



Kartoffeln sortieren – Vergleichstest von Flachsiebssortiermaschinen

Ernst Spiess, Jakob Heusser

Für die Kartoffelaufbereitung im bäuerlichen Betrieb werden bis heute praktisch nur Flachsiebssortiermaschinen mit Rollenverleseebändern angeboten. Im Vergleich zu älteren Maschinen zeigen vor allem die nach dem Schocksystem arbeitenden Kalibrieraggregate einige bedeutende Vorteile. Problematisch bleibt aber immer noch die Kalibrierung von unförmigen Knollen. Der relativ grosse Handarbeitsaufwand für das Verlesen kann auch mit einer modernen Maschine kaum vermindert werden. Einigen Herstellern bietet sich dadurch Entwicklungsspielraum für neue mechanische oder elektronische Sortiersysteme. Das Kosten-Nutzenverhältnis dürfte aber auch in Zukunft für die erfolgreiche Einführung von Maschinen dieser Art und Grössenordnung bestimmend sein. Vorerst sollten die Bestrebungen vor allem auf die Detailverbesserung der einfachen, preisgünstigen Sortiersysteme sowie die Züchtung und Auswahl von «mechanisierungsfreundlichen» Kartoffelsorten ausgerichtet werden.

Der Begriff «Sortierung» ist bei Kartoffeln im allgemeinen als Qualitätsmerkmal zu verstehen und zwar sowohl für die Grössenkalibrierung (oder -sortierung) als auch für äusserlich erkennbare Mängel der Knollen. Anforderungen und Grenzwerte beider Bereiche sind in den «Schweizerischen Handelsusancen für Kartoffeln» ausführlich und verbindlich umschrieben. So wird die Grösse der Knollen nach ihrem Durchgang durch ein Quadratmass definiert, dessen Seiten bzw. Maschenweite in Millimetern fest-

gelegt sind. Grössenabweichungen bei Speisekartoffeln werden dabei bis höchstens 6% und bei Saatkartoffeln bis höchstens 2% des Gewichtes toleriert. Mehr als 10% Grössenabweichung berechtigt im ersten Fall zu Abzügen oder zur Annahmeverweigerung. Auch bei äusseren Knollenmängeln sind je nach den Voraussetzungen nur wenige Gewichtsprozente zulässig. Alle für bäuerliche Betriebe bestimmte Kartoffelsortiermaschinen sind dementsprechend immer mit Kalibrier- und Verleseeinrichtungen ausgerüstet.

Sortiersysteme

● Kalibrierung

Für die Kalibrierung werden heute je nach Aufbereitungsstufe und Leistungserfordernis teils sehr unterschiedliche Systeme angewendet:

- Schwingende Flachsiebe (in Grossanlagen zum Teil mit automatischer Reinigung und alternierender Frequenzverstellung),
- Hintereinander angeordnete horizontale Profilwalzen (Abb. 1),
- Umlaufende Maschensiebe mit Rüttelvorrichtung (Abb. 2) oder umlaufende vibrierende Riemen (Spaltsortierung),
- Kombination von je einer axialfördernden Spiral- und Glattwalze (Spaltsortierung) (Abb. 3),
- Elektronische Grössenabtastung und elektropneumatische Ausscheidung (noch in der Erprobungsphase) (Abb. 4).

Für den bäuerlichen Betrieb konnten sich in der Schweiz bisher aber nur die **Flachsiebkali-**

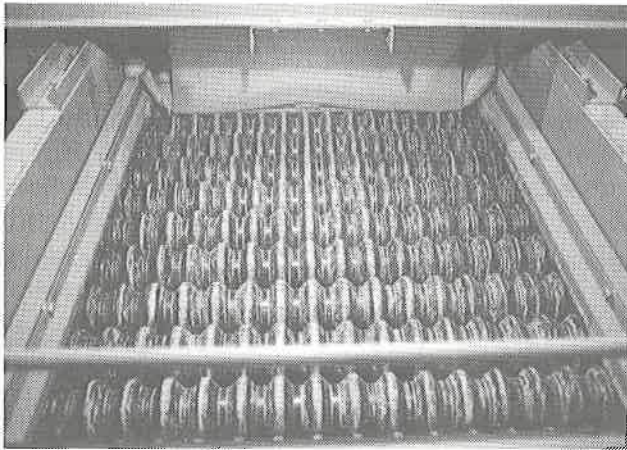


Abb. 1: Kalibrier-
system mit um-
laufenden Profil-
walzen. Die spe-
zielle Form der
Walzen ermög-
licht eine Qua-
dratsortierung.
Mit einem Aggre-
gat können
gleichzeitig meh-
rere Kalibrierfrak-
tionen erstellt
werden (BLASER
CH, Maschine für
bäuerliche Betrie-
be in Vorberei-
tung).

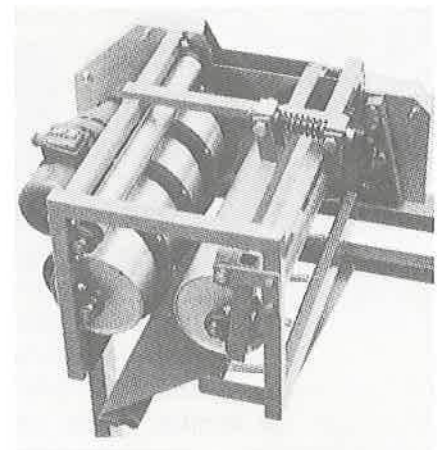


Abb. 3: Spiralwalzen-Kalibrieraggre-
gat (KUSTER + VOGEL, CH). Der va-
riable Abstand zwischen der Spiral-
und Glattwalze bildet den Sortier-
spalt. Für jede Fraktion ist ein solches
Walzenpaar erforderlich.

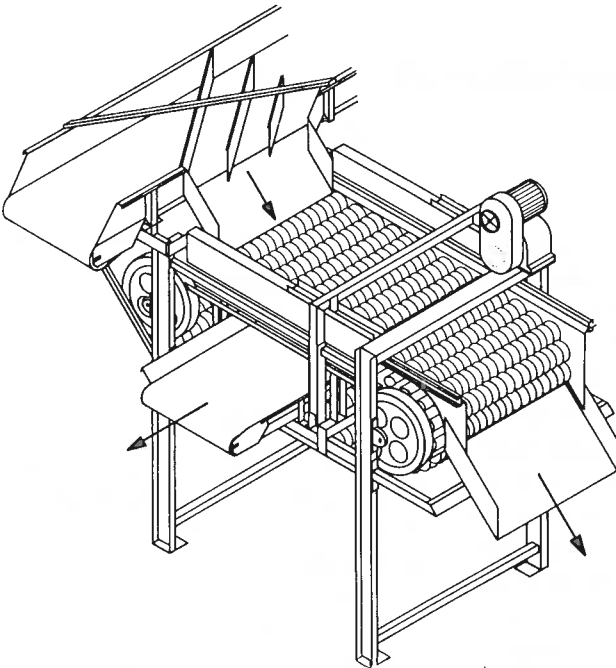


Abb. 2: Sortier-
maschine mit
zwei umlaufen-
den Maschen-
siebbändern für
die Erstellung von
insgesamt drei
Knollenfraktionen
(TONG, GB).

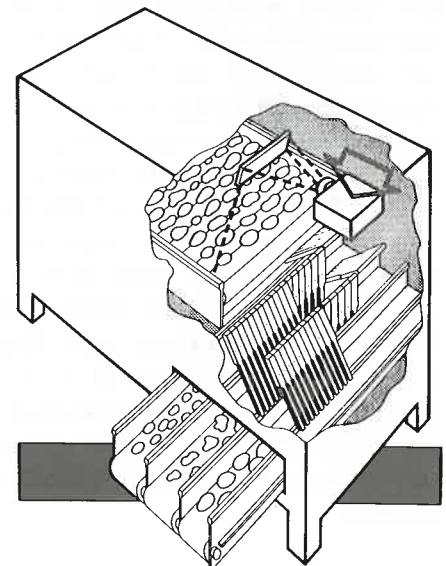
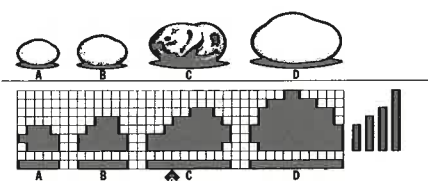


Abb. 4: Elektronisches Verlese- und
Kalibriersystem (LOCTRONIC, GB).

a) Elektronische Kamera zur berüh-
rungslosen Abtastung der geför-
derten Kartoffeln. Darunter pneu-
matisch betätigte Tastatur zur Ab-
lenkung der Knollen auf verschie-
dene Bahnen.



c) Die Signale der Kamera werden in
ein elektronisches Rastersystem
übertragen. Die Größenabstim-
mung der Knollen erfolgt nach der
Zahl überdeckter Rasterfelder in
beiden Achsrichtungen:

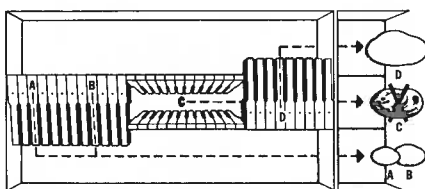
Knolle A + B = Erste Kalibrierfrak-
tion.

C = Verleseabgang (am Bildschirm
markiert).

D = Zweite Kalibrierung.



- b) Die auszulesenden Knollen können örtlich getrennt an einem oder mehreren Farbbildschirmen (Tele-selector) elektronisch markiert werden.



- d) Eine zweireihige Tastatur leitet die elektronisch einzeln erfassten Knollen auf die entsprechenden Entsorgungsbänder.

Nebst weiteren Firmen in den USA arbeitet auch SAMRO-BYSTRONIC, CH an einem vollautomatischen, elektronischen Kalibrier/Verlesesystem.

brierung mit Quadratmaschinen auf breiter Basis durchsetzen. Diese Entwicklung ist vor allem auf die bestehenden Sortiervorschriften (Quadratmass!), die relativ hohe Kalibriergenauigkeit und nicht zuletzt auf Kostengründe zurückzuführen. Bei den kompakteren Ausführungen mit **übereinander angeordneten Sieben** werden zuerst die grossen Knollen ausgeschieden. Die untergeordneten Siebe haben somit nur noch die nächstkleineren Fraktionen

zu verarbeiten. Maschinen mit **hintereinander angeordneten Sieben** sind vorwiegend für die Gewinnung von zahlreichen Knollenfraktionen (zum Beispiel kombinierte Aufbereitung von Speise- und Saatkartoffeln) vorgesehen. Indem sich die Knollen mit zunehmender Grösse absondern (die kleinsten Siebe sind am Anfang), werden die Siebflächen insgesamt stärker als beim ersten System belegt.

