

# Untersuchung über die Beziehung zwischen Saatgutabmessungen und Einzelkorn erfassung bei pneumatischen Maissäegeräten

Von Werner Stieger und Wolfgang Brinkmann, Bonn\*)

DK 631.331:633.15:633.004.12:631.331.85

Erfolgreicher Maisanbau setzt einen gleichmäßigen Bestand von Einzelpflanzen voraus, der mechanisch nur durch gut arbeitende Einzelkornsäegeräte zu erreichen ist. Gegenüber den mechanischen Zellenradsäegeräten haben die pneumatischen Einzelkornsäegeräte den Vorteil, daß die Arbeitsgüte weniger von der Form und Größe des Maiskorns abhängig ist. Mit Hilfe einer neuen Versuchsmethode, bei der das Saatgut wiederverwendet werden kann, wurden umfangreiche Laboruntersuchungen an pneumatischen Maissäegeräten durchgeführt, um die Beziehungen zwischen den Saatgutabmessungen und der Einzelkorn erfassung zu klären.

## 1. Einleitung

Die Schwierigkeiten bei der Aussaat mit mechanischen Zellenradgeräten können durch die Einführung einer Saatgutklassierung [1] wohl verringert, aber aus den verschiedensten Gründen nicht vollends beseitigt werden. Dies führte zur Suche nach anderen Säsystemen, die – unabhängig von der Kornfraktion – eine genaue Einzelkorn erfassung und höhere Arbeitsleistung gewährleisten sollten. Pneumatische Säsysteme, die mit Saug- oder Druckluft arbeiten, gewannen daraufhin auch in der Bundesrepublik Deutschland zunehmende Bedeutung.

Während bei den mechanischen Zellenradgeräten eine möglichst genaue Anpassung von Zellen- und Kornabmessungen erforderlich ist, sind die Korn erfassungsorgane pneumatischer Säegeräte sowohl mit kleinen Saugbohrungen wie auch mit größeren Schöpfzellen vom Funktionsprinzip her in der Lage, ohne Wechsel des Säorgans Samen verschiedener Korngröße und Kornform einzeln zu erfassen. Werte für die Einzelkorn erfassung von über 95 % werden mittlerweile erreicht [2, 3]. Ferner sind mit pneumatischen Einzelkornsäegeräten grundsätzlich auch höhere Fahrgeschwindigkeiten bis zu 8 km/h ohne entscheidende Verschlechterung der Ablagequalität möglich [2, 4]. Nicht nur die maximale Arbeitsgeschwindigkeit, auch die Ablagequalität mechanischer Zellenradgeräte wird mit diesen pneumatischen Geräten eindeutig übertroffen [5, 6].

Wie die bisherigen Untersuchungen zeigen, können zwar verschiedene Fraktionen oder auch unklassiertes Saatgut ohne Wechsel des Säorgans gesät werden, doch traten bezüglich der Ablagegenauigkeit zwischen den einzelnen Fraktionen und auch zwischen den einzelnen Geräten zum Teil erhebliche Unterschiede auf [4, 7]. Als Ursache wird vor allem das Problem der Einzelung zu viel angesaugter beziehungsweise geschöpfter Körner angeführt. Bei flachen Kornformen ist die Einzelung deutlich schwieriger als bei runden Körnern [3, 7]. Als Folge davon wurden bei Fraktionen flacher Körner zum Teil zu viele Doppelstellen im Pflanzenbestand festgestellt [4].

\*) Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Brinkmann ist Direktor des Instituts für Landtechnik der Universität Bonn. Dr. Werner Stieger ist wissenschaftlicher Assistent am gleichen Institut.

Die bisherigen zum Teil widersprüchlichen Untersuchungsergebnisse gaben berechtigten Anlaß, in einer grundlegenden im Labor durchgeführten Untersuchung mit zur Zeit auf dem deutschen Markt angebotenen pneumatischen Säsystemen festzustellen, inwieweit die Einzelkorn erfassung – die Grundvoraussetzung für eine genaue Einzelkornsaat – von den Eigenschaften der Saatgutfraktion beeinflußt wird. Darüber hinaus ist ebenfalls von praktischer Bedeutung, ob auch die Fahrgeschwindigkeit einen Einfluß auf die Einzelkorn erfassung hat und schließlich, welche Folgerungen aus technischer Sicht für die Aufbereitung des Saatgutes bei Verwendung pneumatischer Einzelkornsäegeräte zu ziehen sind. Über die Ergebnisse einer solchen Untersuchung soll nachstehend berichtet werden.

## 2. Versuchsmethode

Bei den gegenwärtig auf dem deutschen Markt angebotenen pneumatischen Einzelkornsäegeräten lassen sich vier verschiedene Systeme der Einzelkorn erfassung unterscheiden. Je ein typisches Sägerät der laufenden Produktion 1973 wurde in die Untersuchung einbezogen. Da an anderer Stelle diese Geräte ausführlich beschrieben sind [4, 8], seien nachstehend nur kurz die charakteristischen Unterscheidungsmerkmale aufgeführt:

- Gerät I: Druckluftgerät; Lochrad mit trichterförmigen Bohrungen oder Schöpfzellen auf dem Umfang; Einzelung durch Druckluft.
- Gerät II: Saugluftgerät; vertikaler Lochring kombiniert mit Kammerrad; feststehende, elastische, versetzt angeordnete Abstreiffinger.
- Gerät III: Saugluftgerät; vertikale doppelreihige Lochscheibe mit Flügelrad; feststehendes Abstreifflech.
- Gerät IV: Saugluftgerät; vertikale Lochscheibe; manuell verstellbarer Abstreifer.

