

den Überlaufing und einem zylindrischen Schlammraum ohne Querschnittsverengung zum Austragschieber die günstigste Lösung dar. Nach Abschluß noch ausstehender Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erscheint der Einsatz von Hydrozyklonen mit entsprechenden Eindickvorrichtungen als zweckmäßiger, da diese Lösung eine qualitativ wesentlich bessere Sinkstoffabscheidung mit einer nicht unbedeutenden Senkung des Aufwands an Kosten, Primärenergie, Frischwasser und Stellfläche verbindet.

Literatur

- [1] Pickert, J.: Über hydrodynamische Sinkstoffabscheidung. TU Berlin (West), Dissertation 1966.
- [2] Wandrey, J.: Experimentelle Untersuchungen zur verfahrenstechnischen Gestaltung der Schlammendickung unter verschiedenen Standortbedingungen bei der Naßaufbereitung von Kartoffeln. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1988.
- [3] Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Naßaufbereitung von Speisekartoffeln. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Bericht A4, 1984.

- [4] Lange, V.: Werkstoff und Energie. In: Arbeit von Plenum und Klassen der AdW der DDR, Berlin (1977)2.
- [5] Struck, R.: Zur Erarbeitung von Verfahren des multivariaten Kennziffervergleichs. Wissenschaftliche Beiträge der Hochschule für Ökonomie Berlin (1985)1, S. 69-73.
- [6] Aue, C.; Struck, J.: „MKV 80-agrosoft“ – Rechnergestützte technologische Projektierung mobiler Prozesse der Pflanzenproduktion, Subsystem multivariater Kennziffervergleichs. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Anwenderdokumentation 1987. A 5960

Verringerung des Dosierfehlers der Absackwaage K 961/S

Dr. agr. G. Wormanns

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

Verwendete Formelzeichen

DGES _{zul}	t/h	zulässiger Durchsatz der Waage
ME	g	durchschnittliche Einzelstückmasse einer Stichprobe
ME 10	g	durchschnittliche Einzelstückmasse der 10 größten Einzelstücke einer Wägegut-Charge
ME 20	g	durchschnittliche Einzelstückmasse der 20 größten Einzelstücke einer Wägegut-Charge
MP	kg	Packungsmasse
MÜ	g/Pack.	erforderliche Überdosierung
s	g	Standardabweichung
s _{zul}	g	zulässige Standardabweichung
T	g	Toleranz
TBGES	s	Befüllzeit der Waage (Grob-Feinwaage)
TE/s		Quotient aus zulässiger Toleranz nach Eichvorschrift und Standardabweichung
T _o	g	obere Toleranz- bzw. Fehlergrenze
T _u	g	untere Toleranz- bzw. Fehlergrenze
...	g	Streuung der Dosierfehler einer Stichprobe

1. Problemstellung

Als vor 4 Jahren die teilautomatisierte Netto-Absackwaage K 961/S in die Produktion überführt wurde, konnten gegenüber dem Vorgängertyp K 961/1 die Arbeitsproduktivität

beim Absacken von Kartoffeln verdoppelt und die Arbeitsschwere merklich verringert werden. Als wesentlicher Mangel blieb der zu große Dosierfehler dieser robusten, einfach bedienbaren Laufgewichtswaage. Die serienmäßige, einkanalige Schwingrinne (ESR) war deshalb durch eine gutschonende, verschmutzungsunempfindliche Grob-Feinstrom-Dosiervorrichtung (GFD) zu ersetzen. Im Teil Potsdam-Bornim des Forschungszentrums für Mechanisierung und Energieanwendung wurde im Auftrag des Herstellers der Absackwaage (Waagenbau Anklam) eine geeignete, neuartige GFD [1, 2] entwickelt und in zweijährigen Praxiseinsätzen unter verschiedenen Einsatzbedingungen (LPG Niemeck und LPG Oßmannstedt) erprobt. Ab 1991 ist ihr serienmäßiger Einsatz in der Absackwaage K 961/SD vorgesehen.