Im Hinblick auf die **Bewegungsabläufe der Siebe** (Siebkinematik) ist auf zwei bedeutende Unterschiede hinzuweisen. Unter «**Schwingsystem**» sind gleichförmig – in der Regel horizontal – schwingende Siebe zu verstehen. Die Erregung erfolgt durch eine Kurbelgetriebe. Beim neueren «**Schocksystem**» werden die Siebe hingegen durch eine rotierende Kurvenscheibe stoss- oder schockartig in horizontal/vertikaler Richtung bewegt, um dann jeweils für einige Zehntelssekunden in Ruhelage zu verbleiben. Damit soll den Knollen mehr Zeit gegeben werden, um sich zwischen zwei Stössen durch die Siebmaschen abtasten zu können.

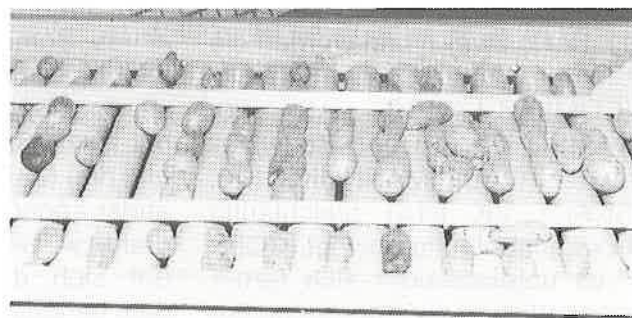
● Verlesen

Das Verlesen der Kartoffeln wird im In- und Ausland praktisch noch ausschliesslich von Hand durchgeführt. Mit der Einführung des heute zum Ausrüstungs-

standard gehörenden **Rollenverlesebandes** in den Fünfzigerjahren, das ein Drehen der Knollen über den ganzen Sichtbereich ermöglicht, konnte die Arbeit wesentlich erleichtert und das Ergebnis verbessert werden (Abb. 5). Seither ist jedoch kein bedeutender Fortschritt mehr zu verzeichnen. Entsprechend hoch ist immer noch der Arbeitsaufwand. Je nach Ausschussanteil und Verlesetischauslegung muss mit 0,5 bis 1,2 Akh je Tonne aufgebener Kartoffeln gerechnet werden.

Eine **Einordnung des Verlesetisches** vor der Kalibrierung hat bei mehreren zu erstellenden Fraktionen den Vorteil, dass alle Knollen auf einer Bahn und in einem Durchgang verlesen werden können. Ungünstig ist der vorgeschaltete Verlesetisch aber, wenn nur eine oder zwei Fraktionen als Marktware aufzubereiten sind, da dann zwangsläufig auch die möglicherweise beträchtlichen Anteile an Unter- und Übergrössen einer unnötigen Kontrolle unterzogen werden. Für diesen Fall ist ein der Kalibrierung nachgeschalteter Verlesetisch vorteilhaft. Allerdings können hier höchstens zwei Fraktionen gleichzeitig auf zwei Bahnen verlesen werden. Auch in diesem Bereich der Aufbereitungstechnik sind Bestrebungen im Gange, die Verlesearbeit unter **Anwendung der**

Abb. 5: Praktisch alle Sortiermaschinen werden heute mit Rollenverlesebändern ausgerüstet. Unterschiedlich sind die verwendeten Drehmechanismen, die Rollendurchmesser und die Bahneinteilungen.



Elektronik vorerst teilweise zu automatisieren. Dabei handelt es sich um Vorrichtungen in Grossanlagen, in welchen die Verleseperson nur noch die Kennzeichnung der mit Mängel behafteten Knollen vornimmt; die Aussonderung erfolgt selbsttätig und meistens in Kombination mit der elektronischen Kalibrierung (Abb. 4). Unter Ausnutzung der Erfahrungen mit elektronischen Trenneinrichtungen für Kartoffeln und Beimgungen sowie fotoelektrisch gesteuerten Obst- und Gemüseverlesemaschinen wird ferner auch an der Entwicklung von Verleseautomaten für Kartoffeln gearbeitet. Als ein aussichtsreiches Prinzip zur Unterscheidung mängelfreier und mangelbehafteter Knollen wird zum Beispiel die Wechselwirkung von elektromagnetischen Kraftlinien im Infrarotbereich bezeichnet. Ein wirtschaftlicher Nutzen dieser Entwicklungen dürfte sich – zumindest im Hinblick auf bäuerliche Sortiermaschinen – jedoch erst im nächsten Jahrzehnt abzeichnen.

Vergleichstest

● Eingesetzte Maschinen

Im Herbst 1984 wurden die zur Zeit am meisten verkauften fahrbaren **Flachsiebsortiermaschinen** einem Vergleichstest unterzogen (Abb. 6 bis 9, Tab. 1). Bei je zwei Typen werden die Siebe nach dem Schock-(COMPAS-LANCO AS 60, SAMRO KS 80) und Schwing-system (JABELMANN JKS 143, SKALS SK 613) gleichläufig bzw. gegenläufig bewegt. COMPAS unterscheidet sich ferner wesentlich in der Anordnung der

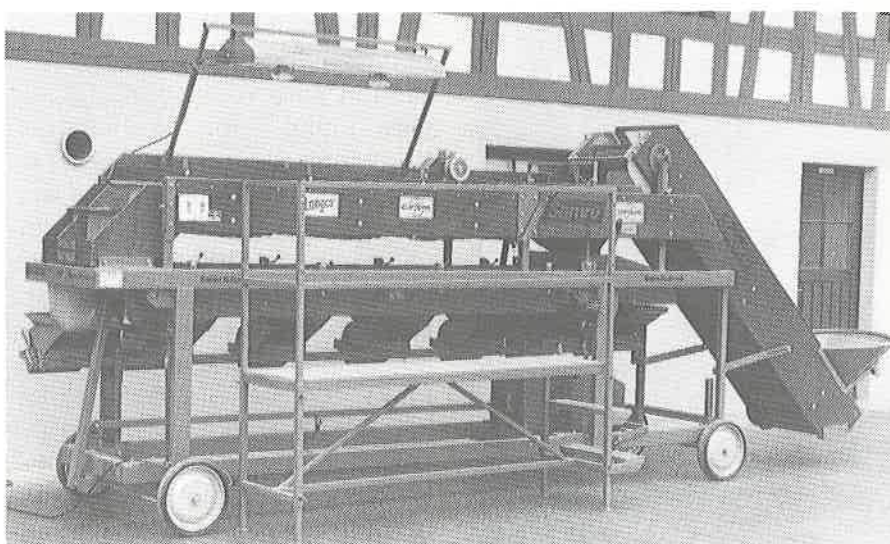


Abb. 6: COMPAS-LANCO AS 60. b: Ein Sieb für die Absonderung der minderwertigen Kleinknollen befindet sich vor dem Verlesetisch mit einer Ausschussbahn (nicht personalseitig). c: Die schockartige Erregung der Siebe erfolgt mittels einer Kurvenscheibe.

Abb. 6b

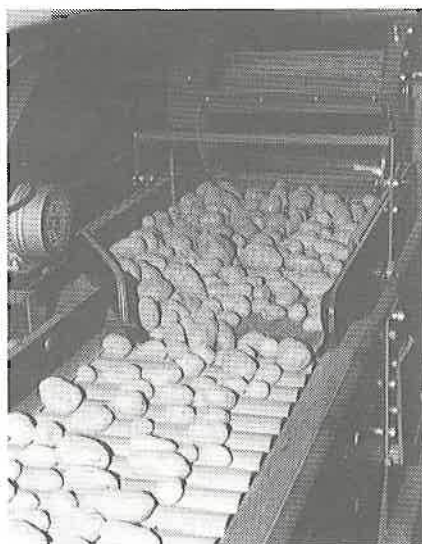
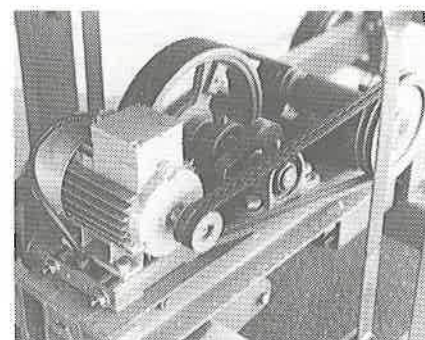


Abb. 6c



Siebe. Ein Sieb ist für Aussonderung der kleinen Ausschusskartoffeln vor dem Verlesetisch plaziert. Weitere vier nebeneinander liegende Siebe finden sich unterhalb des Verlesetisches. Somit können insgesamt sechs Sortierfraktionen erstellt werden. Bei den übrigen Typen mit zwei (SAMRO und SKALS) und drei (JABELMANN) übereinander angeordneten Sieben (für drei bzw. vier Fraktionen) befindet sich die Kalibrierung vor dem Verlesetisch.

In einem Teilprogramm für Vergleichszwecke kam auch eine veraltete, heute nicht mehr hergestellte Sortiermaschine KUNZ KS 5 zum Einsatz (Abb. 10). Dieser in der Praxis immer noch am meisten verbreitete Typ wird nun allmählich durch neue Maschinen ersetzt. Dabei ist es in der Regel weniger der mechanische Zustand als vielmehr die hohe Verstopfungsanfälligkeit, welche den heutigen Anforderungen nicht mehr genügen kann. Die vorliegenden Ergebnisse dieser **Vergleichsmaschine** sollen die Nutzwerteinschätzung einer Neumaschine erleichtern.

