Blätter für Landtechnik

April 1974 73

Separatdruck aus FAT-Mitteilungen Nr. 6/74
in der «Schweizer Landtechnik» Nr. 6/74
herausgegeben von der Eidg. Forschungsanstalt für
Betriebswirtschaft und Landtechnik CH 8355 Tänikon

Vergleichsprüfung von pneumatischen Einzelkornsämaschinen

E. Irla

1. Einleitung

Ausser den bereits bewährten Einzelkornsägeräten mit mechanischem Säsystem werden seit einigen Jahren auch pneumatische Einzelkornsämaschinen angeboten. Einige Maschinen wurden bereits durch ausländische Institute einzeln geprüft und je nach Fabrikat für die Maissaat bzw. für Mais- und Rübensaat als geeignet erklärt. Die Resultate sind aufgrund des praktischen Einsatzes kaum vergleichbar, da die Maschinen in verschiedenen Jahren, das heisst bei unterschiedlichen Boden- und Klimabedingungen geprüft wurden. Zudem fehlte ein Vergleich der einzelnen Fabrikate zu Geräten mit mechanischem Säsystem. Ferner soll es möglich sein, mit diesen Maschinen bei höherer Geschwindigkeit zu fahren und dabei eine gute Ablagegenauigkeit zu erreichen. Da Mais und zum Teil auch Rüben oft auf Endabstand gesät werden, ist eine exakte Samenablage von grösster Bedeutung. Deshalb entschlossen wir uns, für die in der Schweiz angebotenen pneumatischen Einzelkornsämaschinen eine Vergleichsprüfung durchzuführen. Die zur Verfügung gestellten Maschinen Becker, Hassia (Exaktamat), Nodet und Ribouleau wurden am Prüfstand und im praktischen Einsatz bei Maissaat (die Fabrikate Nodet und Ribouleau auch bei Rübensaat) untersucht. Die Fabrikate Becker, Hassia und Nodet wurden zudem bei Maissaat mit Reihendüngerstreuer für Unterfussdüngung überprüft. Als Vergleichsmaschine diente die Hassia-Exakta mit mechanischem Säsystem.

2. Beschreibung der Maschinen

2.1 Bauart und Arbeitsweise

Die Maschinen bestehen im wesentlichen aus einer Werkzeugschiene mit seitlich verschiebbarem Dreipunkt-Anbau (Kategorie I und II), Gebläse, Sägeräten und zwei luftbereiften Laufrädern. Die Sägeräte sind mittels höhenbeweglichem Parallelogramm und Klammern an der Werkzeugschiene befestigt. Der Antrieb der Sägeräte erfolgt zentral über beide Laufräder, mit Ausnahme von Hassia (ein Rad). Das Gebläse wird von der Traktorzapfwelle angetrieben. Die Sätiefe kann durch verschiedene Einstellungen der Druckrolle und Zustreicher je nach Fabrikat stufenweise bzw. -los reguliert werden. Im Hinblick auf die Bauart und Arbeitsweise des Säorganes unterscheidet man folgende zwei Säsysteme:

- Ueberdrucksystem: Ueberdruckgebläse, Düse, Zellenrad und Auswerfer
- Unterdrucksystem: Unterdruckgebläse, Säkammerrad bzw. Säscheibe mit Abstreifer.

Das **Ueberdruck-Säsystem** findet sich bei Becker (Abb. 1). Das Saatgut gelangt nach dem Oeffnen des

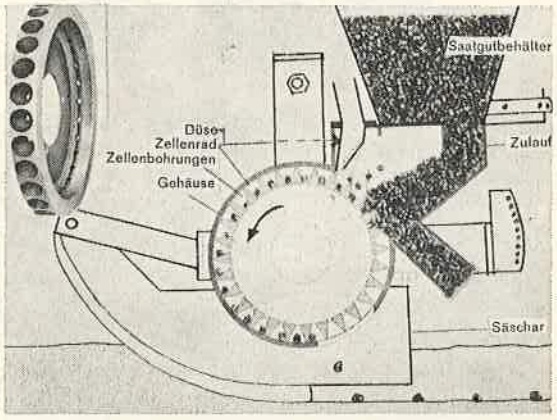

Abb. 1: Bauart und Arbeitsweise des Sägerätes mit Ueberdrucksäsystem (Becker-Aeromat), links oben Zellenrad.

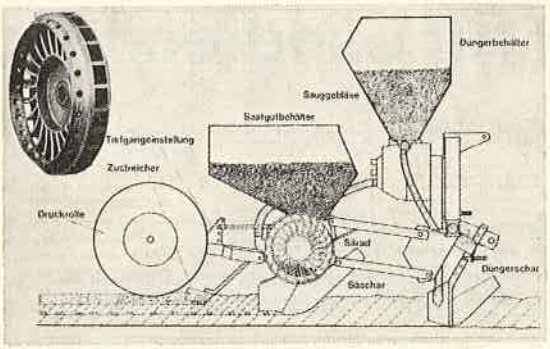

Abb. 2: Bauart und Arbeitsweise des Sägerätes mit Unterdrucksäsystem, Säkammerrad, vorne Reihendüngerstreuer (Hassia-Exaktamat).

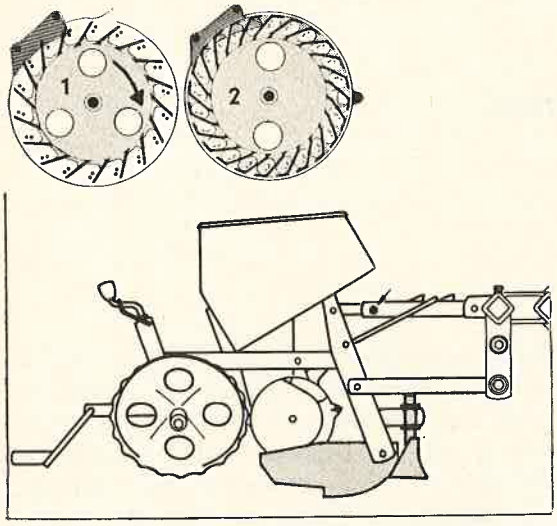

Abb. 3: Schema des Maissägerätes mit Unterdrucksäsystem (Ribouleau-Monosem)
1) Maissäscheibe – doppelte Löcher
2) Rübensäscheibe – dreifache Löcher

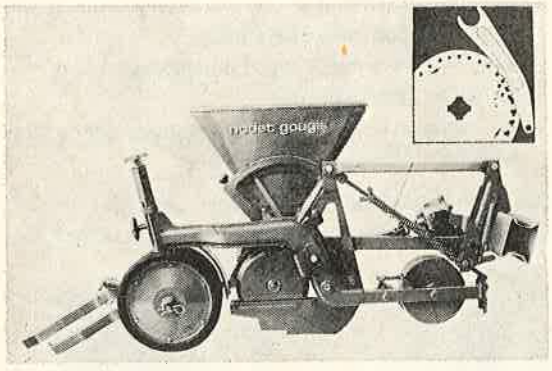

Abb. 4: Einzelkornsägerät mit Ausrüstung für Rübensaat, oben rechts Rübensäscheibe mit einstellbarem Abstreifer (Nodet-Pneumasem).