Die einzelnen Säorgane haben verschiedene Lochkreisdurchmesser und unterschiedliche Abstände der Ansaugbohrungen bzw. Schöpfzellen. Daher sind auch bei gleichen Kornabständen und gleichen Fahrgeschwindigkeiten  $v_f$  die Umfangsgeschwindigkeiten  $v_u$  der Säorgane recht verschieden.

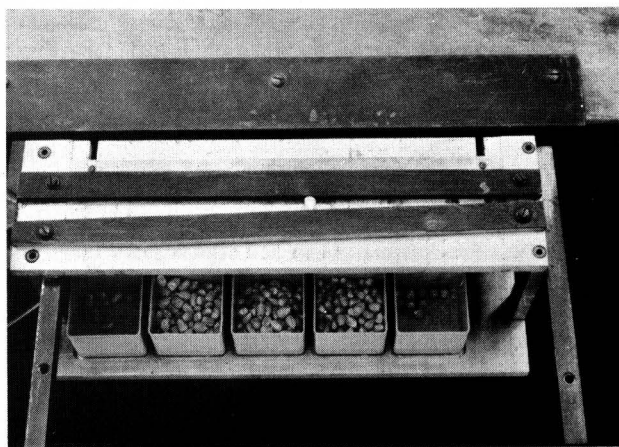
Die nachfolgend wiedergegebenen Ergebnisse wurden jeweils bei dem für das Gerät in der Betriebsanleitung vorgeschriebenen Betriebsluftdruck gewonnen bei fünf verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten im Bereich  $v_f = 3 \div 12,6$  km/h mit einer Einstellung, die einem Kornabstand von 12,5 cm entspricht.

Im einzelnen war der Einfluß, den die Kornabmessungen, wie Korndicke, Kornbreite und Kornlänge, das Korngewicht, die Kornform und die Schärfe der Klassierung bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten ausüben, quantitativ zu erfassen. Das Saatgut für diese Untersuchungen mußte auf einer in eigener Werkstatt gefertigten speziellen Laborsiebmaschine, **Bild 1**, mit Rundloch- und Schlitzlochsieben in Fraktionen bekannter Kornbreiten ( $\emptyset$ ) und Korndicken ( $\neq$ ) aufbereitet werden. Eine Klassierung nach der Kornlänge erfolgte mit einem Handauslesegerät, **Bild 2**.

Als Beurteilungskriterien wurden die Anzahl der Doppel- und Fehlbelegungen benutzt. Es wird vorgeschlagen, nicht mehr — wie bisher — den Wert von 10 % als obere Grenze für die Doppel- und Fehlbelegungen anzusehen, sondern die Grenze auf je 5 % zu senken, da mittlerweile sowohl die pneumatischen wie auch die mechanischen Geräte dazu in der Lage sind. Das heißt, daß im ungünstigsten Falle (je 5 % Doppel- und Fehlbelegungen) 90 % der Körner einzeln erfaßt und ausgebracht sind. Der Anteil der einzeln erfaßten Körner, die "Einzelkorn erfassung" gilt als ein weiteres Beurteilungskriterium.



**Bild 1.** Laborsiebmaschine zum Aufbereiten des Saatgutes in Klassen bestimmter Kornbreiten ( $\emptyset$ ) und Korndicken ( $\neq$ ).

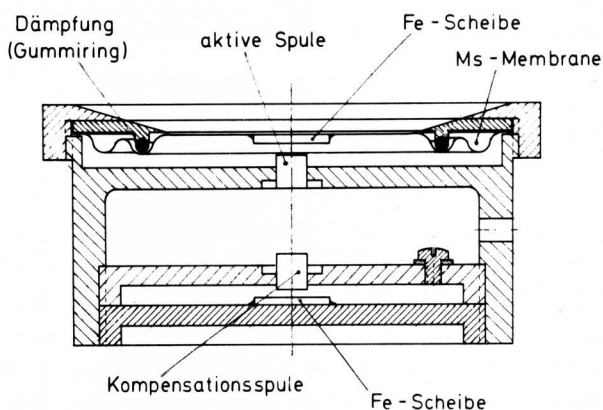


**Bild 2.** Laborgerät zum Klassieren von Körnern nach der Kornlänge.

Die zum Teil aufwendige Aufbereitung des Saatgutes in eine Vielzahl von Fraktionen und die Notwendigkeit von Wiederholungen stellten an die Prüfmethode die Forderung der Wiederverwendbarkeit der hergestellten Fraktionen. Außerdem wurde durch die Verwendung derselben Körner bei allen Wiederholungen und allen Geräten der Versuchsfehler eingengt und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erhöht.

Die Forderung der Wiederverwendbarkeit kann erfüllt werden, indem die vom Gerät ausgebrachten Körner nicht auf einen Leim-

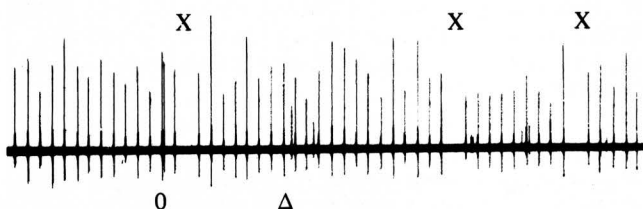
streifen, sondern auf die Aufprallplatte eines Induktivebers fallen, **Bild 3**. Über einen Trägerfrequenzverstärker können so die Impulse der aufprallenden Körner auf einem Oszillogramm geschrieben und unmittelbar ausgewertet werden.