2. Technische Gestaltung der Dosiervorrichtung

Über ein 460 mm breites Grobstromband wird mit geringer und damit gutschonender Gurtgeschwindigkeit von 0,52 m/s die Grobeinwaage dosiert (Bild 1). Die noch fehlende Gutmenge wird während der nachfolgenden Feineinwaage bei abgesenkter Sperrklappe über das im rechten Winkel

zum Grobstromband angesetzte Feinstromband mit einer Gurtbandgeschwindigkeit von nur 0,15 m/s unter weitgehender Vereinzelung des Wägegutes nachdosiert (Bild 2). Um ein Nachfallen einzelner Kartoffeln zu verhindern, ist die Sperrklappe mit einer separaten Pendelklappe für den Feinstrom versehen. Die Schrägstellung der Dosiervorrichtung

- sichert trotz des einkanaligen Gutstromes einen konstanten Feinstrom während der Feineinwaage
- ermöglicht die vollständige Bunkerentleerung auch über den Feinstrom
- erübrigt die übliche, leicht verschmutzbare und damit den Guttransport hemmende Abdeckleiste zwischen Grob- und Feinstromband.

Obwohl diese Dosiervorrichtung speziell für die Absackwaage K 961/S entwickelt wurde, ist ihr Einsatz in Kombination mit anderen mechanischen sowie elektromechanischen und elektronischen Waagen möglich. Sie hängt direkt unter dem Zwischenbunker der Absackwaage K 961/S. Die Stellung des Auslaufschiebers bestimmt die Guthöhe auf den Gurtbändern der Dosiervorrichtung. Denkbar ist auch ein Befüllen über einen Förderer.

Bild 1. Grob-Feinstrom-Dosiervorrichtung bei der Grobeinwaage

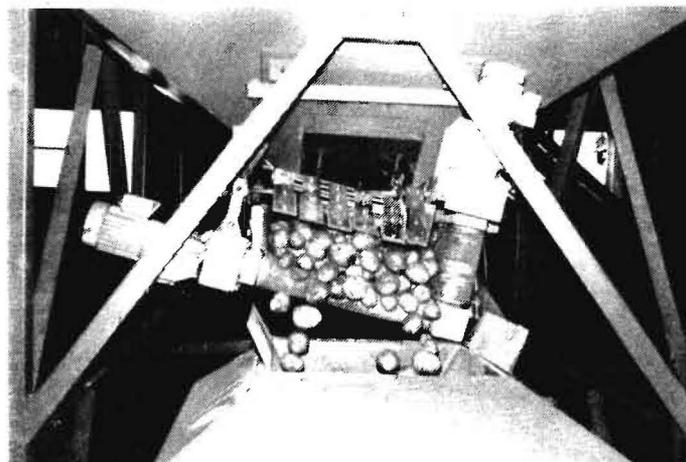
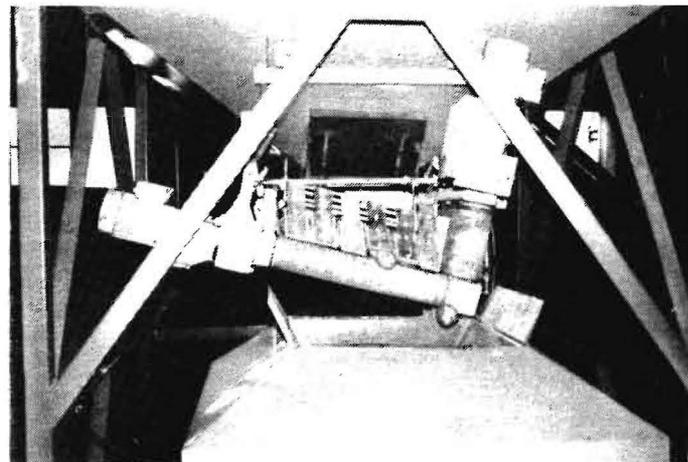