Zulaufschiebers in die Füllkammer. Das senkrecht eingebaute Zellenrad aus Metall mit trichterförmigen Zellenbohrungen wird mit dem Saatgut gefüllt. Die gefüllten Zellen werden dann unter einer Luftdruck-Düse herangeführt. Die aus der Düse in die Zelle strömende Druckluft soll ein Korn in der Zelle festhalten, während die überzähligen Körner in die Füllkammer zurückgeblasen werden. Das Korn wird anschliessend vom Auswerfer aus der Zelle gehoben und zu der Auswurföffnung geführt, wo es aus geringer Fallhöhe in die Saatfurche fällt.

Das **Unterdruck-Säsystem** findet sich bei Hassia-Exaktamat, Nodet und Ribouleau. Jedes Sägerät besitzt ein senkrechtes Säorgan (Särad bzw. Säscheibe), welches in einem Gussgehäuse untergebracht ist. In einem Teil des Gussgehäuses befindet sich ein Saugschlitz bzw. eine Saugkammer, welche durch eine Saugleitung mit dem Unterdruckgebläse verbunden ist. Die Körner werden dadurch an die Löcher des rotierenden Säorganes angesaugt und nach oben zur Abgabestelle geführt. Da an dieser Stelle kein Unterdruck mehr herrscht, wird das Korn über ein Leitblech dem Kammerrad übergeben (Hassia, Abb. 2), oder fällt in die Kammer des Särades, welches mit der Lochscheibe verbunden ist (Ribouleau, Abb. 3). Durch die Abwärtsbewegung des Särades wird das Korn zur Auswurfstelle geführt, wo es anschliessend in die Saatfurche fällt. Bei Nodet (Abb. 4) wird der Unterdruck erst im unteren Teil der Säscheibe unterbrochen und das Korn fällt direkt in die Saatfurche. Um die Mehrfachbesetzungen der Ansauglöcher zu verhindern, ist jedes Säorgan mit einer Abstreifvorrichtung ausgerüstet. Bei Nodet kann der Abstreifer stufenlos eingestellt werden. Zur Kontrolle der Lochbesetzung ist zirka ein Viertel der Säscheibe sichtbar.
Die Maschinen Nodet und Ribouleau sind zudem für die Aussaat von pilliertem und unpilliertem Rübensamen bestimmt. Es werden nur die Säscheiben und Säschare ausgewechselt und zusätzlich eine Druckwalze montiert.

2.2 Technische Daten

Die in der Tabelle 1 aufgeführten technischen Daten beziehen sich grundsätzlich auf die vierreihige Ausführung für Maissaat. Ausserdem finden sich bei den Maschinen Hassia-Exakta, Nodet und Ribouleau einige Angaben für die Rübensaat.

3. Untersuchungsverlauf und Ergebnisse

Auf dem Prüfstand wurden die Ablagegenauigkeit in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit, des Samenabstandes bzw. der Düngermenge sowie die Kornbeschädigung ermittelt. Der praktische Einsatz bezweckte die Ueberprüfung der Arbeitsqualität, Flächenleistung, Störungsanfälligkeit und des Feldaufganges sowie des Leistungsbedarfes.

3.1 Prüfstandsmessungen

Die **Ablagegenauigkeit** bei der **Maissaat** wurde auf einem 15 m langen Sandstreifen bei zwei verschiedenen Samenabständen und drei Fahrgeschwindigkeiten überprüft. Als Saatgut für die pneumatischen Einzelkornsämaschinen diente die Maissorte Orla 266 (Mischung der meist verkauften Kaliber 1, 4L und 6L). Bei der mechanisch arbeitenden Einzelkornsämaschine Hassia-Exakta, die als Vergleich diente, wurde die Sorte Orla 230 (Kaliber 6L) verwendet. Um das Abrollen der Körner zu reduzieren, wurde bei den

Tabelle 1: Einzelkornsämaschinen und Reihendüngerstreuer (technische Daten)

Marke, Typ	HASSIA EXAKTA	BECKER AEROMAT «S»	HASSIA EXAKTAMAT	NODET PNEUMASEM II	RIBOULEAU MONOSEM P-C
Anmelder-Firma	VOLG Winterthur ZH	Müller Bättwil SO	VOLG Winterthur ZH	H. WYSS Romanel VD	BOVET Villars VD
Einzelkornsämaschinen					
Eignung: M=Mais, R=Rüben	M, R	M	M	M, R	M, R
Abmessungen in Transportstellung: Länge/Breite/Höhe [cm]	140/275/154	192/295/205	162/298/147	180/298/152	165/298/160
Werkzeugschienenlänge [cm]	275	290	298	295	296
Arbeitsbreite: Reihenzahl / Reihenweite von ..... bis ..... [cm]	4-5/42-80	4/55-85	4/55-82	4-5/42-85	4-5/45-80
Gewicht: * mit Reihendüngerstreuer [kg]	367	740*	587*	684*	535
Behälterinhalt pro Sägerät [l]	13	24	24	18	21
Säorgan: S=Säscheibe, Z=Zellenrad, K=Säkammerrad/Löcherzahl Ø der Säscheibe bzw. des Särades [cm]	Z/27[1]) 54[2]) 16,0	Z/24 24,5	K/24 26,8	S/22[1]) + 27,3[2]) + 48 21,8	S/K 18[1]), 24[2]) 24,5
Gebläse: U=Unter-, Ue=Überdruckgebläse/Anschlussreihen max.	–	Ue/4	U/4	U/8	U/8
Fallhöhe: bei Mais-/Rübensaat [cm]	6,5 / 6,5	7,0/–	13,5/–	11,0/9,0	13,0/9,0
Antrieb des Säorganes: E=Einzel-, D=Doppelrad/Bereifung [Zoll]	E/4,00-16	D/6,5-15	E/4,50-16	D/5,00-15	D/5,00-15
Druckrolle: E=einteilig, Z=zweiteilig / Ø / Breite [cm]	E/26,0/6,5	Z/42,0/16,5	Z/40,0/16,0	Z/32,0/10,5[3])	Z/40,0/12,0[4])
Kornabstand-Einstellung über: (.....) G=(.....) stufiges Getriebe, K=Kettenräder	(6) G	K	K	(12) G/K	(10) G/K
Maissaat: von ..... bis ..... (Grundausführung) [cm]	10,0-23,0	10,5-23,0	10,0-28,5	10,5-30,3	10,5-24,5
Sätiefe – Einstellung über Druckrolle: s=stufenweise, l=stufenlos	s	s	s	l	l
Preis (1973): vierreihig für Maissaat [Fr.]	4615.–	7710.–	7075.–	6890.–	6100.–
fünfreihig für Mais/Rübensaat [Fr.]	5535.–	–	–	8660.–	8500.–
Reihendüngerstreuer	[5])				[6])
Streuorgan: E=Schnecke, R=Rillenwelle, S=Schubrad		E	S	R	
Schartyp: S=Säbel-, Sr=Scheibenschar		S	S	Sr	
Streuschläuche aus: G=Gummi, K=Kunststoff		K	K	G	
Behälterinhalt pro Reihe [l]		67	66	53	
Ausbringmenge-Regulierung: K=Kettenräder, S=Schieber, H=Hebel, stufenlos		K	H	S	
Preis (1973): vierreihige Ausführung [Fr.]		1844.–	1845.–	2950.–	2000.–

[1]) für Mais, [2]) für Rüben, [3]) mit Gummireifen, [4]) mit gezahntem Rand, [5]) Reihendüngerstreuer gleich wie bei Hassia-Exaktamat, [6]) Reihendüngerstreuer wurde nicht geprüft.