**Bild 3.** Aufbau des induktiven Gebers für die elektronische Aufnahme der Kornfolgen.

Während Fehlstellen sich durch einen größeren Impulsabstand, X in **Bild 4**, abbilden, sind Doppelbelegungen, 0 in **Bild 4**, nicht immer eindeutig zu bestimmen. Auf der Aufprallfläche des Induktivebers umklappende flache Körner können ebenfalls zwei nahe beieinander liegende Impulse abgeben,  $\Delta$  in **Bild 4**. Ist die Kornszahl bekannt, die der Zahl der jeweils abgelaufenen Löcher des Säorgans entspricht, so läßt sich die Zahl der Doppelbelegungen auch aus der Gesamtzahl der Körner, der Zahl der Fehlbelegungen und der Kornszahl errechnen:

$$\text{Zahl der Doppelbelegungen} = \text{Gesamtkornzahl} + \text{Zahl der Fehlbelegungen} - \text{Kornszahl}$$



**Bild 4.** Oszillogramm einer Kornfolge.

- 0 Doppelimpuls von einer Doppelbelegung
- $\Delta$  Doppelimpuls durch Umfallen eines Kornes
- X Kein Impuls; Fehlbelegung

Für die Ermittlung der Gesamtkornzahl wurde eine Ein- und Abschaltvorrichtung, **Bild 5**, entwickelt, die es erlaubt, nur diejenigen Körner einer bestimmten einstellbaren Lochzahl, die der Kornszahl entspricht, nach Aufprall auf den Induktiveber aufzufangen, um sie anschließend zählen zu können. Zum nachträglichen Zählen der Körner wurde ein Teileförderer, **Bild 6**, eingesetzt, der mit zwei Schüttelrinnen und einer dazwischen liegenden Fallstufe die Körner einzeln ausrichtet und anschließend mit Hilfe einer Lichtschranke zählt. Der Anteil der Einzelkorn erfassung (EKF) schließlich wird mit der folgenden Beziehung gewonnen:

$$\text{EKF [\%]} = \frac{\text{Kornszahl} - \text{Zahl der Doppel- und Fehlbelegungen}}{\text{Kornszahl}} \times 100$$

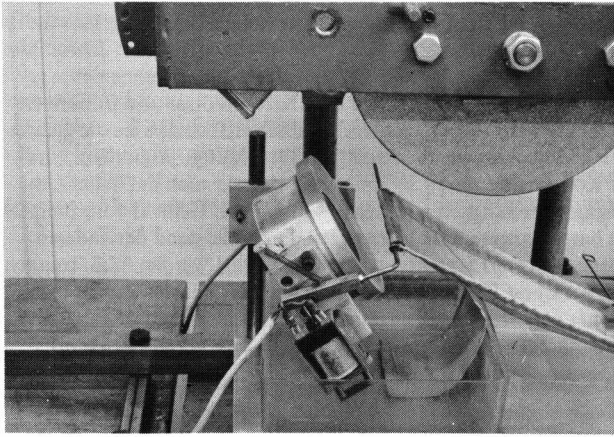


Bild 5. Induktiver Geber und Auffangvorrichtung für die Körner.

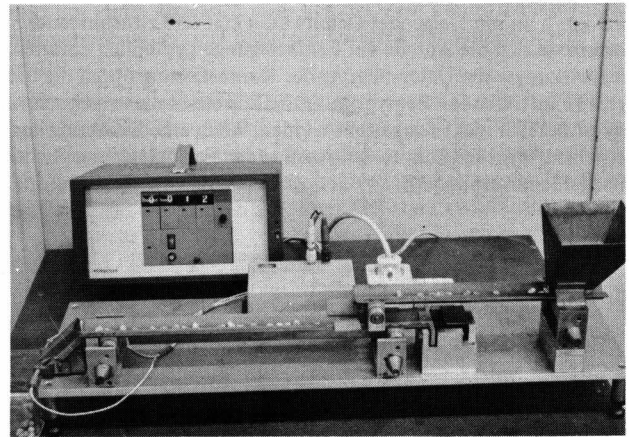


Bild 6. Körnerzählgerät.

### 3. Versuchsergebnisse

Von den drei genannten Kornabmessungen – Korndicke, Kornbreite, Kornlänge – beeinflusst die Korndicke stark die Einzelkornfassung der untersuchten pneumatischen Säegeräte: Mit zunehmender Korndicke nehmen die Anteile an Doppelbelegungen ab.

Vor allem das mit Druckluft arbeitende Gerät I zeigt mit der zu Beginn der Untersuchungen vorliegenden Ausführung der Schöpfzellen bei Körnern geringer Korndicke ( $\neq 4 \div 5$  mm) hohe Anteile an Doppelbelegungen, **Tafel 1**, während mit dicken Körnern ( $\neq 7 \div 8$  mm) fast keine Doppelbelegungen auftraten. Augenschein-

lich sind die Abmessungen der Schöpfzellen für die Körner geringer Korndicke zu groß und das Herausblasen mit Druckluft der überschüssigen Körner wird mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit immer schlechter, da immer weniger Zeit zur Verfügung steht. So ist es zu verstehen, daß in **Bild 7** die Körner geringerer Dicke ( $\neq 4 \div 5$  mm) mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit geringere Anteile der Einzelkornfassung zeigen, während dickere Körner ( $\neq 7 \div 8$  mm) eine fast gleichmäßige Einzelkornfassung bei zunehmender Geschwindigkeit aufweisen. Im weiteren Verlauf der Untersuchungen zeigte es sich, daß durch Abänderung der Schöpfzellen die Abhängigkeit von der Korndicke bei diesem Gerät weitgehend eingeschränkt werden konnte, s.u. **Tafel 3**.