Tabelle 1: Technische Daten, Preise

Fabrikat Typ Vertrieb		COMPAS- LANCO (NL) AS 60 Samro-Bystronic 3400 Burgdorf	SAMRO (CH) KS 80	JABEL- MANN (D) JKS 143 Samro-B./Volg 8400 Winterthur	SKALS (DK) SK 613 Grunder 1522 Lucens
Hauptabmessungen					
L/B/H	cm	630/125/265 ¹⁾	510/126/183 ¹⁾	558/125/194 ¹⁾	576/138/183,5 ¹⁾
Gewicht	kg	1090	532	575	520
Elektrischer Antrieb	V/kW	380/0,55	380/0,74 380/0,25	380/0,75	380/0,75
Elevator					
Trichterbreite	cm	88,5	88	65	71,5
- Einfüllhöhe	cm	63,5 - 87,5	43	71	49,5
Bandlänge	cm	240	152	160	175
- Breite	cm	49,5	39	40	40
- Mitnehmerabstand	cm	25,5	28	29	49
- Fördergeschwindigkeit	cm/s	11 - 20	16, 20, 24	17 - 25	24 - 42
Siebkasten					
Siebe, Anzahl		gleichläufig 5	gleichläufig 2	gegenläufig 3	gegenläufig 2
L/B	cm	75/60	100/60	140/75	120/61
- Neigung	%	0	ca. 5 ²⁾	12	8
Hubzahl	/min	87	92	200 - 292	165 - 310
Hubrichtung		(Schocksyst.)	(Schocksyst.)	(Schwingsyst.)	(Schwingsyst.)
- horizontal	mm	7 - 16	7 - 13	49	60
- vertikal	mm	14 - 23	16 - 25	-	-
Verlesestand					
Verleseband, Bahnen		2	3	2	3
- Arbeitshöhe	cm	50 - 140	80,5 - 113,5	73 - 110	88 - 120
- nutzbare L/B	cm	200/60	145/80	140/74	150/92
- Rollen-Ø	mm	53	65	50	60
- Fördergeschwindigkeit	cm/s	9 - 18	10 - 14	12 - 19	9 - 17
Beleuchtung	W	2 x 40	2 x 40	1 x 40	2 x 36
Beleuchtungsstärke ³⁾ min.Lux		600	1000	80	500
Heizung	W	2 x 250	2 x 250	-	2 x 150
Lärm (Mittel-/ Spitzenwert)	dB(A)	79 / 84	78 / 80	83 / 86	83 / 86
Auslauf					
Sackhalterungen		7	4	4	5
- Höhe über Boden	cm	71,5 - 97	73	74	76,5
- Eignung f. Plastiksäcke		nein	ja	ja	nein
Preise					
Maschine (ohne Siebe)	Fr.	19'200.--	9'775.--	12'850.--	10'500.--
Siebe	Fr./Stk.	130.--	80.--	445.- bis 630.-	170.--
Absackung für Kleinkartoffeln		inbegriffen	850.--	-	-
Paloxenband			3'400.--	-	-

1) mit Beleuchtung

2) mittlere Einstellung

3) im Arbeitsbereich an der Oberfläche des Verlesebandes.

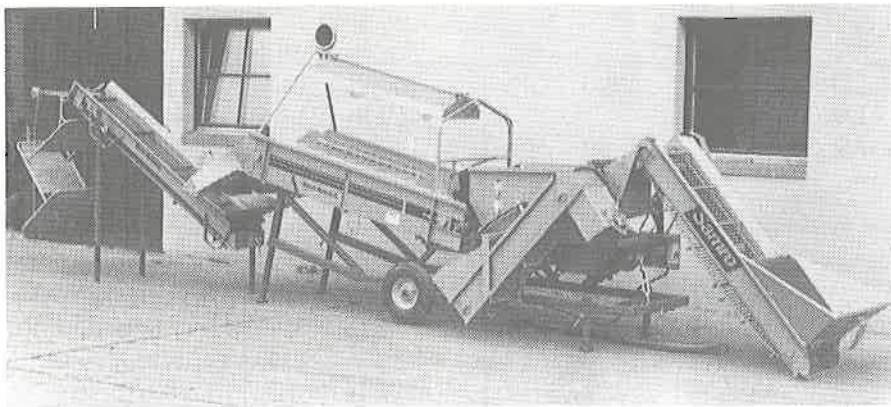


Abb. 7: SAMRO KS 80. Die Knollen vom Obersieb können entweder auf die mittlere (b) oder rechtsseitige Verlesebahn (c) abgelenkt werden. Im letzteren Fall ist die linke unbelegte Bahn für die Ablage der Ausschussknollen bestimmt. Diese Variante eignet sich – infolge Stauungen beim Obersiebauslauf – nicht für hohe Sortierleistungen.

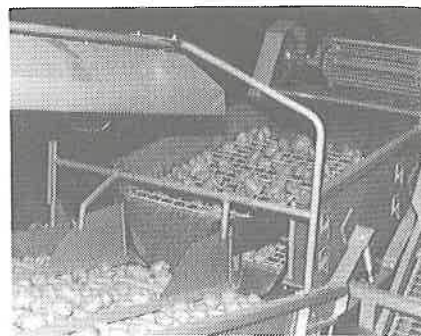


Abb. 7b

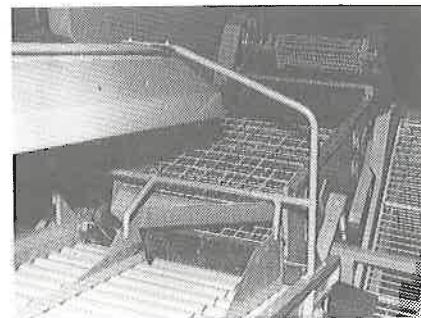


Abb. 7c



Abb. 8: JABELMANN JKS 143. b: Die Knollen der unteren Siebe gelangen auf die beiden Verlesebahnen. Der Obersiebüberlauf wird von einem links- oder rechtsseitig anzubringenden Absackstutzen aufgenommen.



Abb. 8b



Abb. 9: SKALS SK 613. b: Eine unbelegte Ausschussbahn befindet sich in der Mitte des Verlesetisches.

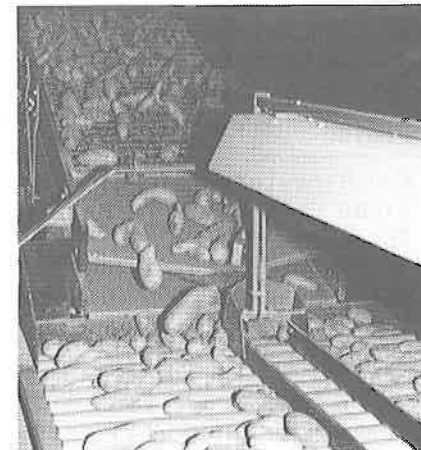


Abb. 9b

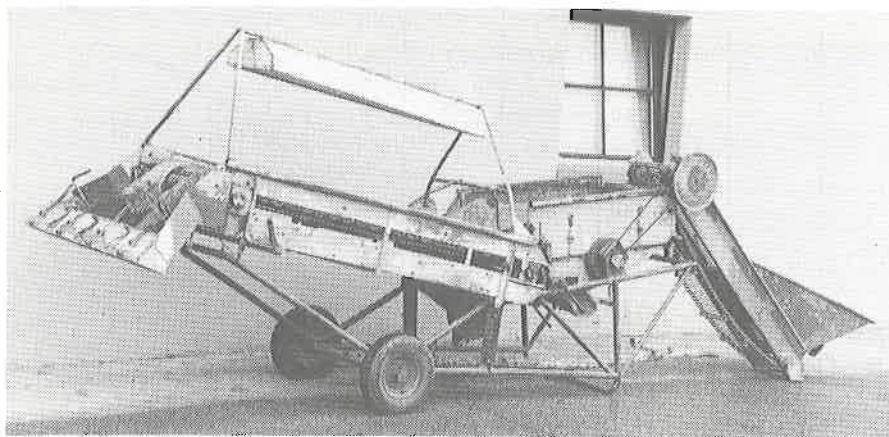


Abb. 10: Vergleichsmaschine KUNZ KS 5. Der Siebkasten wird in der Mitte durch eine relativ schnell drehende Exzenterwelle vertikal/horizontal (ellipsenförmig) bewegt.

● Kartoffelsortiment und Kalibrierungen

Bei der **Sortenauswahl** für die Testeinsätze wurde darauf geachtet, dass sowohl günstig als auch ungünstig zu kalibrierende und zu fördernde Knollenformen zur Verfügung stehen (Abb. 11):

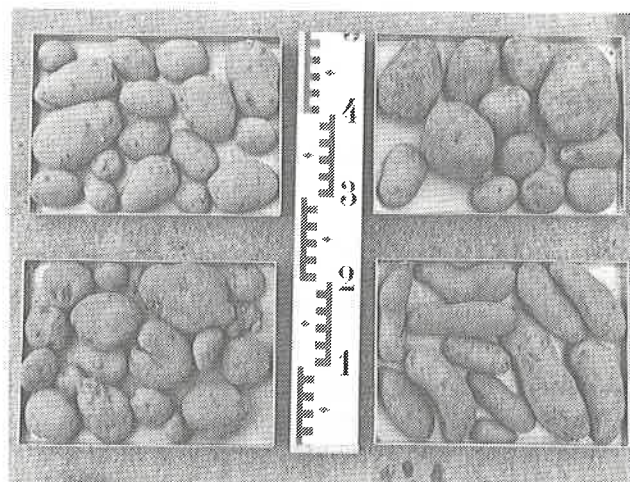
- **Bintje**: kleine Knollen rund, grössere kurz- bis langoval, ziemlich ausgeglichen
- **Eba**: kurzoval, grossfallend, ausgeglichen
- **Maritta**: rund, buckelig, un- ausgeglichen
- **Stella**: lang, hörnchen- oder kommaförmig.

Stella kann hinsichtlich der Kalibrierbarkeit als problematischste Sorte des schweizerischen Richtsortimentes bezeichnet werden.

Die gewählten **Kalibrierungen** gemäss den Vorschriften der Handelsusancen:

- 28 bis 32 mm
- 32 bis 35 mm
- = Kleinsortierungen für Saatkartoffeln.
- 35 bis 42,5 mm
- = Normalsortierung für Bratkartoffeln.
- 42,5 bis 70 mm
- = Universalsortierung für Speisekartoffeln.
- unter 28 mm und über 70 mm
- = Ausschuss

Abb. 11: Kartoffelsortiment für die Testeinsätze. Oben: Bintje und Eba; unten: Maritta und Stella.



● Optimale Einstellung

Bei den Typen COMPAS und SAMRO kann die Hubrichtung und -länge der Siebe (bei SAMRO auch die Neigung des Siebkastens), bei JABELMANN und SKALS hingegen nur die Hubzahl verstellt werden. Um Aufschluss über diese Zusammenhänge zu erhalten, wurden zunächst mit je einer Maschine (Schock- und Schwingsystem) entsprechende Grundlagenversuche mit immer demselben Knollensortiment (Bintje) und der gleichen Siebgrösse (Maschenweite 42,5 mm) unternommen. Dabei waren je 50% der aufgegebenen Knollen grösser bzw. kleiner als 42,5 mm. Aus den Ergebnissen (Abb.

12 und 13) lassen sich folgende Rückschlüsse ziehen:

- **Schocksystem** (Siebbewegung horizontal/vertikal).