Messungen feuchter Sand mit einer Schichthöhe von zirka 4 cm verwendet. An jedem Sägerät wurden die Zustreicher angehoben, damit die in die Saatfurche abgelegten Körner sichtbar blieben. Die Kornabstände wurden jeweils nach jeder Durchfahrt auf einer Strecke von 10 m ermittelt (Abb. 5). Nach dem Zusammenlesen der Körner konnte die Kornbeschädigung bestimmt werden. Die Durchschnittsergebnisse aus mehreren Messungen sind für die einzelnen Fabrikate tabellarisch und zum Teil graphisch (Dreisäulendiagramm) dargestellt.

Die Ablagegenauigkeit bei den Prüfstandmessungen sowie die Pflanzenverteilung bei den Feldversuchen wurde auf ähnliche Weise wie im Ausland beurteilt. Als Doppelablage bzw. -stellen wurden Abstände unter dem halben Sollabstand und als Fehlstellen Abstände über dem anderthalbfachen Sollabstand angenommen. Als **Mindestanforderungen** für die Ab-

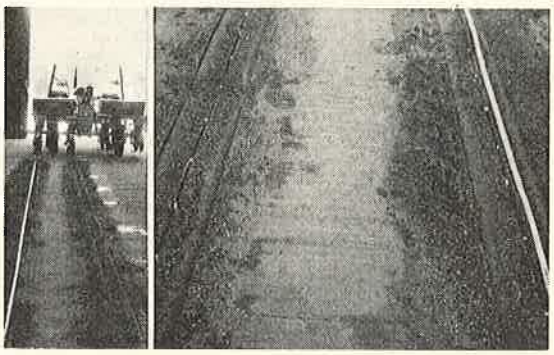

Abb. 5: Prüfung der Ablagegenauigkeit bei der Maissaat (Sandstreifenversuche), rechts Detailaufnahme.

Tabelle 2: Sandstreifenversuche: Ablagegenauigkeit (Verteilung der Kornabstände) bei Maissaat in Abhängigkeit der Kornsollabstände und Fahrgeschwindigkeiten (Zapfwellendrehzahl: 540 U/min)

Fahrgeschwindigkeit (km/h)	HASSIA EXAKTA			BECKER AEROMAT «S»			HASSIA EXAKTAMAT			NODET PNEUMASEM II			RIBOULEAU MONOSEM PNEUMATIC		
	% Anteil der Kornabstände in Abstandsgruppen, bezogen auf Sollabstand														
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	19,0*			19,0*			17,3*			17,7*			18,5*		
3,5	8,5	83,1	8,4	–		–		–	–	–	–	–	–	–	–
5,0	6,6	83,0	10,4	3,7	92,6	3,7	6,5	91,8	1,7	5,6	93,9	0,5	3,8	96,2	–
7,0	3,3	78,0	18,7	5,4	93,7	0,9	5,8	90,0	4,2	4,9	93,4	1,7	1,9	98,1	–
10,0	–	–	–	11,0	84,4	4,6	8,0	83,6	8,4	11,2	83,6	5,2	9,1	87,1	3,8
	12,0*			12,5*			13,6*			14,1*			13,5*		
3,5	5,1	79,7	15,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,0	8,5	75,8	15,7	6,8	91,3	1,9	5,2	92,1	2,7	2,6	94,7	2,7	3,4	96,0	0,6
7,0	10,7	72,5	16,8	8,4	91,0	0,6	7,6	87,0	5,4	4,7	92,6	2,7	10,9	87,6	1,5
10,0	–	–	–	19,9	74,9	5,2	10,4	79,1	10,5	10,6	82,1	7,3	12,2	80,5	7,3

1 = Abstandsgruppe bis 0,5 fach
2 = Abstandsgruppe 0,5 bis 1,5 fach
3 = Abstandsgruppe 1,5 bis 2,5 fach
} des Sollabstandes

* Kornsollabstand in cm.

Zum Beispiel sind bei einem Kornsollabstand von 19 cm in der Abstandsgruppe bis 0,5 fach die Kornabstände von 0 bis 9 cm zusammengefasst; in der Gruppe 0,5 bis 1,5 fach die Kornabstände von 9 bis 28 cm usw.

Abb. 6 (a, b, c, d, e): Ablagegenauigkeit bei Maissaat, Sandstreifenversuche. Verteilung der Kornabstände bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten.

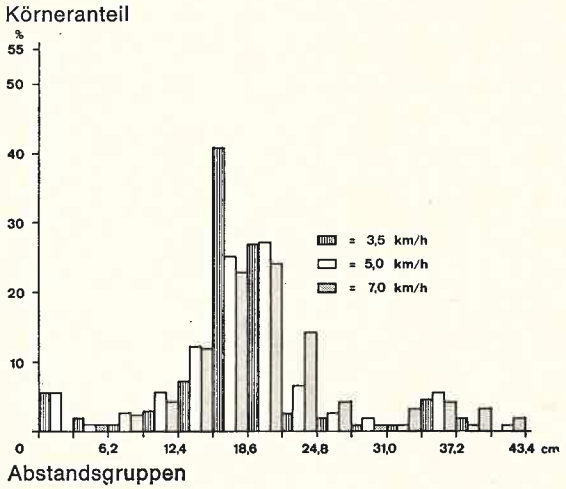

Abb. 6a: Hassia-Exakta, Kornsollabstand 19,0 cm.

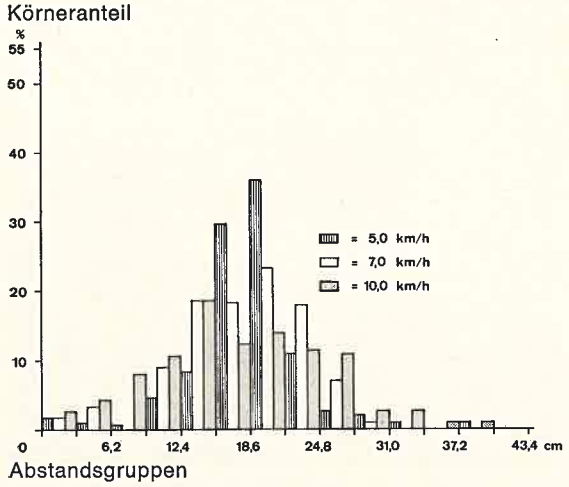

Abb. 6b: Becker-Aeromat, Kornsollabstand 19,0 cm.