Bild 2. Grob-Feinstrom-Dosiervorrichtung bei der Feineinwaage; linke Kartoffel durch Sperrklappe zurückgehalten, rechte Kartoffel über den Feinstrom dosiert



Tafel 1 Fehlergrenzen für selbsttätige Waagen zum Abwägen – Typ K961/S mit Grob-Feinstrom-Dosierung – nach [3]

Belastung	Fehlergrenzen Einzelwägung	
	Mittel aus 10 Wägungen	g
kg	g	g
Wägegut Kartoffeln		
angenommener mittlerer Massebetrag aus 10 der größten Einzelstücke 200 g $\hat{=}$ Stückigkeitsklasse III		
50	-200	- 80
	+400	+160
25	-100	- 40
	+400	+160
20	- 80	- 32
	+400	+160
15	- 60	- 24
	+400	+160
Wägegut Zwiebeln		
angenommener mittlerer Massebetrag aus 10 der größten Einzelstücke 100 g $\hat{=}$ Stückigkeitsklasse II bis 50 kg; III alle übrigen		
II 50	-200	- 80
	+400	+160
III 25	-100	- 40
	+200	- 80
20	- 80	- 32
	+200	+ 80
15	- 60	- 24
	+200	+ 80
Wägegut Rosenkohl		
angenommener mittlerer Massebetrag aus 10 der größten Einzelstücke 20 g $\hat{=}$ Stückigkeitsklasse II		
II 50 nicht stückig		
II 20	- 80	-32
	+160	+64
15	- 60	-24
	+120	+48
13	- 52	-21
	+104	-42

3. Methodik

3.1. Zulässiger Dosierfehler

Der untere und obere Grenzwert der zulässigen Abweichung von der Sollmasse wird als zulässiger Dosierfehler staatlicherseits – in der DDR vom ASMW – festgelegt. Die hierfür geltende Eichvorschrift [3] bestimmt die untere Grenze nach der Packungsmasse und die obere Grenze für stückige Güter wie Kartoffeln nach der Masse der größten Einzelstücke einer Charge. Für die einzelnen Packungsmassen ergeben sich dadurch unter-

schiedliche Fehlergrenzen (Tafel 1). Die in den westeuropäischen Ländern gültige OIML-Empfehlung [4] geht hingegen bei der Waagenbeurteilung und -zulassung vom Streubereich der Einzelfehler aus. Auf die Vielzahl der bei beiden Vorschriften geltenden unterschiedlichen Einzelbedingungen kann in diesem Rahmen nicht eingegangen werden, ohne eine kaum zu rechtfertigende Vereinfachung vorzunehmen. Für das Absacken von Kartoffeln im Packungsbereich von 15 bis 50 kg kann jedoch zusammenfassend eingeschätzt werden: Solange die Eichvorschrift eingehalten wird, sind letztlich auch alle Forderungen der OIML-Empfehlungen erfüllt.

3.2. Bestimmung des zulässigen Durchsatzes

Je schneller eine herkömmliche Waage wie die K961/S durch die zugehörige Dosiervorrichtung befüllt wird, um so größer ist – unter Voraussetzung sonst gleicher Bedingungen – der Dosierfehler. Als zulässiger Durchsatz kann bei Zugrundelegung der Eichvorschrift ein Befülldurchsatz der Dosiervorrichtung oder – daraus abgeleitet – ein Gesamtdurchsatz der Absackwaage angesehen werden, wenn die Bedingung

$$4 s = T_u + T_o \quad (1)$$

eingehalten wird.¹⁾

Ähnlich dem Eignungsquotienten des Standards TGL 28 448 [5] kann aus der Beziehung (1) der Quotient

$$TE/s = \frac{1}{2}(T_u + T_o) \quad (2)$$

1) Obwohl die Fehlergrenze der für eine bestimmte Bauart (Waage und Dosiervorrichtung) verbindlich festgelegte untere und obere Grenzwert ist und als Toleranz die zulässige Differenz der Istmasse zur Sollmasse einer Einzelpackung zu verstehen ist, sind zum besseren Verständnis der nachfolgenden Kurzfassung methodischer Schritte auch die untere und die obere Fehlergrenze einheitlich mit T_u und T_o bezeichnet worden.