Die günstigsten Resultate zeigten sich bei einem Vertikal/Horizontalhub der Siebe von 19/9 mm (Siebkasten- neigung 4 bis 5%) im mittleren Durchsatzbereich (3,5 t/h). Auch bei hohen Durchsätzen (bis zu 1½ Knollenlagen auf den Sieben) nahm der Kalibrierfehler nur unwesentlich zu.

- **Schwingsystem**

(Siebbewegung horizontal). Um eine sichere Förderung auch bei geringen Durchsätzen (2,5 t/h) zu gewährleisten, müssen sich die Siebe mit mindestens 190 bis 200 Schwingun-

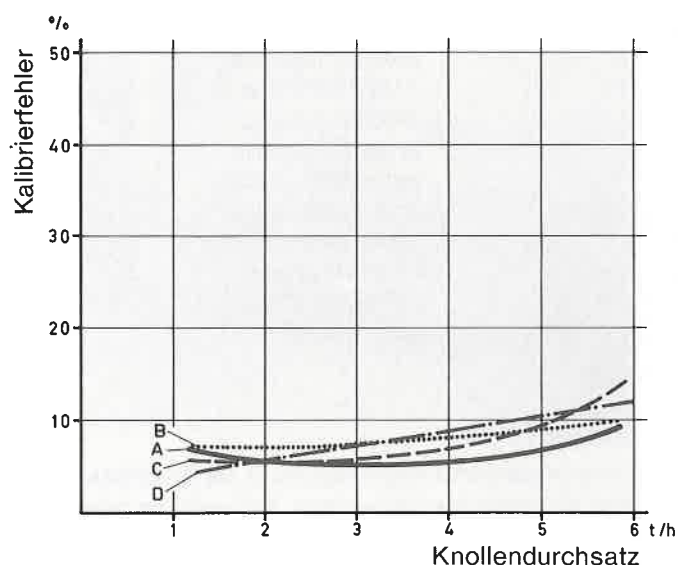


Abb. 12: Schocksystem (SAMRO): Einfluss der Durchsatzleistung und verschiedener Einstellungen auf die Kalibriergenauigkeit.

	Vertikalhub mm	Siebkastenneigung %
A =	19	4,2
B =	19	8
C =	17	4,2
D =	20	4,2

(A: Grundeinstellung für Testversuche)

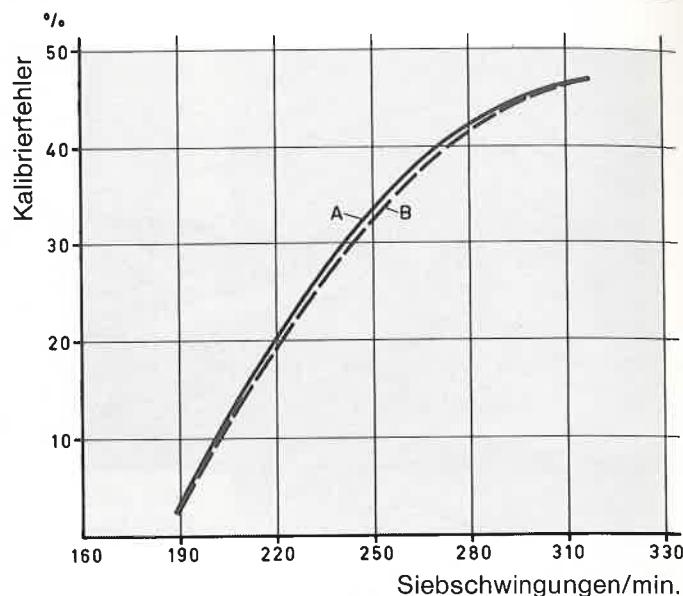


Abb. 13: Schwingssystem (SKALS): Einfluss der Siebfrequenz (Siebschwingungen/min.) und der Durchsatzleistung auf die Kalibriergenauigkeit.

A = Durchsatz 2,5 t/h

B = proportionale Erhöhung des Durchsatzes zur Siebfrequenz von 2,5 t/h (190 Hz) bis 4,1 t/h (310 Hz).

(B: Vor allem im höheren Frequenz- bzw. Durchsatzbereich, knapp unter Fördergrenze)

gen/min. bewegen. Bei dieser Frequenz ist die Kalibriergenauigkeit am günstigsten; sie verschlechtert sich mit zunehmender Frequenz. Größere Durchsätze können nur mit einer Erhöhung der Frequenz verarbeitet werden, was aber gleichermassen mit einer Abnahme der Kalibriergenauigkeit verbunden ist.

Die eigentlichen Vergleichseinstellungen mit verschiedenen Sorten wurden in der Folge nach diesen Einstellungen bzw. Erkenntnissen durchgeführt.

● Kalibriergenauigkeit und Durchsatzleistung (Tab. 2, Abb. 14)

Die Messungen bezüglich der Kalibriergenauigkeit und Knollenbeschädigung erfolgten bei jeder Maschine mit verschiedenen auf den jeweiligen Leistungsbereich abgestimmten, praxisgerechten Durchsätzen. In Tabelle 2 sind die entsprechenden Mittelwerte und in Abbildung 14 die Zusammenhänge zwischen Durchsatz und Kali-

briergenauigkeit aufgezeigt. Unter «Gesamtkalibrierfehler» sind die falsch kalibrierten Knollen aller Fraktionen in Gewichtsprozent vom Gesamtknollengewicht zu verstehen. Beim Vergleich dieser Zahlen ist zu berücksichtigen, dass bei SAMRO und SKALS nur drei, bei JABELMANN und COMPAS hingegen vier bzw. sechs Knollenfraktionen erstellt werden. Mit zunehmender Zahl der Fraktionen wird es grundsätzlich schwieriger, den Gesamtkalibrierfehler tief zu halten.

Die Sorte **Maritta** liess sich mit allen Maschinen relativ problemlos kalibrieren. Der zulässige Kalibrierfehler von 6% wurde nur von COMPAS in der Fraktion 32 bis 35 mm auch bei geringen Durchsätzen leicht überschritten. Bei **Eba** fielen die Resultate ähnlich aus. SAMRO, JABELMANN und SKALS zeigten hier in der Fraktion grösser 70 mm ziemlich viele zu kleine Knollen.

Massgenauigkeit der Siebmaschinen

Maschine	max. Abweichung in mm bei Siebgrösse		
	35 mm	42,5 mm	70 mm
COMPAS	- 0,1 / + 0,5	- 0,5 / + 0	1)
SAMRO	- 1,0 / + 0,4	- 1,1 / + 0,1	- 1,4 / + 0,9
JABELMANN	- 0,8 / + 0,3	- 0,2 / + 0,8	- 0,3 / + 0,8
SKALS	- 0,6 / + 0,5	- 0,8 / + 1,2 2)	- 1,4 / + 0,7

1) nicht geprüft; 2) 42 mm Sieb

Tabelle 2: Kalibriergenauigkeit

Mittelwerte mehrerer Messungen im praxisentsprechenden Durchsatzbereich der jeweiligen Maschine (vgl. Abb. 14).

Sorte - Maschine	Knollen- durchsatz t/h	Kalibrierfehler in Gew.-% * bei Sortierung ... mm					Gesamt
		28 - 32	32 - 35 bzw. $\triangleleft$ 35	35 - 42,5 bzw. $\triangleleft$ 42,5	42,5 - 70 bzw. $\triangleright$ 42,5	$\triangleright$ 70	
Bintje		(5)	(10)	(24)	(59)	(0,2)	
- COMPAS	2,5	5	14	4	12	0	9,1
- SAMRO	2,9	-	0	7	9	-	7,6
- JABELMANN	3,3	-	0	15	21	0	16,5
- SKALS	3,2	-	1	5	10	-	7,8
- Vergl'masch.	2,5	-	0	3	14	-	10,2
Eba		(1)	(2)	(4)	(83)	(10)	
- COMPAS	2,8	7	9	2	1	3	1,6
- SAMRO	2,9	-	-	0	2	47	7,4
- JABELMANN	3,7	-	0	10	3	22	5,4
- SKALS	3,3	-	-	2	3	42	7,0
Maritta		(1)	(3)	(11)	(82)	(3)	
- COMPAS	2,7	2	12	4	3	0	3,3
- SAMRO	3,0	-	0,1	8	4	-	4,3
- JABELMANN	3,8	-	0	6	5	2	4,8
- SKALS	2,9	-	1	10	5	-	5,4
Stella		(6)	(9)	(26)	(56)	(2)	
- COMPAS	2,2	21	24	18	34	100	27,2
- SAMRO	2,8	-	0	24	35	-	25,1
- JABELMANN	3,1	-	0	43	39	72	42,0
- SKALS	2,8	-	0	41	42	-	35,5
- Vergl'masch.	2,3	-	0	5	24	-	15,3

() = mittlere Knollengrößenverteilung in Gew.-% (inkl. der falsch kalibrierten Kartoffeln).

* = Toleranzgrenze für Speisekartoffeln 6% und Saatkartoffeln 2%.

$\triangleleft$ = kleiner als ...

$\triangleright$ = grösser als ...

Auch bei **Bintje** mit langovalen Knollen kommt deutlich zum Ausdruck, dass sich grosse Kartoffeln schlechter kalibrieren lassen als kleine. In der Fraktion grösser 42,5 mm lagen alle Maschinen (SKALS nur bei höheren Durchsätzen) über der Toleranzgrenze. Absolut ungenügend war die Kalibriergenauigkeit bei **Stella**. Für eine einigermaßen genaue Kalibrierung

müssten diese durchwegs langen Knollen auf den Sieben aufgestellt werden, um sich durch die Siebmaschen abtasten zu können. Solche Betriebszustände liessen sich mit keiner der neuen Maschinen erreichen. Etwas geringere Kalibrierfehler bei dieser Sorte ermöglichte die alte Vergleichsmaschine. Durch die hohe Siebfrequenz (450 Schwingungen/min.) und die

horizontal/vertikale Bewegung des Siebkastens (9/11 mm, ellipsenförmige Drehung) wird die Kalibriergenauigkeit günstig beeinflusst. Eine Verminderung der Drehzahl (420 Schwingungen/min.) führte zwar bei **Stella** und **Bintje** zu einer Verbesserung der Kalibriergenauigkeit; die Siebe waren dann aber schon nach wenigen Minuten vollständig verstopft.