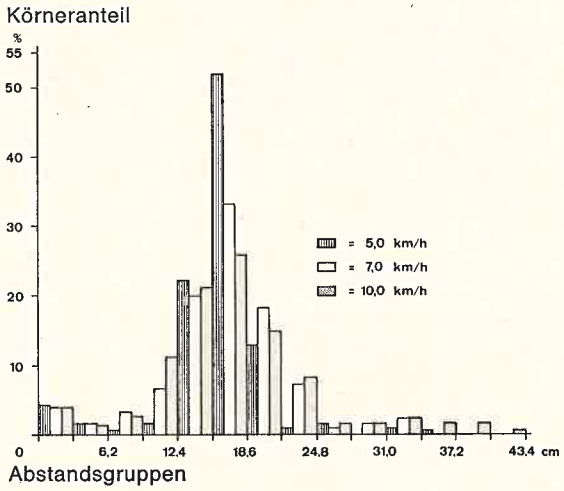

Abb. 6c: Hassia-Exaktamat, Kornsollabstand 17,3 cm.

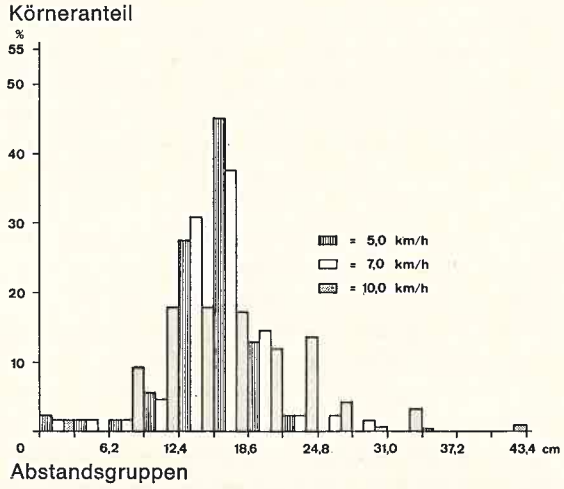

Abb. 6d: Nodet-Pneumasem, Kornsollabstand 17,7 cm.

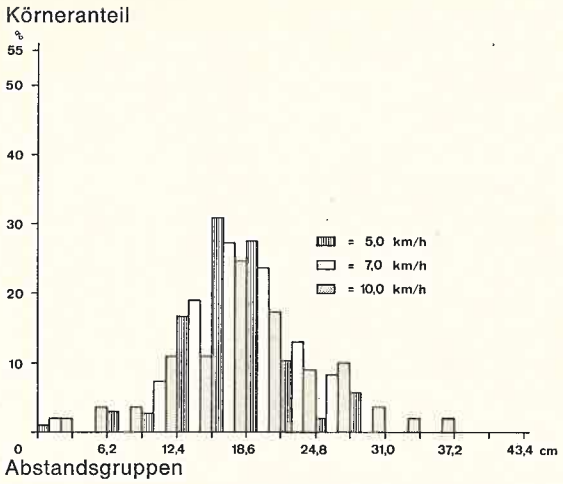

Abb. 6e: Ribouleau-Monosem, Kornsollabstand 18,5 cm.

lagegenauigkeit gelten: die Doppelstellen und die einfachen Fehlstellen können höchstens bis je 10% der gesamten Zahl der Kornabstände toleriert werden. Die Messungen zeigten (Abb. 6, Tab. 2), dass mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit die Ablagegenauigkeit besonders bei kleineren Kornabständen merklich abnahm. Eine befriedigende Ablagegenauigkeit bei Kornabständen von 17 bis 19 cm liess sich mit den untersuchten pneumatischen Einzelkornsämaschinen bei einer Fahrgeschwindigkeit von 5 und 7 km/h, zum Teil bis 10 km/h erreichen. Für den Kornabstand von 12 bis 14 cm lag sie bei einer Fahrgeschwindigkeit von 5 und 7 km/h. Eine Kornbeschädigung trat dabei nicht auf, dagegen stellten wir eine gewisse Entbeizung des Saatgutes fest.

Die Ergebnisse bei der mechanischen Einzelkornsämaschine (Hassia-Exakta) zeigen dagegen, dass sich je nach Kornabstand eine befriedigende Ablagegenauigkeit nur bei einer Fahrgeschwindigkeit von 3,5 bis 5 km/h erreichen lässt. Neben den vermehrten Doppelbelegungen und Fehlstellen traten auch Kornbeschädigungen (1 bis 2,5%) auf. Diese Unzulänglichkeiten, die auch in der Praxis oft vorkommen, sind u. a. auf eine Kompromisslösung bei der Wahl von Zellenrad und Samenkaliber zurückzuführen.

Die Ablagegenauigkeit bei der **Rübensaat** wurde ebenfalls in Sandstreifenversuchen (ähnlich wie bei Mais) ermittelt. Die für die Rübensaat bestimmten Einzelkornsämaschinen Hassia-Exakta, Nodet und Ribouleau wurden auf die Ablagegenauigkeit bei einem Samenabstand von 9 cm und einer Fahrgeschwindigkeit von 3,5 km/h, 5,0 und 7,0 km/h untersucht. Dabei wurden als Saatgut pillierte Zuckerrübensamen (Ø 3,5–4,5 mm) verwendet.

Die Ergebnisse bezüglich der Ablagegenauigkeit sind in Abbildung 7 (a, b, c) graphisch dargestellt.
Die Messungen zeigten, dass sich bei der Rübensaat sowohl mit mechanischen als auch mit pneumatischen Einzelkornsämaschinen bei einer Fahrgeschwindigkeit von 3,5 und 5,0 km/h eine befriedigende Ablagegenauigkeit erreichen lässt. Bei einer

Abb. 7 (a, b, c): Ablagegenauigkeit bei Zuckerrübensaat, Sandstreifenversuche. Verteilung der Samenabstände bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten, Sollabstand 9,0 cm.

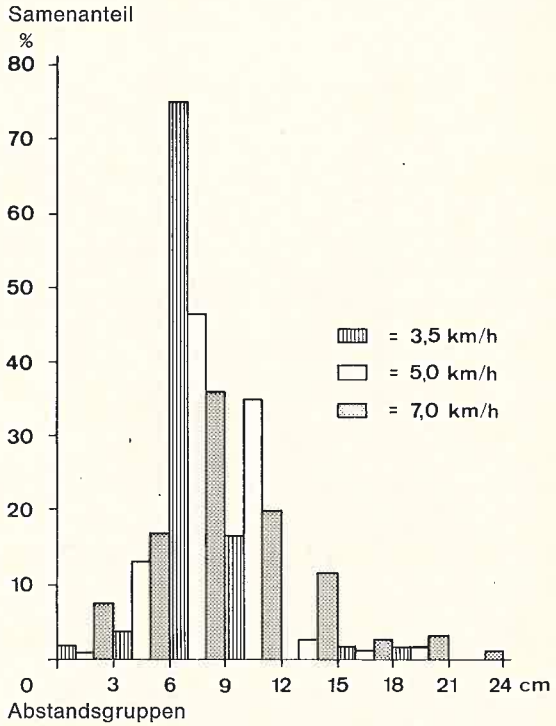

Abb. 7a: Hassia-Exakta.

