagrecht	3,4
15° Schräglage nach vorn	2,8
15° Schräglage nach hinten	3,9
15° Schräglage nach rechts	3,0
15° Schräglage nach links	2,8

GD 5 % nach Tukey = 0,8

Tafel 2. Auswirkung der Schräglage auf die Variationskoeffizienten der zugeteilten Saatgutmenge (Weizen) bei Zuteilung durch ein Nockenrad.

Samenart	Tausendkornmasse in g	Luftgeschwindigkeit			
		20 m/s		30 m/s	
		Abweichung von Senkrechtstellung			
		0°	15°	0°	15°
Raps	3,1	2,4	11,9	2,7	8,0
Weizen	49,4	2,3	18,4	1,8	8,1
Bohnen	313,0	2,9	33,4	2,3	12,6

kein Krümmer
Förderstrecke: L = 15 D
Form des Prallkopfes: Platte
senkrechte Zellenradschleuse

Tafel 3. Auswirkung der Schräglage auf die Variationskoeffizienten der Saatgutmenge [%] bei pneumatischer Zuteilung über einen Prallkopf.

Die Einwirkungsmöglichkeit für die Fallbeschleunigung ist dabei um so größer, je kleiner die übrigen an den Samen angreifenden Kräfte sind. Die Erhöhung des Variationskoeffizienten durch die Neigung des Gerätes steigt deshalb mit dem Tausendkorngewicht der Samen und gleichfalls mit abnehmender Luftgeschwindigkeit, Tafel 3. Eine hohe Luftgeschwindigkeit kann also dazu beitragen, die Neigungsempfindlichkeit bei der Prallkopffzuteilung zu reduzieren.

Einer Erhöhung der Luftgeschwindigkeit sind aber Grenzen gesetzt durch die Gefahr der Samenbeschädigung am Prallkopf. Luftgeschwindigkeiten bis herauf zu 30 m/s können benutzt werden; bei Luftgeschwindigkeiten über 30 m/s sind jedoch Samenbeschädigungen nach unseren Untersuchungen nicht mehr auszuschließen.

Die Neigungsempfindlichkeit bei der Prallkopfzuteilung ist geringer, wenn die Samenförderung zum Prallkopf nicht nach oben, sondern statt dessen nach unten hin erfolgt. Im ersteren Fall wirkt die Fallbeschleunigung hemmend auf die Samenförderung, im letzteren Fall dagegen unterstützt sie die Samenförderung. Bei gleicher Luftgeschwindigkeit entsteht deshalb bei der Förderung nach unten eine höhere Samengeschwindigkeit. Der Prallkopf wird schneller erreicht; als Folge ergibt sich am Hang eine geringere Samenablenkung infolge der Fallbeschleunigung zur geneigten Seite hin, **Bild 9**.

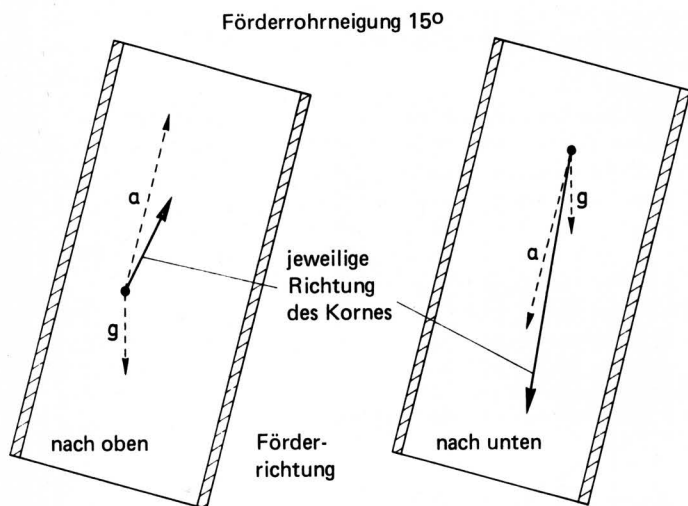


Bild 9. Vektorielle Addition der Fallbeschleunigung g und der aus den Luftkräften resultierenden Beschleunigung a bei Förderung nach unten bzw. oben.

Wenngleich in unseren Untersuchungen die geringere Neigungsempfindlichkeit bei Prallkopfzuteilung und Förderung nach unten eindeutig nachgewiesen wurde [2], so sollten andere Nachteile dieses Verfahrens nicht übersehen werden. Bei lotrecht angeordnetem Gerät führte die Förderung nach unten unter sonst gleichen Voraussetzungen zu einer ungleichmäßigeren Zuteilung als die Förderung nach oben.