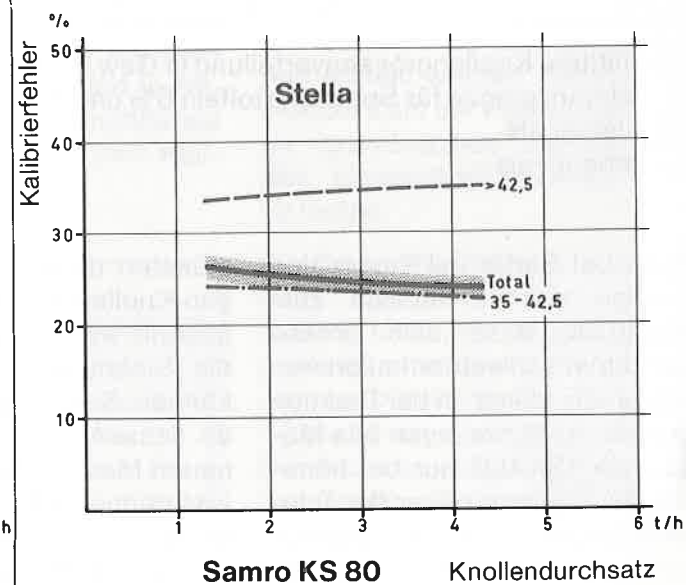
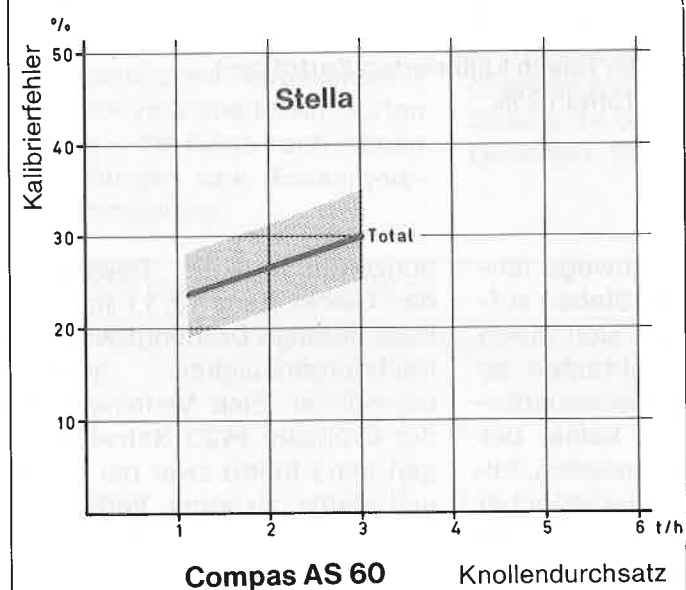
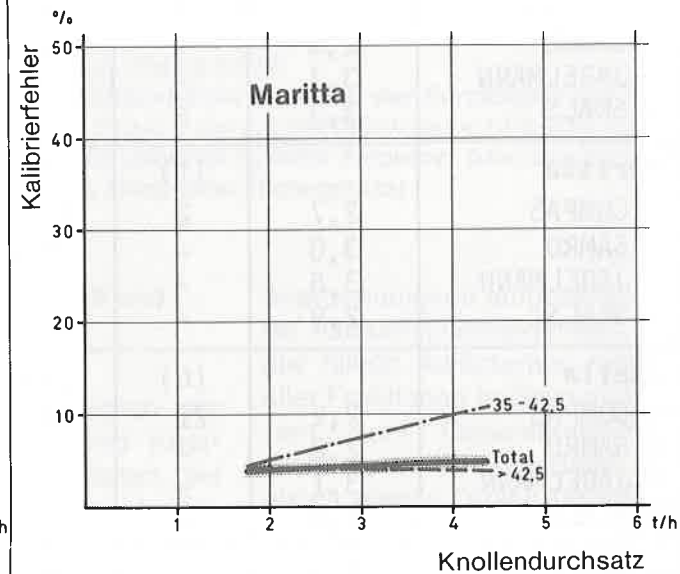
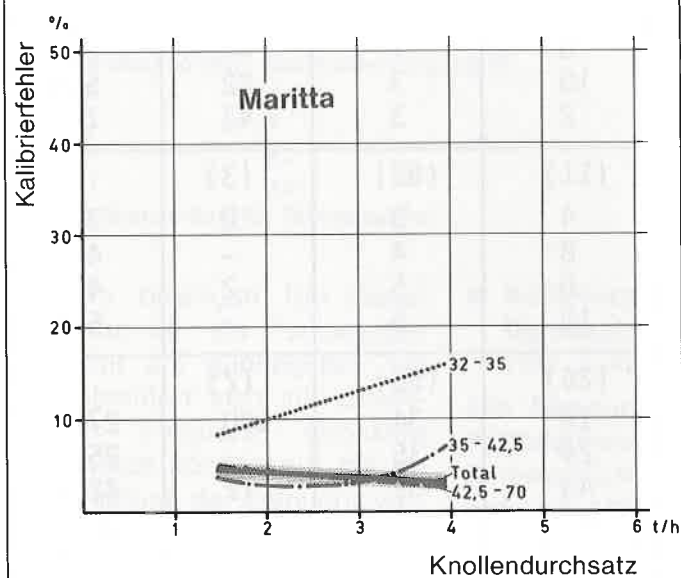
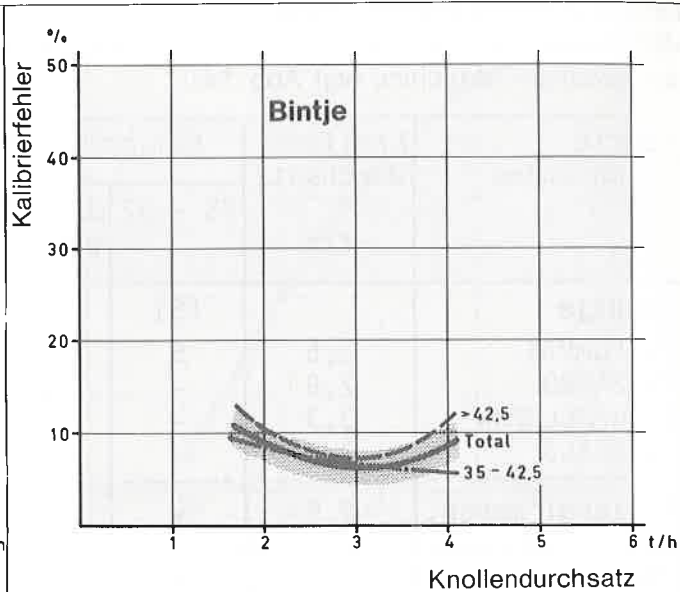
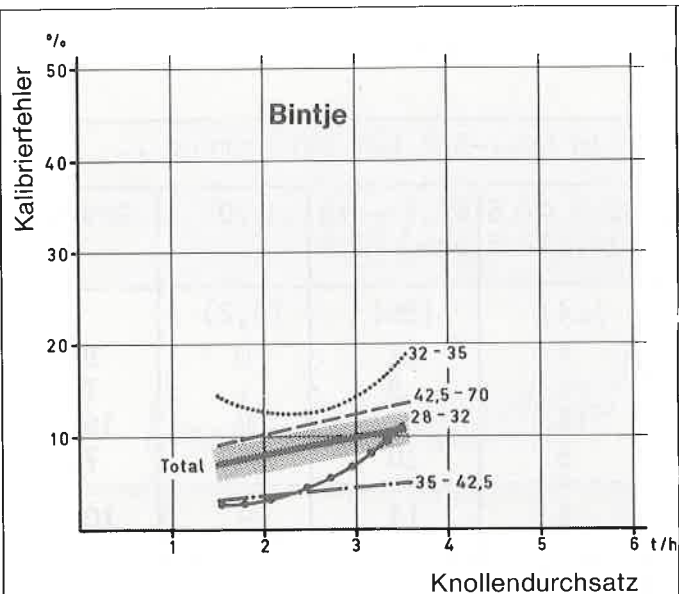
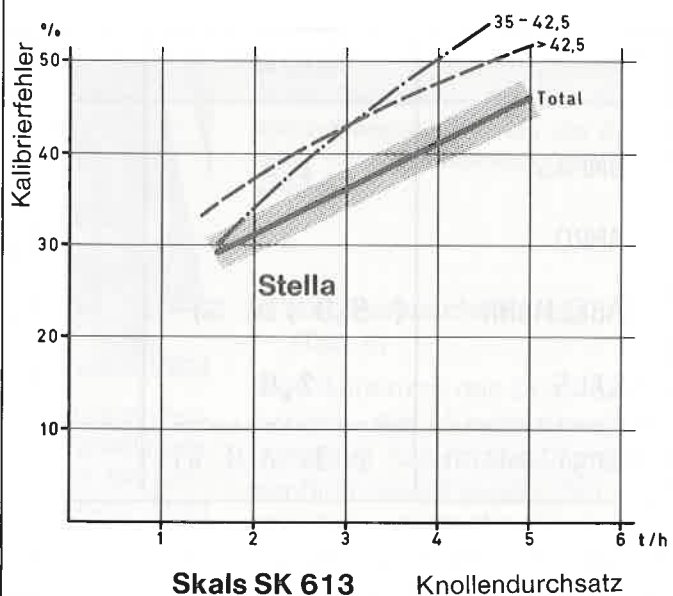
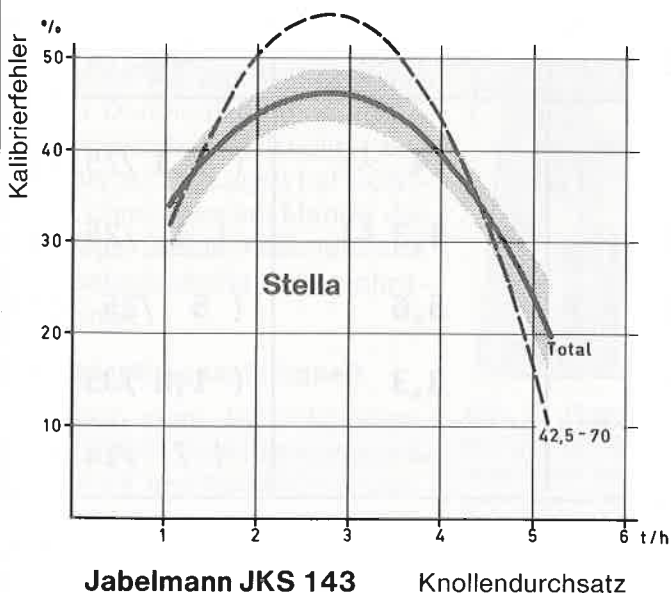
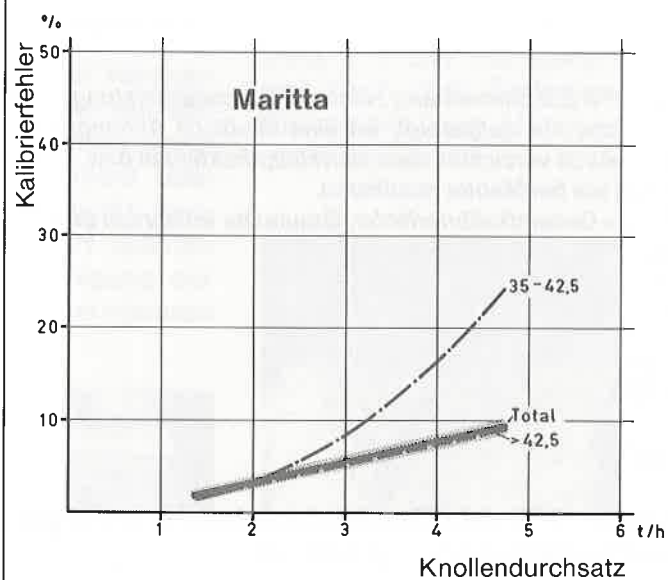
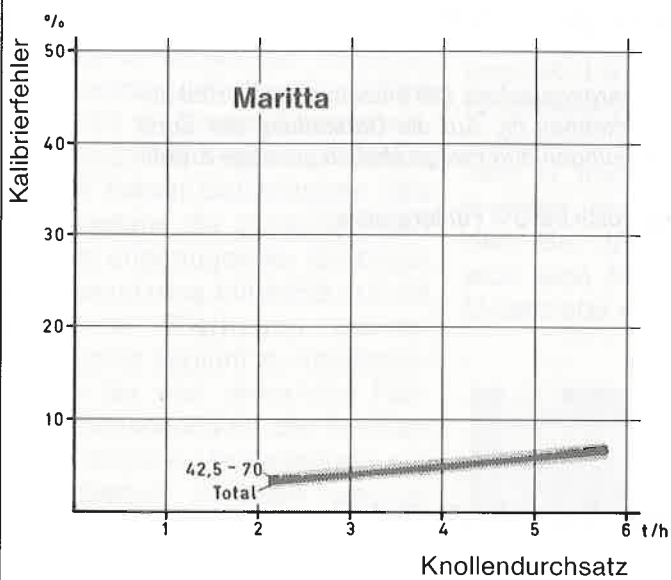
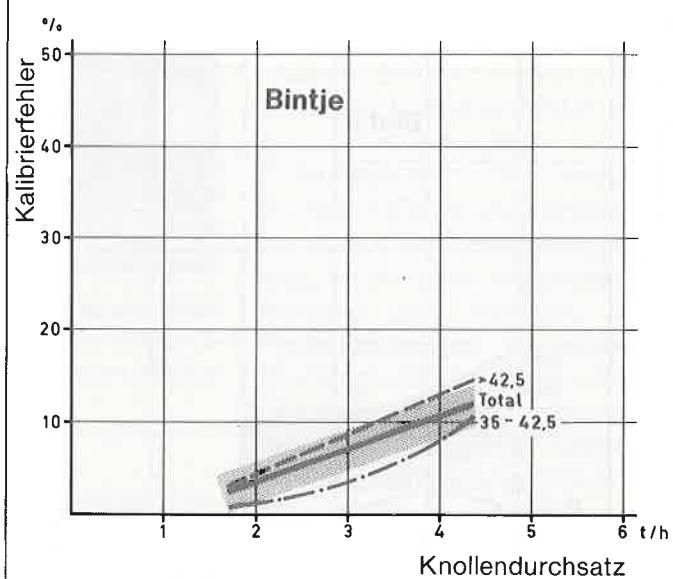
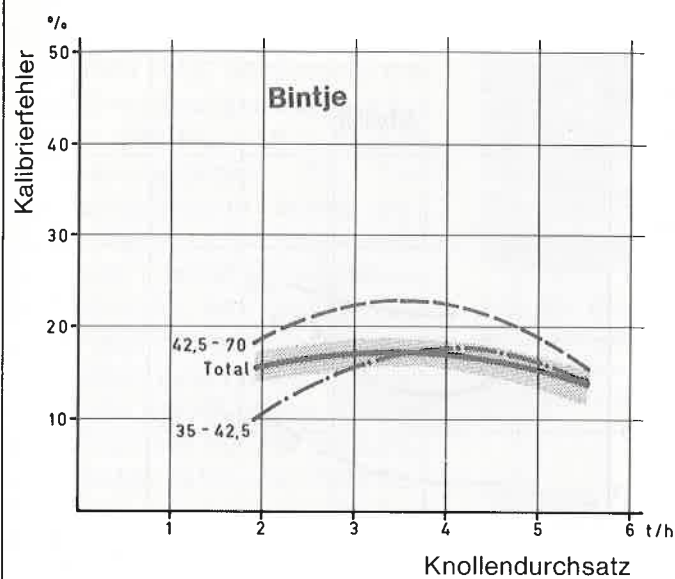