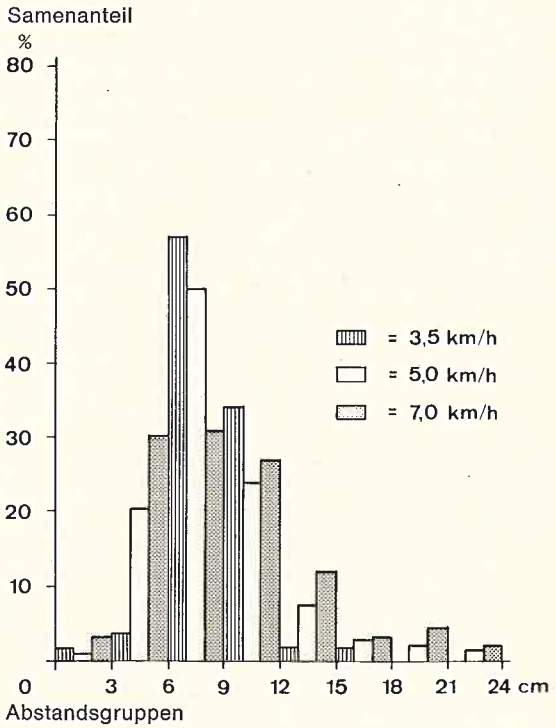

Abb. 7b: Ribouleau-Monosem.

Fahrgeschwindigkeit von 7 km/h nahm die Ablagegenauigkeit bei den drei untersuchten Fabrikaten stark ab. Die Anzahl der Samenabstände im Sollbereich von 6 bis 12 cm sank je nach Fabrikat von 91 bis 94% bei 3,5 km/h, auf 57 bis 67% bei 7 km/h Fahrgeschwindigkeit, was eine wesentliche Ver-

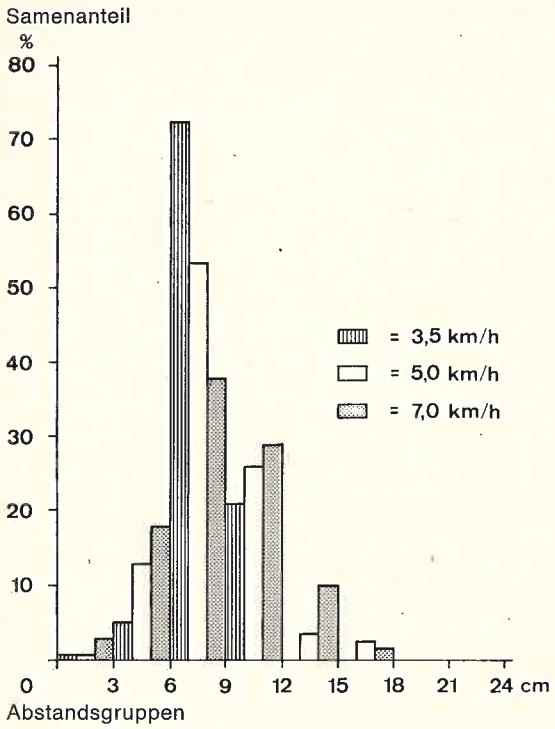

Abb. 7c: Nodet-Pneumasem.

schlechterung der Samenablage bedeutet. Zudem stellen die pneumatischen Einzelkornsämaschinen hohe Ansprüche an die Sorgfalt beim Aufbewahren des Saatgutes: Die Pillen sollten vor dem Auffüllen in den Saatgutbehälter nicht beschädigt werden, da sonst die Gefahr besteht, dass beispielsweise die Pillenresten (Schalen) an die Löcher der Säscheibe angesaugt und sogar längere Zeit festgehalten werden. Dadurch ist sogar bei geringer Fahrgeschwindigkeit mit vermehrten Fehlstellen zu rechnen.
Die Maschinen Nodet und Ribouleau wurden auch bei der Saat von unpilliertem (genetisch monogermem) Zuckerrübensamen untersucht. Die Ergebnisse sind ähnlich wie jene von pilliertem Saatgut. Eine Ausnahme bildete die etwas höhere Zahl von Doppelbelegungen, die auf die Funktion der Abstreifvorrichtung zurückzuführen ist.

Die **Reihendüngerstreuer** für Unterfussdüngung an den Maschinen Becker, Hassia und Nodet wurden am Prüfstand auf die Streugenauigkeit bei verschiedenen Streumengen pro ha überprüft. Die Messungen wurden jeweils mit gekörntem Ammonsalpeter durchgeführt. Die Streugenauigkeit kann für die erwähnten Streuer als gut bezeichnet werden. Die Abweichungen in der Düngerverteilung auf die einzelnen Reihen vom Mittelwert betrugen lediglich ± 5%. Die Düngerklumpen mussten allerdings vorher gründlich zerkleinert werden, da die einzelnen Streuer mit Ausnahme von Hassia kein Rührwerk besitzen. Die Einstellmöglichkeiten der Reihenstreuer sind für die zur Zeit in der Praxis üblichen Streumengen (Unterfussdüngung) als ausreichend zu bezeichnen. Eine Ausnahme bildet Nodet, bei der die maximale Ausbringmenge bei einer Reihenweite von 75 cm nur 400 kg/ha betrug.

3.2 Praktischer Einsatz

Der praktische Einsatz der Maschinen erfolgte bei der Aussaat von kalibriertem Maissaatgut «Orla 230» (Kaliber 6L, Keimfähigkeit 98,3%) in schweren Böden mit gut vorbereitetem Saatbett (Abb. 8, a, b, c, d, e). Die Saatversuche wurden zudem mit und ohne Unterfussdüngung sowie auf Feldern mit Herbst- und Frühjahrsfurche durchgeführt. Die Einzelkornsämaschinen waren dabei auf gleiche Samenabstände wie bei den Prüfstandsmessungen eingestellt. Ferner wurden folgende Fahrgeschwindigkeiten gewählt: für die mechanische Einzelkornsämaschine Hassia-Exakta 3,5 bis 6 km/h und für die pneumatische 6 km/h, 9 und 11 km/h.

Abb. 8a: Hassia-Exakta (Vergleichsmaschine). Das mittlere Sägerät ist angehoben, der Antrieb ausgeschaltet.