Bei den Saugluftgeräten (II, III, IV) konnte zum Teil nur in der ersten Geschwindigkeitsstufe ( $v_f = 3,0 \div 4,6$  km/h) ein gesicherter Einfluß der Korndicke festgestellt werden, der bei Gerät II bzw. III sich in bis zu 7 % Doppelbelegungen zeigt. Mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit verbessert sich der Einzelnungseffekt der Abstreiforgane, so daß keine Abhängigkeit der Einzelkornfassung von der Korndicke mehr auftrat. Die sich in der dritten Geschwindigkeitsstufe ( $v_f = 7,5 \div 8,1$  km/h) an zeigenden Unterschiede in der Einzelkornfassung zwischen den Saatgutfraktionen beruhen auf einem indirekten Einfluß der Korndicke: mit zunehmender Korndicke steigt auch die Kornmasse, die in diesem Geschwindigkeitsbereich die Einzelkornfassung der Saugluftgeräte recht unterschiedlich beeinflusst (s.u.).

Ein Einfluß der Kornbreite und der Kornlänge konnte nur bei Gerät I festgestellt werden – hier traten bei zunehmender Kornbreite bzw. Kornlänge geringere Anteile an Doppelbelegungen auf –, während diese beiden Kornabmessungen bei den Saugluftgeräten wiederum nur über die veränderte Kornmasse die Einzelkornfassung beeinflussten. Während die Kornmasse die Einzelkornfassung bei dem mit Schöpfzellen und Druckluft arbeitenden Gerät I nicht beeinflusst, ist die Sicherheit der Kornfassung bei den Saugluftgeräten mit zunehmender Kornmasse stärker gefährdet, wenn die Umfangsgeschwindigkeit des Säorgans einen Grenzbereich von 0,5 m/s übersteigt und keine zusätzliche wirkungsvolle Unterstützung der Kornfassung erfolgt.

	Kornbreite mm $\emptyset$	Korndicke mm $\neq$	D		F		D		F		D		F	
			D	F	D	F	D	F	D	F	D	F		
Gerät I	7 ÷ 8	4 ÷ 5	7,6	—	16,2	—	30,5	—	53,3	0,1	53,1	2,1		
	8 ÷ 9	4 ÷ 5	6,0	—	14,4	—	22,9	—	32,8	0,2	32,5	1,0		
	8 ÷ 9	7 ÷ 8	—	0,1	0,2	0,1	1,3	0,9	1,8	1,0	2,1	1,4		
	9 ÷ 10	7 ÷ 8	0,2	0,6	0,5	0,2	0,6	0,5	1,2	1,2	1,1	3,1		
			$v_u$ (m/s)	0,2		0,35		0,5		0,65		0,8		
		$v_f$ (km/h)	3,0		5,4		7,8		10,2		12,6			
Gerät II	7 ÷ 8	4 ÷ 5	4,6	0,6	4,0	0,8	2,0	2,3	1,4	9,0	0,8	16,7		
	8 ÷ 9	4 ÷ 5	6,9	0,9	3,7	1,0	1,5	3,3	1,2	11,0	1,3	22,1		
	8 ÷ 9	7 ÷ 8	1,0	0,4	1,0	1,8	1,3	7,7	1,3	21,9	1,2	52,1		
	9 ÷ 10	7 ÷ 8	0,7	1,1	0,6	3,6	0,7	12,4	0,9	36,4	0,9	74,1		
			$v_u$ (m/s)	0,2		0,35		0,5		0,65		0,8		
		$v_f$ (km/h)	3,0		5,2		7,5		9,7		12,0			
Gerät III	7 ÷ 8	4 ÷ 5	3,9	0,2	4,0	0,3	4,0	0,7	10,2	1,0	46,8	1,1		
	8 ÷ 9	4 ÷ 5	4,8	—	4,4	—	4,6	1,0	11,1	1,0	40,4	1,1		
	8 ÷ 9	7 ÷ 8	2,1	0,2	2,3	0,5	2,1	1,8	4,8	1,5	13,5	1,4		
	9 ÷ 10	7 ÷ 8	1,9	—	1,5	0,4	2,0	0,6	2,2	1,0	8,3	1,5		
			$v_u$ (m/s)	0,35		0,5		0,65		0,8		1,0		
		$v_f$ (km/h)	4,1		5,8		7,6		9,4		11,7			
Gerät IV	7 ÷ 8	4 ÷ 5	0,5	0,2	0,7	0,2	0,5	0,5	0,4	0,9	0,6	1,1		
	8 ÷ 9	4 ÷ 5	0,8	—	0,6	0,1	0,7	0,2	0,7	0,6	0,8	1,0		
	8 ÷ 9	7 ÷ 8	0,2	0,2	0,7	0,2	0,4	0,5	0,2	1,6	0,3	3,8		
	9 ÷ 10	7 ÷ 8	0,6	0,2	0,1	0,6	0,2	2,4	0,2	3,2	0,3	6,5		
			$v_u$ (m/s)	0,2		0,275		0,350		0,425		0,5		
		$v_f$ (km/h)	4,6		6,3		8,1		9,8		11,5			

Tafel 1. Relative Anteile [%] der Doppel- (D) und Fehlbelegungen (F) bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten  $v_f$  bzw. Umfangsgeschwindigkeiten des Säorgans  $v_u$  für Kornklassen mit unterschiedlicher Kornbreite ( $\emptyset$ ) und Korndicke ( $\neq$ ).



Die Ergebnisse des Gerätes II in Bild 8 zeigen deutlich, daß von etwa 8 km/h an mit steigender Geschwindigkeit und zunehmender Kornmasse sich die Anteile der Fehlbelegungen erheblich erhöhen. Eine wirkungsvolle Unterstützung der Kornerfassung durch die bei Gerät II auftretenden Zentrifugalkräfte konnte in diesem Geschwindigkeitsbereich nicht festgestellt werden. Auch eine Erhöhung des Betriebsluftdruckes konnte den Anstieg der Fehlbelegungen nicht entscheidend vermindern.