Abb. 14a

Abb. 14b



Jabelmann JKS 143

Knolldurchsatz

Abb. 14c

Skals SK 613

Knolldurchsatz

Abb. 14d

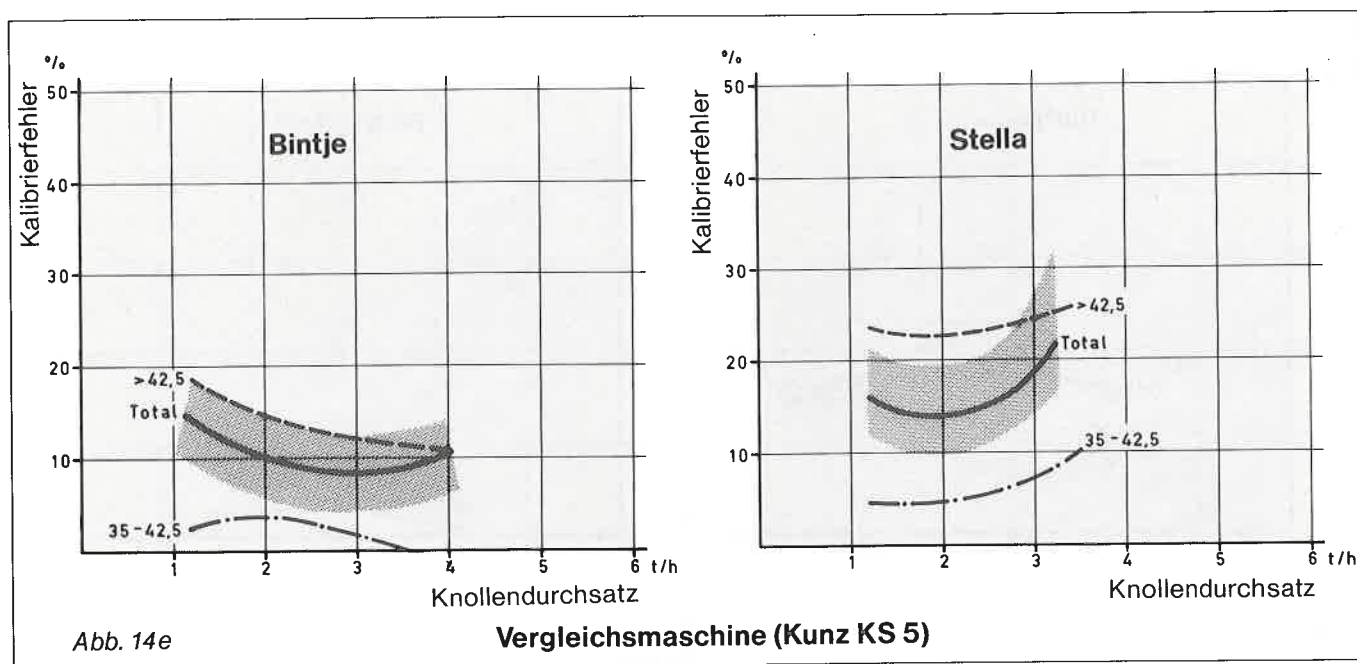


Abb. 14: Zusammenhang zwischen Durchsatzleistung und Kalibriergenauigkeit. Die einzelnen Sortierfraktionen sind nur aufgezeigt, wo eine deutliche Abhängigkeit zu erkennen ist. Auf die Darstellung der Sorte Eba wurde verzichtet, da in den Hauptfraktionen bzw. Marktsortierungen durchwegs ähnlich günstige Ergebnisse wie bei Maritta resultieren.

Total = Gesamtkalibrierfehler, Grauraster entspricht dem Streubereich bei 5% Fehlergrenze.

Tabelle 3: Erzielte Durchsatzleistungen in t/h bei einem Gesamtkalibrierfehler von höchstens 6% (vgl. Abb. 14).

Maschine	Bintje	Eba	Maritta	Stella
COMPAS	1,5	4 1)	4 1)	(1,3 /25 %)
SAMRO	3	4,2	4,3 2)	(4 /25 %)
JABELMANN	(5,3 /14 %) 3)	5,1	5,6	(5 /25 %) 3)
SKALS	2,8	3,2	3,3	(1,8 /33 %)
Vergl. masch.	(3 / 8 %)	-	-	(2 /14 %)

() = Durchsatz bei kleinstmöglichem Kalibrierfehler (= zweite Zahl).

1) = Elevator und Verleseband an Leistungsgrenze, Stauungen vor 70 mm Sieb.

2) = Verleseband an Leistungsgrenze.

3) = Siebkasten an Verstopfungsgrenze.

Die möglichen **Durchsatzleistungen** bei einem Gesamtkalibrierfehler von höchstens 6% (bzw. den günstigen darüber liegenden Werten) sind in Tabelle 3 wiedergegeben. Die Leistungsbegrenzung ergab sich dabei durch die Kalibriergenauigkeit, durch Überlastung des Elevators, des Siebkastens oder des Verlesebandes. Die höchsten Leistungen wurden mit JABELMANN erzielt. Bei dieser Maschine mit der grössten Siebfläche nahm der Kalibrierfehler bei den zu Verstopfungen neigenden Sorten Bintje und Stella mit steigendem Durchsatz vorerst etwas zu, um dann bis zur Erreichen der Verstopfungsgrenze wieder abzufallen (Abb. 14 c). Dieser Zusammenhang lässt sich somit erklären, da bei hohen Belastungen des Siebkastens die Schwingungen infolge ungenügender Stabilität der Abstützung teilweise auf die Maschine übertragen werden (Maschine beginnt zu rutschen). Durch die nun reduzierte Fördergeschwindigkeit der Knollen bzw. längere Verweildauer auf den Sieben (Knollen werden zum Teil aufgestellt), verbessert sich die Kalibriergenauigkeit bei allerdings stark erhöhter Verstopfungstendenz. Die Siebe von COMPAS und SAMRO waren im Durchsatzbereich von 4 t/h vollständig mit Knollen belegt (bis zu 1½ Lagen bei COMPAS), ohne dass bei Maritta der zulässige Gesamtkalibrierfehler für Speisekartoffeln überschritten wurde.