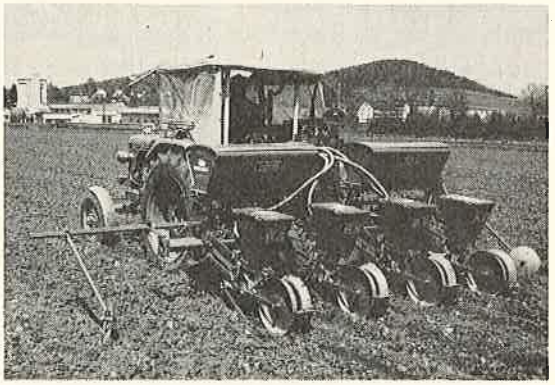

Abb. 8b: Becker-Aeromat *

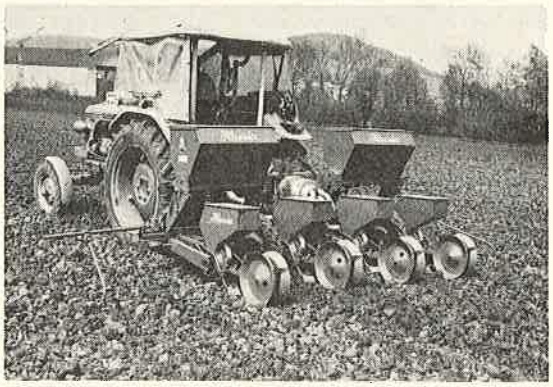

Abb. 8c: Hassia-Exaktamat *

* mit aufgebautem Reihendüngerstreuer.

Abb. 8d: Nodet-Pneumasem *

Abb. 8e: Ribouleau-Monosem.

Die dabei gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse lassen sich wie folgt beschreiben. Die **Tiefenhaltung** der Säschare kann für die pneumatischen Einzelkornsämaschinen sowohl auf Feldern mit Herbst- wie Frühjahrsfurche als gut bezeichnet werden. Dank den säbelförmigen Säscharen sowie relativ hohem Gewicht der einzelnen Sägeräte konnte die eingestellte Sätiefe von 5 bis 7 cm noch bei einer Fahrgeschwindigkeit von 11 km/h eingehalten werden. Ferner hat sich der Einsatz von Schollenräumern (zum Beispiel bei Ribouleau) vor den Säscharen auf Feldern mit etwas grobscholligem Saatbett (Frühjahrsfurche) gut bewährt.

Darüber hinaus arbeiten die Zustreicher und Druckrollen in üblich vorbereitetem Maissaatbett zufriedenstellend. Die erforderlichen Einstellmöglichkeiten reichen aus. Die Tiefenhaltung bei der mechanischen Einzelkornsämaschine Hassia-Exakta, die mit einer Keilschar ausgerüstet war, konnte dagegen nur im einwandfreien Saatbett befriedigen. Unter weniger günstigen Bedingungen wurden die Körner viel zu flach in den Boden gebracht. Es ist zu erwähnen, dass Maschinen von dieser Bauart ursprünglich für die Saat von Rüben und Gemüse konstruiert und erst nachträglich nach Ausrüstung mit entsprechenden Zellenrädern auch für Maissaat bestimmt wurden.

Der **Feldaufgang** kann im allgemeinen unter Berücksichtigung der geringen Niederschläge nach der Saat als befriedigend bezeichnet werden (Tab. 3). Die optimale Fahrgeschwindigkeit in bezug auf den Feldaufgang und die Verteilung der Pflanzenabstände lag bei 3,5 bis 5 km/h für die mechanische (Hassia-Exakta) und bei 6 km/h für die pneumatischen Einzelkornsämaschinen. Die Fahrgeschwindigkeit von 9 km/h ist für die pneumatischen Einzelkornsämaschinen trotz besserer Pflanzenverteilung gegenüber der Vergleichsmaschine als obere Grenze zu betrachten (Samenabstand: 16 bis 19 cm). Folglich soll für die Samenabstände von 10 bis 14 cm

Tabelle 3: Feldaufgang und Verteilung der Pflanzenabstände je nach Fahrgeschwindigkeit bei der Maissaat (Orla 230)

Maschine (Kornsollabstand) cm	Fahrgeschwindigkeit km/h	Aufgelaufene Pflanzen je m²	Feldaufgang * %	Standgenauigkeit ** %	% Anteil der Pflanzenabstände in Abstandsgruppen, bezogen auf Kornsollabstand			
					bis 0,5 f.	0,5–1,5 f.	1,5–2,5 f.	über 2,5 f.
1. HASSIA EXAKTA	5,0	7,0	92,8	57,4	14,8	80,3	3,4	1,5
(19,0)	6,0	5,4	72,9	55,1	11,1	72,3	10,7	5,8
2. BECKER AEROMAT «S»	6,0	6,5	90,0	69,2	6,8	84,9	6,8	1,5
	9,0	6,7	92,8	59,8	5,6	86,8	6,6	1,0
(19,0)	11,0	6,6	88,6	43,0	11,7	74,7	13,0	0,5
3. HASSIA EXAKTAMAT	6,0	7,3	90,9	73,4	6,4	86,5	6,7	0,4
	9,0	7,1	89,6	57,4	5,3	85,0	8,7	1,0
(17,3)	11,0	6,4	79,3	48,1	8,7	72,4	16,0	2,9
5. NODET PNEUMASEM II	6,0	7,1	93,3	67,7	4,4	90,0	5,3	0,3
	9,0	6,6	86,7	54,9	4,4	82,4	10,7	2,5
(17,7)	11,0	6,2	77,3	32,0	11,9	68,7	15,1	4,4
6. RIBOULEAU MONOSEM-PN.	6,0	6,5	88,5	68,2	4,2	87,5	7,6	0,7
	9,0	6,3	86,0	58,5	7,0	82,2	7,5	3,3
(18,5)	11,0	5,5	74,8	39,1	8,0	70,4	14,3	7,3

* Anteil der aufgelaufenen Pflanzen, die sich in einem Abstand von 5 cm und mehr befanden, im Verhältnis zur Sollkörnerzahl pro m².

** Anteil der Pflanzen im Sollabstand bzw. Vielfachen davon, bezogen auf alle Pflanzenabstände über dem halben Sollabstand. Im Sollabstand wurden die Pflanzen gewertet, die nicht weiter als 4,5 cm von der erforderlichen Ablagestelle entfernt waren.

die Fahrgeschwindigkeit von 7 km/h nicht überschritten werden. Der Feldaufgang sowie die Pflanzenverteilung bei einer Fahrgeschwindigkeit von 11 km/h war unbefriedigend und kann für die Praxis nicht empfohlen werden.

Die **Standgenauigkeit** der Pflanzen (Definition siehe Tab. 3) nahm ebenfalls mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit (grösserer Schlupf) merklich ab. Eine negative Auswirkung des teilweise entbeizten Saatgutes auf die Pflanzenentwicklung konnte nicht festgestellt werden.

Die Feldversuche bei der Zuckerrübensaat wurden nur mit Nodet bei einer Fahrgeschwindigkeit von 5 und 7 km/h durchgeführt. Die Ergebnisse bezüglich Pflanzenverteilung fielen ähnlich wie die am Prüfstand aus (Abb. 9).