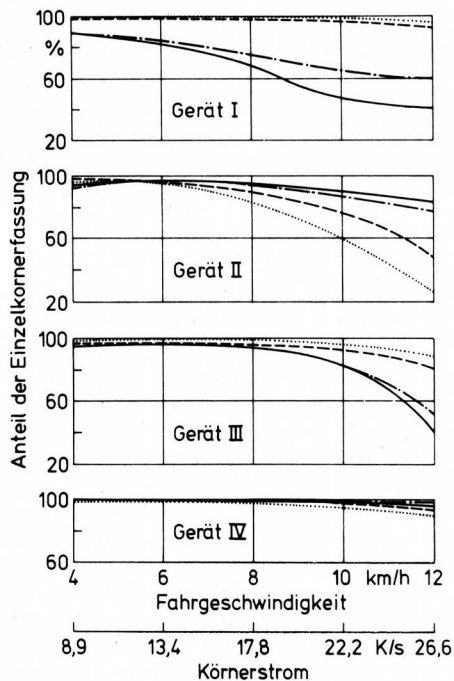


Bild 7. Einfluß der Fahrgeschwindigkeit (bzw. Kornzahl je Sekunde [K/s]) auf die Einzelkornerfassung (EKF) bei Fraktionen unterschiedlicher Kornbreite ( $\phi$ ) und Korndicke ( $\neq$ ).

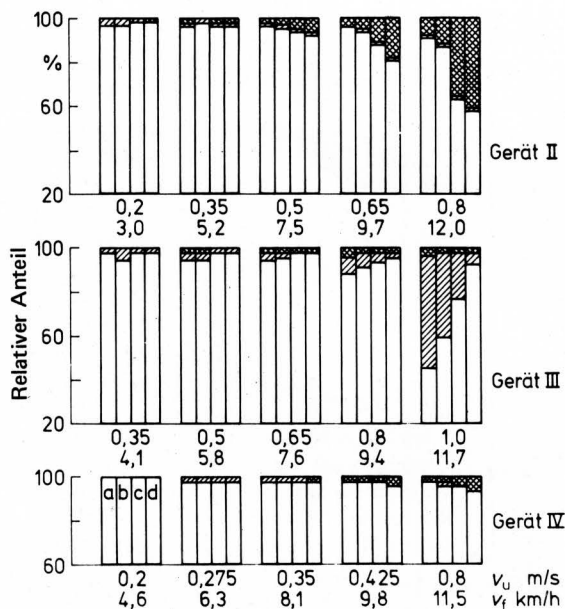


Bild 8. Relative Anteile der Einzelkornerfassung (□), der Doppelbelegung (▨) und der Fehlbelegung (▩) bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten  $v_f$  bzw. Umfangsgeschwindigkeiten  $v_u$  für Klassen unterschiedlicher Kornmasse (a = 263 g, b = 314 g, c = 345 g u. d = 375 g je 1000 Körner).

Dagegen zeigte das Gerät III aufgrund der wirkungsvollen Unterstützung durch das Flügelrad auch bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten (bis 1 m/s, entsprechend 11,7 km/h) und großer Kornmasse eine sichere Kornerfassung. Die einzelnen Flügel trennen eine gewisse Anzahl von Körnern aus dem Saatgutvorrat und fördern sie mechanisch einen kurzen Streckenabschnitt, so daß sie die gleiche Geschwindigkeit wie die Ansauglöcher erhalten. Außerdem wird die Kornerfassungszeit so verlängert, daß sie auch bei hoher Umfangsgeschwindigkeit ausreicht. Während bei Gerät II zum Beispiel ein bereits angesaugtes Korn gegen den Widerstand der anderen Körner aus dem Saatgutvorrat herausgeführt werden muß, trennen sich bei Gerät III die wenigen zwischen den Flügeln umlaufenden Körner von den bereits angesaugten und fallen in den Saatgutvorrat zurück. Die Kornerfassung wird also wesentlich erleichtert.

Die Kornmasse beeinflusst dagegen bei Gerät III erheblich die Anteile an Doppelbelegungen bei hoher Umfangsgeschwindigkeit ( $v_u = 0,8 \div 1,0$  m/s) der Lochscheibe. Da die Lochscheibe 18 Ansaugbohrungen hat, entsprechen diese Umfangsgeschwindigkeiten bei einem Kornabstand von 12,5 cm Fahrgeschwindigkeiten von 9,4 bzw. 11,7 km/h. Dabei fallen die vom feststehenden Abstreifer abgewiesenen überzähligen Körner nicht alle wieder in den Saatgutvorrat zurück, sondern werden offensichtlich zum Teil im Luftsoog der Flügel mitgerissen und zur Ablagestelle geführt. Dies führt bei Fraktionen mit geringer Kornmasse in diesem Geschwindigkeitsbereich zu hohen Anteilen an Doppel- bzw. Mehrfachbelegungen.

Bei Gerät IV traten dagegen nur unbedeutende Abhängigkeiten von der Kornmasse auf, da die Lochscheibe 32 Ansaugbohrungen besitzt und daher insgesamt geringere Umfangsgeschwindigkeiten bei gleicher Fahrgeschwindigkeit aufweist.

Der Einfluß der Kornform, die in den letzten Jahren im Zusammenhang mit pneumatischen Sägeräten im Mittelpunkt der Diskussion stand, stimmt zwangsläufig mit dem Einfluß der Kornabmessung überein. Die Kornform wird weitgehend durch die absolute Größe der einzelnen Kornabmessungen und das Verhältnis der Kornabmessungen zueinander bestimmt. Bei flachen Körnern ist das Verhältnis von Kornlänge zu Kornbreite zu Korndicke grundsätzlich weit und die Korndicke gering, während bei runden Körnern mit zunehmender Dicke das Verhältnis der Kornabmessungen zueinander immer enger wird. Flache Kornformen erschweren daher aufgrund der geringen Korndicke zum Teil die Korneinzelung. Ein Einfluß spezieller Formunterschiede – etwa der Kornoberflächenstruktur oder der Art der Ausbildung der Kornspitze – konnte dagegen nicht festgestellt werden.