● Verstopfungsanfälligkeit

Die nach dem Schocksystem arbeitenden Kalibrieraggregate (COMPAS und SAMRO) erwiesen sich als am wenigsten verstopfungsanfällig. Nur von Zeit zu Zeit mussten einzelne unförmige Knollen – hauptsächlich aus den grossen Siebmaschen

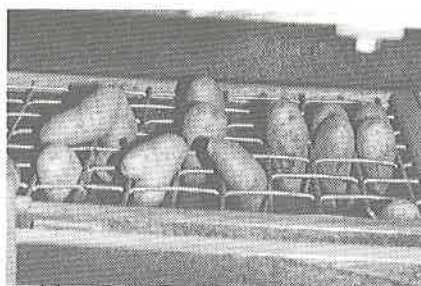


Abb. 15: Beim Schocksystem traten Verstopfungen fast nur auf den grösseren Sieben bei unförmigen Knollen auf (COMPAS).

(42,5 und 70 mm) – befreit werden (Abb. 15). Bei den horizontal schwingenden Sieben mit Plastik- bzw. Gummibeschichtung der Typen JABELMANN und SKALS konnte der Verstopfungsneigung mit einer auf den Durchsatz abgestimmten Drehzahl je nach Sorte mehr oder weniger entgegengewirkt werden. Bei JABELMANN drängte sich eine öftere Reinigung der Untersiebe vor allem im höheren

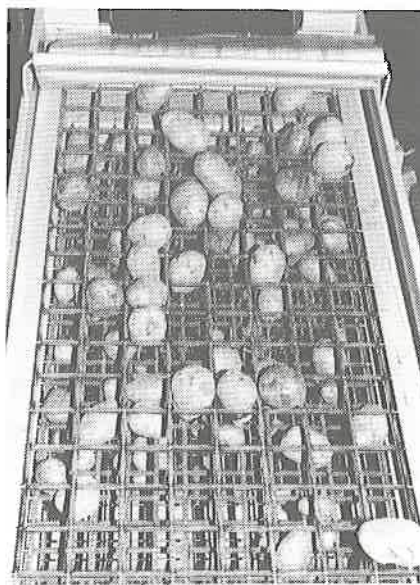


Abb. 16: Festgeklemmte Knollen liessen sich bei den beiden Schwingsiebmaschinen meistens ohne Handeingriff durch Drehzahlerhöhung lösen (JABELMANN). Mit Gummi (im Bild) oder Plastik überzogene Siebe ermöglichten eine schonendere Knollenförderung bei allerdings stärkerer Verstopfungsneigung.

Leistungsbereich bei den Sorten Bintje und Stella auf, da sich die Siebflächen bis zu zirka 25% mit festgeklebten Knollen zusetzten (Abb. 16). Die Mehrzahl der Knollen liess sich in diesen Fällen durch eine kurze, starke Drehzahlerhöhung lösen, wobei aber die öftere Verstellung des Variators (viele Kurbeldrehungen in gebückter Stellung) als mühsam empfunden wurde. Eine viel höhere Verstopfungsanfälligkeit zeigte die Vergleichsmaschine. Nach kurzem Arbeitseinsatz war bei den erwähnten Sorten jeweils das Untersieb zu zirka 40% und das Obersieb zu 20% verstopft (Abb. 17). Die Reinigung muss hier nach dem Entfernen des Obersiebes von Hand vorgenommen werden.



Abb. 17: Bei der Vergleichsmaschine war das Untersieb meistens schon nach kurzen Arbeitseinsätzen stark verstopft. Auch durch Verändern der Federvorspannung für die Siebkastenaufhängung konnten die Ergebnisse nur unwesentlich beeinflusst werden.

● Knollenbeschädigung (Tab. 4)

Eine Änderung des Durchsatzes konnte die Knollenbeschädigung bei keiner Maschine wesentlich beeinflussen. Am günstigsten waren die Ergebnisse allgemein im höheren Leistungsbereich (weniger Relativbewegungen der Knollen). Die mittleren Beschädigungswerte

Tabelle 4: Knollenbeschädigung

Mittelwerte mehrerer Messungen im praxisentsprechenden Durchsatzbereich der jeweiligen Maschine bei Bintje, Knollengrösse 40 bis 50 mm.

Maschine	Knollen- durchsatz t/h	Beschädigte Knollen *) in Gew.-%		
		leicht	stark	Gesamt
COMPAS	2,5	3,3	3,2	5,5
SAMRO	2,9	6,7	3,2	9,9
JABELMANN	2,9	5,1	0	5,1
SKALS	3,2	5,0	2,5	7,5
Vergl. masch.	2,5	4,7	3,9	8,6

*) Differenzbeschädigung verursacht durch die Sortiermaschine.

leichte Beschädigung: 1,7–5,1 mm Tiefe.

starke Beschädigung: tiefer 5,1 mm.

der vorher etwas gelagerten Kartoffeln können bei allen Typen als akzeptabel bezeichnet werden (Tab. 4). Die Auswirkungen von kleinen, oberflächlichen – mit der angewendeten Schältestmethode nicht unbedingt erfassbaren – Knollenverletzungen kommen möglicherweise erst später zum Ausdruck. So kann bei hohem Infektionsdruck die Verbreitung von Lagerkrankheiten begünstigt werden. Im Hinblick darauf sind die Hinweise a), b), g), h), l), p), s) und u) im Abschnitt «Empfehlungen» zu beachten.

● Verlesevorrichtungen

Die Fördergeschwindigkeit und Arbeitshöhe der Rollenverlesebänder liegt bei allen Typen im optimalen Bereich. Bei COMPAS, SAMRO und SKALS wird eine runde 50 mm-Knolle pro Meter Förderweg zirka sechsmal und bei JABELMANN zirka 2¼ mal um 360° gedreht. Diese langsamere, unterbrochene

	mittlere Bewegungslänge ¹⁾ pro cm/Knolle	Zeitbedarf pro AK s/100 Kn.	Platz- bedarf cm/AK	Platz für AK ²⁾
COMPAS	33	135	51–55	4
SAMRO	25/100 ³⁾	120/210 ³⁾	51–55	4/6
JABELMANN	100	210	55–60	4
SKALS	30	130	51–55	4/6

¹⁾ Strecke welche beim Auslesen mit der Hand zurückzulegen ist.

²⁾ min./max.

³⁾ je nach Standort und Einteilung der Verlesebahnen.

Anforderungen an Rollenverlesebänder

- Die optimale **Fördergeschwindigkeit** liegt im Bereich von 10 bis 16 cm/s. Die Knollen sollten sich pro Meter Förderweg zirka zweimal drehen.
- Optimale **Arbeitshöhe**:
Frau 75 bis 85 cm; Mann 80 bis 90 cm.
- **Platzbedarf** pro Person: 51 bis 55 cm.
- Das Verlesen wird erleichtert, wenn gegen sich gearbeitet werden kann. Schmale **Ausschussbahnen** am personalseitigen Rand des Verlesetisches sind diesbezüglich am vorteilhaftesten zu beurteilen.
- **Beleuchtungsstärke** min. 500 bis 700 Lux (nach DIN 5035). Rollen in heller Farbe geben einen günstigen Kontrast zu Kartoffeln.

● Empfehlungen

Den Herstellern wird empfohlen, folgende Hinweise bei der zukünftigen Fertigung zu berücksichtigen:

COMPAS LANCO AS 60

- a) **Elevator:** Zu grosse Einfüllhöhe (63,5 cm) im Hinblick auf die Handbeschickung. Fehlende Polsterung des Trichters.

SAMRO KS 80

- b) **Elevator:** Fehlende Polsterung des Trichters.
- c) **Unfallgefahr:** Scharfe (unverputzte Kanten im Bereich der Siebkastenaufhängung. Antriebswelle für Absackband ist ungeschützt. Elektrische Installation entspricht zum Teil nicht den Sicherheitsvorschriften (unter Strom stehende Teile sind mit spitzem Gegenstand zugänglich)* (Abb. 18).

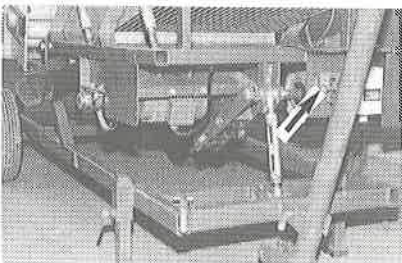


Abb. 18: Siebkastenunterbau von SAMRO KS 80: Gefährliche elektrische Installation (Pfeil). Der Rahmen und die Abstützung sind sehr stabil ausgelegt. Die Maschine kann ohne Mühe in Arbeits- und Transportstellung gebracht werden.

- d) **Siebkasten:** Das 70 mm Sieb zeigt an den Längsseiten rechteckige, nicht abgedeckte Maschen. Dadurch gelangen einzelne zu kleine Knollen in die Sortierung grösser 70 mm.
- e) **Absackband für Kleinkartoffeln:** Starke alternierende Geräuschentwicklung [zusätzlich 6 bis 7 dB(A)]. Einzelne Knollen fallen beim Einlauf auf den Boden.
- f) **Verlesetisch:** Einzelne Kleinkartoffeln gelangen unter die mittleren Bahnbegrenzungsleisten und werden bei der vorderen Rollenumlenkung zerquetscht oder auf den Boden gefördert (Abb. 19).

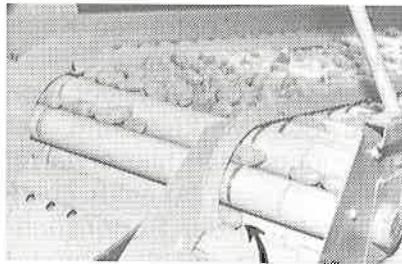


Abb. 19: Bedingt durch den relativ grossen Rollendurchmesser bei SAMRO (Bild) und SKALS, können kleinere Knollen (Pfeil) an der vorderen Verlesebandumlenkung zerquetscht oder auf den Boden gefördert werden.