In bezug auf die geringe Sätiefe von 1,5 bis 2 cm sowie die Ablagegenauigkeit kann bei der Rübensaat mit einer Fahrgeschwindigkeit von 5 bis 6 km/h gerechnet werden.

Abb. 9: Pflanzenbestand und -entwicklung bei Zukkerrüben (vier Wochen nach dem Vereinzeln), je nach Fahrgeschwindigkeit bei der Saat.
Oben: Saat bei 7 km/h
Unten: Saat bei 5 km/h

Reihendüngung

Bei den Saatversuchen mit gleichzeitiger Unterfussdüngung wurde der Dünger (Ammonsalpeter) in einer Gabe von 400 kg/ha 5 cm neben der Saatreihe und in einer Tiefe von 10 bis 12 cm abgelegt (Abb. 10). Gesamthaft betrachtet befriedigte die Arbeit. Eine Ausnahme bildeten die Düngerschläuche bei Becker und Hassia, die ohne Befestigung an die Düngerschare eingesteckt sind. Diese Lösung befriedigt nicht, da bei langen Schläuchen oft Verstopfungen

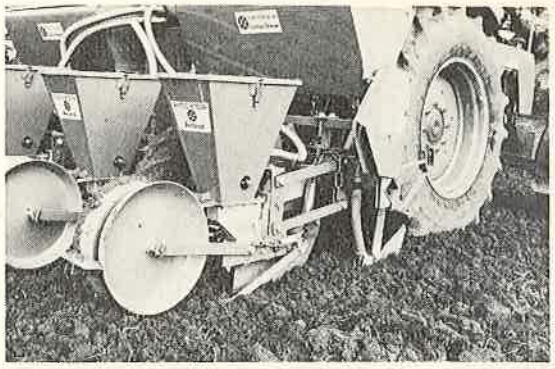

Abb. 10: Mais-Einzelkornsaat kombiniert mit Reihendüngung (Unterfussdüngung). Der Dünger wird 5 cm neben der Saatreihe und auf einer Tiefe von 10 bis 12 cm abgelegt.

durch Erde auftraten. Kurze Schläuche wurden hingegen beim Heben der Maschine aus den Düngerscharen herausgezogen. Bei einem Vergleichsversuch (Silomais) liessen sich zwischen der Flächen- und der Unterfussdüngung keine Unterschiede in der Pflanzenentwicklung bzw. im Ertrag feststellen.

Die **Flächenleistung** hängt vor allem von der Fahrgeschwindigkeit, Reihenweite und Feldlänge ab. Bei einer Reihenweite von 75 cm und einer Fahrgeschwindigkeit von 5 bis 8 km/h wurde eine Flächenleistung von 1 bis 1,6 ha/h erreicht (vierreihige Maschinen ohne Reihendüngerstreuer) mit gleichzeitiger Reihendüngung 0,7 bis 1,2 ha/h. Die Wende- und Füllzeiten sowie die Rüstzeiten auf dem Felde sind dabei eingeschlossen.

Der **Leistungsbedarf** und die Geräuschentwicklung des Ueber- bzw. Unterdruckgebläses betragen für die pneumatischen Einzelkornsämaschinen:

	Becker	Hassia	Nodet	Ribouleau
Zapfwellenleistung PS (540 U/min)	2,4	5,5	1,9	2,8
Geräuschentwicklung * dB (A)	95,5	96,0	94,0	96,0

* gemessen am Ohr des Fahrers bei einer Fahrgeschwindigkeit von 7,0 km/h einschliesslich Traktor mit 93 dB (A).

Die **Zugkraftbedarfs-Messungen** wurden bei der Maissaat in schweren Böden mit der mechanischen sowie mit der pneumatischen Einzelkornsämaschine Becker (mit und ohne Reihendüngung) durchgeführt.
Der Zugkraftbedarf für Hassia-Exakta betrug 130 kp, für Becker ohne Reihendüngung 190 kp bzw. 400 kp mit Reihendüngung. Er kann somit als niedrig bezeichnet werden. Die Grösse des Traktors wird durch die Hubkraft und Vorderachsentlastung bestimmt. Um einen sicheren Betrieb der Einzelkornsämaschinen zu gewährleisten, ist bei Hassia-Exakta ein Traktor ab 30 PS, bei den übrigen ab 40 bis 45 PS ohne Reihendüngung und ab 55 PS Motorleistung mit Reihendüngung erforderlich. Die optimale **Zapfwellendrehzahl** für das Maissaatgut mit einem Tausendkornge-

wicht (TKG) von 200 bis 300 g lag im Bereiche von 500 bis 540 U/min. Beim Wenden konnte sie ohne negative Auswirkung bis auf 450–400 U/min reduziert werden.

Die **Handhabung** der pneumatischen Einzelkornsämaschinen ist relativ einfach. Das Abdrehen sowie die Einstellung der Samenabstände, Sätiefe usw. kann von einer Person durchgeführt werden. Dabei ist es sehr vorteilhaft, dass mit einem Särad bzw. einer Säscheibe alle Maiskaliber gesät werden können. Nach Bedarf können einzelne Sägeräte, mit Ausnahme von Becker, durch Abziehen des Unterdruckschlauches und Ausschalten des Antriebs abgeschaltet werden. Das Entleeren der Saatgutbehälter erfolgt durch einen Schieber bzw. eine gefederte Entleerungsklappe, vollständig jedoch durch Abdrehen.

Die **Rüstzeiten** können als normal bezeichnet werden. Eine Veränderung der Reihen- und Spurweiten dauert 30 bis 40 Minuten (mit Reihenstreuer bis 1 h). Das Umstellen der Maschine von Mais- auf Rübensaat dauert 1,5 bis 2 h. Ein übermässiger Verschleiss liess sich nach der kurzen Einsatzzeit der Maschinen nicht feststellen. In bezug auf die Unfallverhütung konnten keine bedeutenden Mängel festgestellt werden. Eine Ausnahme bildete Ribouleau, bei welcher die Abstellstütze die Maschine vor dem Kippen nur ungenügend schützt.