Von den untersuchten Kornmerkmalen können also nur zwei als bedeutsame Einflußfaktoren für die Einzelkornerfassung der pneumatischen Maiseinzelkornsägerate angesehen werden:

Die Korndicke kann die Korneinzelung, das Korngewicht die Kornerfassung beeinflussen.

Im Hinblick auf die Maisklassierung war die Frage zu beantworten, ob die Klassenbreite der Klassierung einen zusätzlichen Einfluß auf die Einzelkornerfassung hat und welche Werte der Einzelkornerfassung mit sehr breiten Kornklassen bis in den Bereich unklassierten Saatgutes erreicht werden. Bei den Untersuchungen zeigte sich, **Tafel 2**, daß mit zunehmender Klassenbreite sich die Einzelkornerfassung zum Teil verbesserte – Gerät I aufgrund des zunehmenden Anteils dickerer Körner in der Kornklasse – zum Teil verschlechterte – Gerät II aufgrund der zunehmenden Kornmasse –, zum Teil zeigten sich auch keine Auswirkungen, Gerät IV. Es konnte aber nachgewiesen werden, daß die aufgetretenen Veränderungen in der Einzelkornerfassung nicht auf einen zusätzlichen Einfluß der Klassenbreite zurückzuführen sind.

Dazu wurde zunächst die Einzelkornerfassung für engbegrenzte Kornklassen ermittelt. Anschließend wurden diese engen Klassen zusammengemischt und die Einzelkornerfassung dieser "Mischklassen" mit dem Mittelwert der Einzelkornerfassung bei den eng begrenzten Kornklassen verglichen. Es zeigte sich, daß die Differenzen (s. **Tafel 2** Klammerwerte) im Bereich des Versuchsfehlers liegen und unbedeutend sind, das heißt, daß eine weniger enge Klassierung bei den untersuchten pneumatischen Sägeräten weder

eine wirkliche Verbesserung noch eine Verschlechterung der Einzelkornfassung bewirkt. Mischt man beispielsweise Proben der in Bild 7 aufgeführten eng begrenzten Kornklassen  $\emptyset 7 \div 8$  mm,  $\neq 4 \div 5$  mm und  $\emptyset 9 \div 10$  mm,  $\neq 7 \div 8$  mm, die bei Gerät III zum Beispiel bei 12 km/h eine extrem gute (ca. 90 %) bzw. extrem schlechte (ca. 40 %) Einzelkornfassung ergeben, so verbessert sich die Einzelkornfassung gegenüber der Klasse der flachen Körner in gleichem Maße, wie sie sich gegenüber der Klasse der dicken Körner verschlechtert und man erreicht eine Einzelkornfassung

von etwa 65 %, das heißt, eine Erweiterung der Kornklassen bewirkt nur einen Ausgleich zwischen den zum Teil auftretenden extrem guten bzw. extrem schlechten Werten der Einzelkornfassung.

Andererseits erreichten alle Geräte auch mit einer sehr breiten Kornklasse, zum Beispiel  $\emptyset 6 \div 11$  mm,  $\neq 3 \div 9$  mm, Tafel 2, eine hohe Einzelkornfassung, die im Fahrgeschwindigkeitsbereich bis 8 km/h noch weit über 90 % lag, bei weiterer Steigerung der Fahrgeschwindigkeit sich dann aber zum Teil stark verschlechterte.

	Kornbreite mm $\emptyset$	Korndicke mm $\neq$					
Gerät I	8 ÷ 9	4 ÷ 5	94,6	86,0	75,4	63,6	52,8
	8 ÷ 9	4 ÷ 8	98,1 (+0,4)	95,0 (+0,2)	88,9 (-0,5)	80,4 (-1,0)	73,3 (-2,1)
	9 ÷ 10	4 ÷ 5	93,8	90,4	80,4	73,3	67,9
	9 ÷ 10	4 ÷ 8	97,5 (+0,2)	94,8 (-0,3)	91,9 (+1,1)	88,3 (+1,0)	87,2 (+1,6)
	6 ÷ 11	3 ÷ 9	98,1	95,0	92,4	86,7	84,7
	$v_u$ (m/s)		0,2	0,35	0,5	0,65	0,8
$v_f$ (km/h)		3,0	5,4	7,8	10,2	12,6	
Gerät II	8 ÷ 9	4 ÷ 5	94,4	95,4	95,6	91,2	83,8
	8 ÷ 9	4 ÷ 8	97,3 (+0,7)	97,6 (+0,7)	96,0 (+0,4)	92,5 (+2,2)	76,5 (-2,2)
	9 ÷ 10	4 ÷ 5	93,5	94,1	90,9	86,8	69,4
	9 ÷ 10	4 ÷ 8	95,9 (-0,5)	95,6 (+0,2)	91,8 (+1,4)	81,8 (+1,7)	57,7 (-1,4)
	6 ÷ 11	3 ÷ 9	96,4	96,8	94,4	83,8	59,9
	$v_u$ (m/s)		0,2	0,35	0,5	0,65	0,8
$v_f$ (km/h)		3,0	5,2	7,5	9,7	12,0	
Gerät III	8 ÷ 9	4 ÷ 5	95,4	96,8	96,8	92,9	66,6
	8 ÷ 9	4 ÷ 8	98,3 (+1,3)	98,8 (+1,1)	97,6 (+1,1)	93,7 (+1,0)	74,8 (+6,4)
	9 ÷ 10	4 ÷ 5	92,5	93,7	92,1	87,4	70,6
	9 ÷ 10	4 ÷ 8	98,2 (+1,5)	98,3 (+1,5)	97,5 (+1,7)	93,7 (+0,7)	86,9 (+5,1)
	6 ÷ 11	3 ÷ 9	98,1	98,2	97,3	94,8	78,4
	$v_u$ (m/s)		0,35	0,5	0,65	0,8	1,0
$v_f$ (km/h)		4,1	5,8	7,6	9,4	11,7	
Gerät IV	8 ÷ 9	4 ÷ 5	99,4	99,3	99,0	98,5	98,2
	8 ÷ 9	4 ÷ 8	99,4 (-0,1)	99,2 ( $\pm 0$ )	98,8 (-0,3)	98,7 (-0,1)	98,7 (+0,3)
	9 ÷ 10	4 ÷ 5	99,0	99,0	98,9	98,6	98,0
	9 ÷ 10	4 ÷ 8	99,1 (-0,2)	99,4 (+0,3)	98,2 (-0,2)	98,1 (+0,3)	97,0 (+0,6)
	6 ÷ 11	3 ÷ 9	98,3	98,1	98,2	97,5	96,8
	$v_u$ (m/s)		0,200	0,275	0,350	0,425	0,500
$v_f$ (km/h)		4,6	6,3	8,1	9,8	11,5	