Wenn auf einen Krümmer im Förderrohr zwischen der Samenschleuse und dem Prallkopf verzichtet wird, so ist die räumliche Anordnung des Prallkopfes unterhalb des Vorratsbehälters ein Problem. Es ist zu berücksichtigen, daß auch bei der Förderung nach unten wie bei der Förderung nach oben eine sehr kurze Förderstrecke zwischen der Samenschleuse und dem Prallkopf für das Zuteilungsergebnis von Nachteil ist, **Bild 7**. Bislang wird denn auch die Förderung nach unten für Prallköpfe, die direkt von einer Samenschleuse aus beschickt werden, nicht benutzt. Sie ist aber hinsichtlich der räumlichen Anordnung gut möglich bei Satellitenverteilköpfen, die von einem zentralen Hauptverteilkopf aus versorgt werden, **Bild 3**. Leider ist hierbei die Beschickung der einzelnen Satellitenverteilköpfe nur über einen Krümmer möglich, dessen nachteiliger Einfluß auf das Zuteilungsergebnis bereits behandelt wurde.

5. Körnerfolge am Ende der Säleitung

Neben der Verteilung des Samenstromes auf die Säleitungen ist von Belang, in welcher Folge die einzelnen Samen am Ende einer Säleitung angeliefert werden. Eine Körnerfolge mit gleichbleibenden Samenabständen — also eine Einzelkornablage — würde den pflanzenbaulichen Zielen am ehesten entsprechen. Von diesem Ziel sind wir bei den derzeitigen Drillmaschinen weit entfernt. Vielmehr konnten wir nachweisen, daß die Wahrscheinlichkeitsdichte der Abstände entlang der Saatreihe von Drillmaschinen sowohl bei der Zuteilung durch Säräder als auch bei pneumatischer Zuteilung einer statistischen Verteilung — nämlich einer Exponentialverteilung — folgt [1, 3]. Die Gleichung für diese Exponentialverteilung und die entsprechenden Dichtekurven für mittlere Kornabstände von 1 cm, 2 cm und 4 cm sind in **Bild 10** enthalten. Die Dichtekurven zeigen, daß die Kornabstände über einen weiten Bereich variieren. Eine Häufung von Samenabständen im Bereich des jeweiligen eingestellten mittleren Samenabstandes (1 cm, 2 cm, 4 cm) ist nicht festzustellen. Von einer gezielten Samenablage auf Abstand kann demnach auch nicht andeutungsweise die Rede sein. Es sollte eine zukünftige Aufgabe der agrartechnischen Forschung sein, hier für Abhilfe zu sorgen. Inwieweit dabei die pneumatische Förderung dem Verfahrenstechniker noch helfen kann, wird die Zukunft lehren müssen.

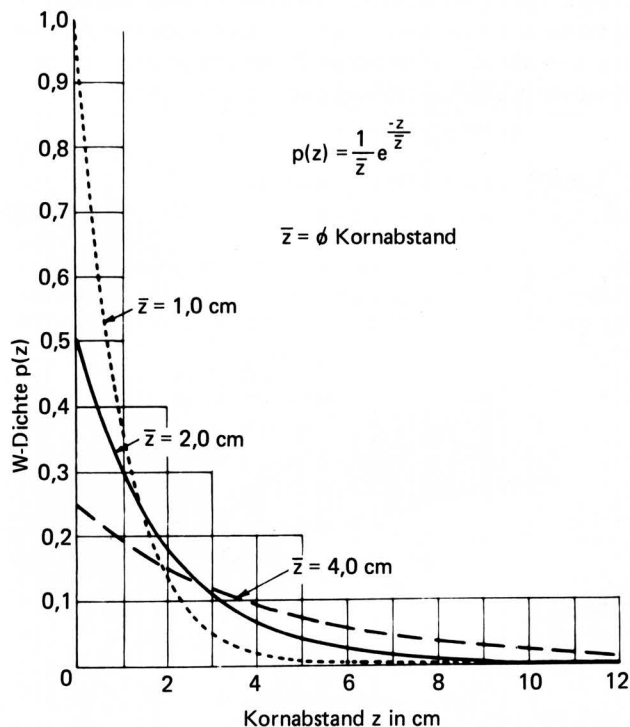


Bild 10. Wahrscheinlichkeitsdichte der Samenabstände entlang der Drillreihe.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] •Mahlstedt, J.: Pneumatische Saatguterteilung bei Sämaschinen für die Getreidebreitsaat. KTBL-Berichte über Landtechnik 145, Hiltrup, 1972.
- [2] Zähres, W.: Untersuchungen zur pneumatischen Saatguterteilung. Dissertation Universität Bonn, 1974.
- [3] •Heege, H.J.: Die Gleichstand-, Drill- und Breitsaat des Getreides unter besonderer Berücksichtigung der flächenmäßigen Kornverteilung. KTBL-Berichte über Landtechnik 112, München-Wolfratshausen, 1967.
- [4] •Heege, H.J.: Getreidebestellung. Bodenbearbeitung, Sätechnik, Kombination von Arbeitsgängen. Frankfurt/M: DLG-Verlag, 1973.