4. Kosten

Die Kostenanalyse (Einsatzkosten) für die pneumatischen Einzelkornsämaschinen ohne und mit Reihendüngerstreuer ergab im Vergleich zu der Maschine mit mechanischem Säsystem folgende Ergebnisse:
Die Anschaffungskosten der pneumatischen Einzelkornsämaschinen sind um Fr. 2000.– bis 3000.– und die Grundkosten um zirka 30% höher als bei denjenigen mit mechanischem Säsystem (Tab. 4). Dank der höheren Flächenleistung liegen die Einsatzkosten nur um 1.– bis 2.– Fr./ha unter bzw. über denjenigen der mechanischen Maschine. Bei der Maissaat mit pneumatischen Einzelkornsämaschinen und gleichzeitiger Unterfussdüngung (vorteilhaft in Gebieten mit trockenem Klima) liegen die Einsatzkosten um Fr. 8.50 höher als bei der Saat mit gleicher Maschine und separater Durchführung der Flächen-

Tabelle 4: Grund- und Einsatzkosten bei Maissaat je nach Maschinenart und -ausrüstung (Arbeitsbreite der Einzelkornsämaschinen je 3 m)

Einzelkornsämaschine (Verfahren) M = mechanisch P = pneumatisch	Flächenleistung	Arbeitsaufwand	Preis	Grundkosten	Einsatzkosten			
					Gebrauchskosten	Traktorkosten	Traktorfahrer	Total
	a/h	AKh/ha	Fr.	Fr./Jahr	Fr./ha			
M. für Mais	80	1,3	4700.–	659.–	14. –	13.30 [1]	10.70	38. –
P. für Mais	110	0,9	6700.–	943.–	19.40	10.20 [2]	7.40	37. –
M. für Mais+Rüben	80	1,3	5600.–	781.–	16.40	13.30	10.70	40.40
P. für Mais+Rüben	110	0,9	8600.–	1201.–	24.40	10.20	7.40	42. –
P. für Mais	110	0,9	6700.–	943.–	19.40	10.20	7.40	37. –
Schleuderstreuer	250	0,4	1230.–	210.–	1.60	4.10	3.30	9. –
P. für Mais mit Reihendüngerstreuer	80	1,3	8700.–	1223.–	25.10	18.70 [3]	10.70	54.50

Ansätze pro Stunde: Traktor 35 PS: Fr. 10.20 [1] / Traktorfahrer Fr. 8.20
Traktor 45 PS: Fr. 11.30 [2]
Traktor 60 PS: Fr. 14.40 [3]

Tabelle 5: Arbeits- und Maschinenkosten bei Maissaat in Abhängigkeit der Maschinenart und der jährlichen Auslastung.

Einzelkornsämaschine (Verfahren)	Auslastung (ha/Jahr)							
	15	20	25	30	35	40	50	60
	Selbstkosten (Fr./ha)							
M. für Mais	81.90	**70.90**	64.40	60. –	56.80	54.50	51.20	49. –
P. für Mais	99.90	84.20	74.70	**68.40**	63.90	60.60	55.90	52.70
M. für Mais+Rüben	92.50	79.50	71.60	**66.40**	62.70	59.90	56. –	53.40
P. für Mais+Rüben	122.10	102.10	90. –	82. –	76.30	72. –	**66. –**	62. –
P. für Mais Schleuderstreuer	122.90	103.70	92.10	84.40	**78.90**	74.80	69.10	65.20
P. für Mais mit Reihendüngerstreuer	136. –	115.70	103.40	95.30	89.40	85.10	**79. –**	74.90

düngung. Nach Berücksichtigung der jährlichen Auslastung lässt sich eine Kostengleichheit in allen drei Varianten zwischen mechanischer und pneumatischer Sämaschine praktisch nie erreichen (höhere Grund- und Einsatzkosten). Eine Kostensenkung bei der Saat mit pneumatischen Maschinen gegenüber denjenigen mit mechanischem Säsystem kann nur durch bessere Auslastung der ersteren erreicht werden (siehe Tabelle 5, fettgedruckte Zahlen). Die Möglichkeiten dazu liegen bei der Beschaffung von kombinierten Mais- und Rüben-Einzelkornsämaschinen bzw. im überbetrieblichen Einsatz.

5. Schluss

Aufgrund der Prüfstand- und Einsatzversuche sind folgende Vorteile der pneumatischen Einzelkornsämaschinen gegenüber denjenigen mit mechanischem Säsystem festzuhalten: Mit einem Särad bzw. einer Säscheibe können alle Maiskaliber ohne Kornbeschädigung gesät werden. Dank den säbelförmigen Säscharen sowie dem relativ hohen Gewicht der Sägeräte lässt sich eine gleichmässige Sätiefe sogar in einem weniger günstigen Saatbett erreichen. Die Ablagegenauigkeit bei Maissaat kann je nach Fabrikat und Samenabstand auch bei höheren Fahrgeschwindigkeiten (6 bis 9 km/h) befriedigen.

Ausserdem ergeben sich folgende Nachteile: höhere Anschaffungs- und Einsatzkosten, Geräuschentwicklung des Gebläses und Bedarf eines stärkeren Traktors.

Allfällige Anfragen über das oben behandelte Thema, sowie auch über andere landtechnische Probleme, sind nicht an die FAT bzw. deren Mitarbeiter, sondern an die unten aufgeführten kantonalen Maschinenberater zu richten.

ZH	Schwarzer Otto, 052 / 25 31 21, 8408 Wülflingen
ZH	Schmid Viktor, 01 / 77 02 48, 8620 Wetzikon
BE	Mumenthaler Rudolf, 033 / 57 11 16, 3752 Wimmis
BE	Schenker Walter, 031 / 57 31 41, 3052 Zollikofen
BE	Herrenschwand Willy, 032 / 83 12 35, 3232 Ins
LU	Rüttimann Xaver, 045 / 6 18 33, 6130 Willisau
LU	Widmer Norbert, 041 / 88 20 22, 6276 Hohenrain
UR	Zurfluh Hans, 044 / 2 15 36, 6468 Attinghausen
SZ	Fuchs Albin, 055 / 48 33 45, 8808 Pfäffikon
OW	Gander Gottlieb, 041 / 96 14 40, 6055 Alpnach
NW	Lussi Josef, 041 / 61 14 26, 6370 Oberdorf
GL	Jenny Jost, 058 / 61 13 59, 8750 Glarus
ZG	Müller Alfons, landw. Schule, Schluechthof, 042 / 36 46 46, 6330 Cham
FR	Lippuner André, 037 / 9 14 68, 1725 Grangeneuve
BL	Wüthrich Samuel, 061 / 96 15 29, 4418 Reigoldswil
SH	Seiler Bernhard, 053 / 2 33 21, 8212 Neuhausen
AR	Ernst Alfred, 071 / 33 34 90, 9053 Teufen
SG	Haltiner Ulrich, 071 / 44 17 81, 9424 Rheineck
SG	Pfister Th., 071 / 83 16 70, 9230 Flawil
GR	Stoffel Werner, 081 / 81 17 39, 7430 Thusis
AG	Müri Paul, landw. Schule Liebegg, 064 / 31 15 53, 5722 Gränichen
TG	Monhart Viktor, 072 / 6 22 35, 8268 Arenenberg.

Schweiz. Zentralstelle SVBL Küsnacht, Maschinenberatung, Telefon 01 - 90 56 81, 8703 Erlenbach.

Nachdruck der ungekürzten Beiträge unter Quellenangabe gestattet.

Die «Blätter für Landtechnik» erscheinen monatlich und können auch in französischer Sprache unter dem Titel «Documentation de technique agricole» im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 24.—, Einzahlung an die Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8355 Tänikon, Postcheckkonto 30 - 520. In beschränkter Anzahl können ferner Vervielfältigungen in italienischer Sprache abgegeben werden.