- g) **Absackstutzen:** Teilweise Brückenbildung bei der Sorte Stella.
- h) **Paloxenband** (Abb. 20): Grosser Mitnehmerabstand (50 cm) bedingt relativ hohe Fördergeschwindigkeit. Paloxenwechsel ist zwangsläufig mit Arbeitsunterbrüchen oder mit einem mühsamen Umstellen des Bandes verbunden (Schwenkvorrichtung fehlt).

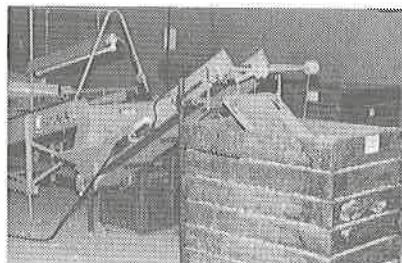


Abb. 20: Paloxenfüllgerät zu SAMRO KS 80.

JABELMANN JKS 143

- i) **Elevator:** Zu grosse Einfüllhöhe (71 cm) im Hinblick auf die Handbeschickung.
- k) **Unfallgefahren am Siebkasten:** Abstände zwischen den beiden hinteren Holzschwingen zu klein. Übergang zwischen Siebkasten und Absackstutzen für Übergrössen ungeschützt. Mehrere scharfe Kanten bei ungeschützten, schwingenden Teilen.*

- l) **Übergang zweites Sieb/Verlesetisch:** Relativ hohe ungepolsterte Fallstufe.
- m) **Verlesetisch:** Eine Bahn für die auszulesenden Knollen fehlt (beträchtliche Verminderung der Verleseleistung). Quersteg behindert Verlesearbeit (etwas zu weit hinten). Beleuchtung im hinteren Abschnitt ungenügend (weniger als 500 Lux). Abmessungen im Verhältnis zur Kalibrierleistung eher etwas knapp.
- n) **Stabilität der Abstützung** ungenügend.
- o) **Drehzahlverstellung** ist mühsam zu bedienen.

SKALS SK 613

- p) **Elevator:** Fehlende Polsterung des Trichters. Grosser Mitnehmerabstand (49 cm) bedingt relativ hohe Fördergeschwindigkeit.
- q) **Unfallgefahr:** Abstand zwischen Stütze und Holzschwinde für Siebkasten zu klein.*
- r) **Siebkasten:** Verschraubungen an den Holzteilen lösen sich nach kurzen Arbeitseinsätzen. Einzelne Knollen springen vom Obersieb über die niederen Seitenbegrenzungen.
- s) **Übergang zweites Sieb/Verlesetisch:** Relativ hohe ungepolsterte Fallstufe. Einzelne Knollen gelangen in die Ausschussbahn oder werden von den Bahnbegrenzungsleisten beschädigt.
- t) **Verlesetisch:** Wärmelampen wirken zu wenig auf die seitlichen Verlesebahnen (siehe auch Hinweis f).
- u) **Absackstutzen:** Je nach Stellung der Leitbleche relativ hohe Fallstufe zwischen Verlesetisch und Säcke. Vereinzelt Brückenbildung bei der Sorte Stella. Einzelne Knollen gelangen durch Öffnung auf den Boden.
- v) **Anhängedeichsel:** Laschen für Bolzen zu kurz.

* Begutachtung in Zusammenarbeit mit der Schweiz. Beratungsstelle für Unfallverhütung in der Landwirtschaft (BUL)

Nach Mitteilung der Hersteller und Vertretungen werden diese Hinweise bei der Fertigung und Ausrüstung nach Möglichkeit berücksichtigt.

Drehung der letzteren Maschine wirkt sich vor allem bei kleinen Kartoffeln vorteilhaft auf die Verlesearbeit aus (geringere Ermüdung). Im Verhältnis zur Kalibrierleistung ist der Verlesetisch in den Abmessungen aber eher etwas knapp ausgelegt. Das Verleseband von SAMRO lässt sich bei einer kurzfristigen Überlastung durch eine Verlesepersion mit einem leichten Hüftdruck stoppen. Die auszulesenden Knollen müssen bei JABELMANN ausserhalb des Verlesetisches zum Beispiel in Kisten oder Körben abgelegt werden, da eine entsprechende Bahn auf dem Band fehlt. Die Arbeitszeit und der Platzbedarf pro Verlesepersion wird dadurch grösser.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die mögliche Kalibrierengenauigkeit der getesteten Flachsieb-sortiermaschinen ist je nach Typ und Kartoffelsorte zum Teil stark unterschiedlich. So können die Anforderungen bei rundlichen Knollen im allgemeinen gut erfüllt werden. Sorten mit kurz- bis langovalen Knollen sind selbst bei geringen Leistungen schwieriger zu kalibrieren. Periodische Kontrollen mit der Kalibrierlehre sind hier bei allen Maschinen unerlässlich. Um die Kalibriertoleranz (insbesondere für Saatkartoffeln) einzuhalten, muss bei einzelnen Fraktionen teilweise eine Nachkorrektur beim Verlesen vorgenommen werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass zum Beispiel für die Erstellung der Speisesortierung statt des 42,5 mm Siebes ein solches mit einer etwas grösseren Maschenweite ver-

wendet wird. Nicht befriedigen können diese Kalibriersysteme bei Sorten mit extremen Knollenformen (zum Beispiel Stella). Entsprechende Rücksicht von Seiten des Marktes und der Konsumenten darf hier erwartet werden. Dieser Aspekt sollte aber auch bei der Sortenzüchtung und -auswahl vermehrt Beachtung finden.

Schockartig bewegte Siebe erweisen sich vor allem weniger verstopfungsanfällig als horizontal schwingende Siebe. Beide Kalibriersysteme zeigen aber wesentliche Verbesserungen im Vergleich zu einer herkömmlichen, in grossen Stückzahlen verbreiteten Sortiermaschine mit schnellschwingenden, vertikal/horizontal bewegten Sieben.

Unter mittleren Bedingungen werden relativ wenige Knollen durch die Sortiermaschinen stark beschädigt. Im Hinblick auf besonders empfindliche Sorten, erntefrisches Knollenmaterial oder eine hohe Infektionsgefahr wären aber bei allen getesteten Typen noch mehr oder weniger Detailverbesserungen wünschenswert.

Hohe Verleseleistungen bedingen einen optimal auf die Kalibrieraggregate abgestimmten Verlesetisch mit mindestens einer Bahn für die Ausschussknollen. Der Arbeitsplatz für das Personal sollte nach ergonomischen Erkenntnissen ausgelegt sein. Auch diesbezüglich könnten bei einigen Maschinen noch verschiedene Verbesserungen realisiert werden.

Allfällige Anfragen über das behandelte Thema, sowie auch über andere landtechnische Probleme, sind an die unten aufgeführten kantonalen Maschinenberater zu richten. Weitere Publikationen und Prüfberichte können direkt bei der FAT (8356 Tänikon) angefordert werden.

ZH	Schwarzer Otto, Landw. Schule Weinland, 8408 Wülflingen	Tel. 052 - 25 31 21
BE	Brunner Samuel, Bergbauernschule Hondrich, 3702 Hondrich	Tel. 033 - 54 11 67
	Herrenschwand Willy, Landw. Schule Seeland, 3232 Ins	Tel. 032 - 83 32 32
	Hofmann Hans Ueli, Landw. Schule Waldhof, 4900 Langenthal	Tel. 063 - 22 30 33
	Marthaler Hansueli, Landw. Schule Langnau, 3552 Bärau	Tel. 035 - 2 42 66
	Marti Fritz, Landw. Schule Rütli, 3052 Zollikofen	Tel. 031 - 57 31 41
	Mumenthaler Rudolf, 3752 Wimmis	Tel. 033 - 57 11 16
LU	Moser Anton, Landw. Schule Schüpfheim, 6170 Schüpfheim	Tel. 041 - 76 15 91
	Schäli Ueli, Landw. Schule Willisau, 6130 Willisau	Tel. 045 - 81 33 18
	Wandeler Erwin, Bühlstasse, 6207 Nottwil	Tel. 045 - 54 14 03
	Widmer Norbert, Landw. Schule Hohenrain, 6276 Hohenrain	Tel. 041 - 88 20 22
UR	Zurfluh Hans, Hochweg, 6468 Attinghausen	Tel. 044 - 2 15 36
SZ	Fuchs Albin, Landw. Schule Pfäffikon, 8808 Pfäffikon	Tel. 055 - 48 33 45
OW	Müller Erwin, Landw. Schule Obwalden, 6074 Giswil	Tel. 041 - 68 16 16
NW	Isaak Franz, Breitenhaus, 6370 Stans	Tel. 041 - 63 11 22
ZG	Müller Alfons, Landw. Schule Schluchthof, 6330 Cham	Tel. 042 - 36 46 46
FR	Krebs Hans, Landw. Schule Grangeneuve, 1725 Posieux	Tel. 037 - 82 11 61
SO	Tschumi Fredi, Landw. Schule Wallierhof, 4533 Riedholz	Tel. 065 - 22 93 42
BL	Langel Fritz, Feldhof, 4302 Augst	Tel. 061 - 83 28 88
	Speiser Rudolf, Aeschbrunnhof, 4461 Anwil	Tel. 061 - 99 05 10
SH	Hauser Peter, Landw. Schule Charlottenfels, 8212 Neuhausen a. Rhf.	Tel. 053 - 2 33 21
AI	Hörler Hansjürg, Loretto, 9108 Gonten	Tel. 071 - 89 14 52
AR	Klee Anton, Werdegweg 10, 9053 Teufen	Tel. 071 - 33 26 33
SG	Haltiner Ulrich, Landw. Schule Rheinhof, 9465 Salez	Tel. 085 - 7 58 88
	Pfister Theophil, Landw. Schule Flawil, 9230 Flawil	Tel. 071 - 83 16 70
	Steiner Gallus, Landw. Schule Flawil, 9230 Flawil	Tel. 071 - 83 16 70
GR	Stoffel Werner, 7430 Thusis	Tel. 081 - 81 17 39
AG	Müri Paul, Landw. Schule Liebegg, 5722 Gränichen	Tel. 064 - 31 52 52
TG	Monhart Viktor, Landw. Schule Arenenberg, 8268 Mannenbach	Tel. 072 - 64 22 44
TI	Müller Antonio, Ufficio consulenza agricola, 6501 Bellinzona,	Tel. 092 - 24 35 53
	Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Maschinenberatung, 8307 Lindau	Tel. 052 - 33 19 21

FAT-Berichte erscheinen monatlich und können auch in französischer Sprache im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 35.-, Einzahlung an die Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8356 Tänikon, Postcheckkonto 30 - 520.