Tafel 2. Relative Anteile [%] der Einzelkornfassung für unterschiedlich eng begrenzte Kornklassen (in Klammern Differenz zwischen den Mischfraktionen und dem Mittelwert der eng klassierten Fraktionen).

#### 4. Folgerungen für Konstruktion und praktischen Einsatz

Mit den pneumatischen Systemen der Einzelkornfassung ist grundsätzlich eine hohe Funktionssicherheit zu erreichen. Selbst eine Einzelkornfassung von über 25 Körnern je Sekunde ist mit diesen Systemen zu verwirklichen, das heißt von der Einzelkornfassung her erscheinen Fahrgeschwindigkeiten von 12 km/h möglich. In den Versuchen zeigte sich jedoch, daß hier je nach Gerät und Klassierung des Saatguts Einschränkungen zu machen sind.

Diese Einschränkungen gelten zunächst vor allem für das mit Druckluft arbeitende Gerät I bei den Klassen der flachen Körner. Die Verwandtschaft mit mechanischen Zellenradsägeräten wird deutlich in der Abhängigkeit der Einzelkornfassung von allen drei Kornabmessungen. Dies ist nicht überraschend, da das Gerät I im Grunde ein Zellenradsäger mit übergroßen Zellen ist, wobei die Korneinzelnung durch Druckluft erfolgt. Die Zellen erwiesen sich aber, wie die Versuchsergebnisse zeigten, für kleine Körner

als zu groß, so daß zu viele Doppelbelegungen auftraten. Durch Verkleinerung der trichterförmigen Zellen und Veränderung der Trichtermündung ist es inzwischen offensichtlich gelungen, eine Zellengröße zu finden, die das gesamte Spektrum der Korngrößen einzufangen vermag, so daß auch die festgestellten Abhängigkeiten von den Kornabmessungen erheblich eingeschränkt wurden. Mit der für die alte Zellengröße problematischen Korndicke von  $4 \div 5$  mm wird mit der neuen Zelle eine hohe Einzelkornfassung (noch über 95 % Einzelkornfassung bei 10 km/h) erreicht, **Tafel 3.** Bei großkörnigen Fraktionen mit einer Korndicke von  $7 \div 8$  mm zum Beispiel machte sich die Verkleinerung der Zellen allerdings negativ bemerkbar. Es ist aber auch bei diesen Korngrößen erst bei Fahrgeschwindigkeiten über 8 km/h mit einer deutlichen Verschlechterung der Einzelkornfassung aufgrund der Zunahme an Fehlbelegungen zu rechnen. Das Problem der Korneinzelnung vor allem bei flachen Körnern scheint damit auch bei diesem Gerät gelöst zu sein.

Die verschiedenen Systeme der Korneinzelnung bei den Saugluftgeräten erwiesen sich, abgesehen von einer geringen Abhängigkeit von der Korndicke bei niedrigerer Umfangsgeschwindigkeit des Säorgans, als sehr funktionssicher; eine Zunahme der Fahrgeschwindigkeit (mindestens  $5 \div 6$  km/h) vergrößert den Einzelungseffekt. Das manuell auf jede Kornklasse einstellbare Abstreifsystem bietet die Möglichkeit, die Korneinzelnung zum Teil um  $2 \div 3$  % gegenüber den feststehenden Abstreifsystemen zu verbessern. Die dazu aber notwendige optimale Einstellung ist im Spielraum eng begrenzt und vor allem unter praktischen Einsatzbedingungen nicht leicht zu finden, so daß in der Regel dieser Vorteil nicht genutzt werden kann und damit keine wesentlichen Unterschiede in der Funktionssicherheit der einzelnen Abstreifsysteme zu erwarten sind.

Kornbreite mm Ø	Korndicke mm ≠					
7 ÷ 9	4 ÷ 5	98,9 (+6,1)	98,3 (+12,1)	97,4 (+23,3)	96,8 (+36,6)	96,8 (+41,7)
8 ÷ 10	7 ÷ 8	99,2 (-0,5)	99,1 (-0,1)	98,4 (-0,4)	91,3 (-7,2)	85,9 (-11,7)
$v_u$ (m/s)		0,2	0,35	0,5	0,65	0,8
$v_f$ (km/h)		3,0	5,4	7,8	10,2	12,6

Tafel 3. Relative Anteile [%] der Einzelkornfassung mit verkleinerten Zellen (Gerät I) und Fraktionen extremer Korndicke (Differenz zur Einzelkornfassung der alten Zellen in Klammern).

Eine sichere Kornerfassung ist zunächst einmal von einem ungehemmten Saatgutnachlauf abhängig. Vor allem unsachgemäße Beizung führte vereinzelt zu Schwierigkeiten. Die Kornerfassung selbst erwies sich bei dem Druckluftgerät grundsätzlich als unproblematisch. Die Sicherheit der Kornerfassung der Saugluftgeräte ist vom Betriebsluftdruck und von der Kornmasse abhängig, wenn die Umfangsgeschwindigkeit des Säorgans 0,5 m/s erreicht und übersteigt und keine wirkungsvolle Unterstützung der Kornerfassung (zum Beispiel Flügelrad Gerät III) erfolgt. Bei niedriger Fahrgeschwindigkeit ( $4 \div 6$  km/h) haben Schwankungen des Betriebsluftdruckes von  $\pm 20$  mbar – vorausgesetzt ein Mindestdruck, der je nach Gerät bei  $39 \div 59$  mbar liegt, wird nicht unterschritten – und unterschiedliche Kornmasse nur geringen Einfluß auf die Einzelkornfassung.

Die pneumatischen Systeme erreichen, wie angeführt, auch bei Fahrgeschwindigkeiten von 12 km/h zum Teil noch eine Einzelkornfassung von über 90 %. Aber damit ist nicht gleichzeitig eine genaue Einzelkornablage verbunden, da vor allem ein Streuen beim Auswurf aus dem Gerät und Verrollen im Boden zu Abweichungen von dem vorgegebenen Abstand führen. Verschiedene Einflußfaktoren, wie Umfangsgeschwindigkeit des Säorgans, Kornabgabe, Fallhöhe, Art der Bedeckungsorgane und nicht zuletzt das Kornmaterial selbst, müssen so aufeinander abgestimmt werden, daß die durch das Säorgan einzeln ausgeworfenen Körner auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten (über 8 km/h) in gewünschtem Abstand im Boden plaziert werden. Dies ist bisher nicht der Fall, so

daß eine Fahrgeschwindigkeit von  $7 \div 8$  km/h als obere Grenze für eine zufriedenstellende Einzelkornablage anzusehen ist. Bis zu dieser Grenze ist von den pneumatischen Systemen in der augenblicklichen Konzeption, unabhängig von der Saatgutklassierung, allgemein eine hohe Ablagegenauigkeit zu erwarten. Mit dem pneumatischen System der Einzelkornfassung scheinen aber Möglichkeiten zu weiterer Entwicklung gegeben.

Im Zusammenhang mit pneumatischen Maiseinzelkornsägeräten wurde in den letzten Jahren von der Möglichkeit zu einer Erweiterung der Kornklassen oder Aufhebung der Klassierung gesprochen. Richtig ist, daß die pneumatischen Geräte in der Lage sind, auch ein breites Spektrum von Korngrößen bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 8 km/h zufriedenstellend zu erfassen. Es erwies sich aber in den Untersuchungen, daß die Breite der Kornklasse keinen zusätzlichen Einfluß auf die Einzelkornfassung hat, das heißt, von einer weniger engen Klassierung ist keine wirkliche Verbesserung der Einzelkornfassung zu erwarten, sondern nur ein Ausgleich der bei enger Klassierung zum Teil auftretenden Extremwerte.

Aus den Untersuchungsergebnissen ist somit die Erkenntnis zu ziehen, daß eine Erweiterung der Kornklassen oder Aufhebung der Saatgutklassierung für die Einzelkornfassung der pneumatischen Sägeräte keine Vorteile bringt. Da aber das Klassieren den inneren und äußeren Saatgutwert entscheidend verbessert hat [9], besteht keinerlei Veranlassung diesen Vorteil wieder aufzugeben, zumal auch vorhandene mechanisch arbeitende Sägeräte weiterhin mit klassiertem Saatgut versorgt werden müssen.

## Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [ 1 ] *Brinkmann, W.*: Saatverfahren im Maisanbau. Vortragsreihe der 25. Hochschultagung der Landw. Fakultät der Universität Bonn, 1971.
- [ 2 ] *Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft*: DLG-Prüfberichte für Maiseinzelkornsägeräte; Nr. 2150, 2125 und 2127, 1972.
- [ 3 ] *Meijer, E.N.C.*: Pneumatische maiszaaisystemen zijn weinig gevoelig voor de zaadfractionering. Landbouwmeechanisatie Bd. 23 (1972) Nr. 1, S. 75/79.
- [ 4 ] *Frisen, H.W., W. Stieger u. W. Brinkmann*: Pneumatische Maissägeräte in der Erprobung. Landtechnik Bd. 29 (1974) H. 3, S. 110/15.
- [ 5 ] *Bolöni, I. u. J. Maykuth*: Vergleichsprüfung mechanischer und pneumatischer Einzelkornsägeräte im Maisbau. Mezögazdasági Gépesítési Tanulmányok, Nr. 7, 1968.
- [ 6 ] *Frisen, H.W.*: Erfahrung mit Spezial-Maissägeräten. Landtechnik Bd. 28 (1973) H. 3, S. 73/78.
- [ 7 ] *Dimschovski, P.*: Einfluß der Form und des Gewichts der Maissamen auf die Aussaatgenauigkeit der pneumatischen Drillmaschine SPC-6. Selskostopanska tehnika, Farm machinery 8 (1971) H. 6, S. 37/43.
- [ 8 ] *Stieger, W.*: Einzelkornfassung pneumatischer Maiseinzelkornsägeräte. Diss. Bonn 1974.
- [ 9 ] *Seitz, E.*: Kornform und Saatgutwert von Mais. Mais 3. Jg. (1975) Nr. 1, S. 22/23.