abgeleitet und als Eignungsmaß angesehen werden. Damit sind Durchsätze zulässig, die die Bedingung

$$TE/s = 2 \quad (3)$$

nicht unterschreiten.

3.3. Bestimmung der erforderlichen Überdosierung

Eichvorschrift und OIML-Empfehlung legen übereinstimmend für stückige Wägegüter im Plusbereich einen größeren zulässigen Fehler als im Minusbereich fest. Sind Dosiervorrichtung und Waage nicht fähig, die Bedingung

$$W = 2 T_u \quad (4)$$

einzuhalten, ist zwangsläufig eine Überdosierung, d. h. eine positive Abweichung des Mittelwerts der Packungs-Istmassen von der Sollmasse, vorzunehmen. Die Eichvorschrift gestattet, mit 3% der Einzelwägungen die untere Fehlergrenze zu überschreiten, sofern der Mittelwert der Istmassen größer als der Sollwert ist. Ähnliche Festlegung enthält die OIML-Empfehlung. Es entspricht dem praktischen Handhabung, die erforderliche Überdosierung jeweils als

$$M\ddot{U} = 2 s - T_u \quad (5)$$

zu ermitteln.

4. Zulässiger Durchsatz

Beim Absacken von Kartoffeln in den LPG(P) Niemegeg und Oßmannstedt (ME = 90 g, ME 10 = 337 g, ME 20 = 306 g) wurde mit dem Forschungsmuster der GFD die Eignungsgrenze von $TE/s = 2$ erst bei Durchsätzen > 15 t/h unterschritten (Bild 3). Demgegenüber wurde mit der serienmäßigen ESR der Vergleichswaage K961/S selbst bei Durchsätzen um 10 t/h nur ein maximaler Eignungswert $TE/s = 0,9$ erreicht (Bild 3). Mit kleinerer Packungsmasse sinkt zwangsläufig der zulässige Durchsatz, weil – kleinere Werte für die untere Fehlergrenze ihrerseits zu kleinerer zulässiger Standardabweichung des Dosierfehlers führen (Bild 4) – die außerhalb der Befüllzeit liegenden Zeitanteile – da sie waagenabhängige konstante Werte annehmen – größeres Gewicht erhalten.

Ermittelt wurden 6,0 t/h für 15-kg-Packungen und 9,2 t/h für 25-kg-Packungen (Bild 4).

Bild 3. Bestimmung des zulässigen Durchsatzes und der erforderlichen Überdosierung bei Kartoffeln

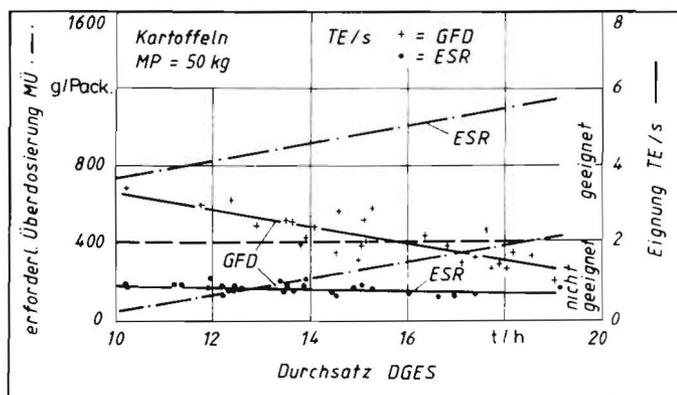
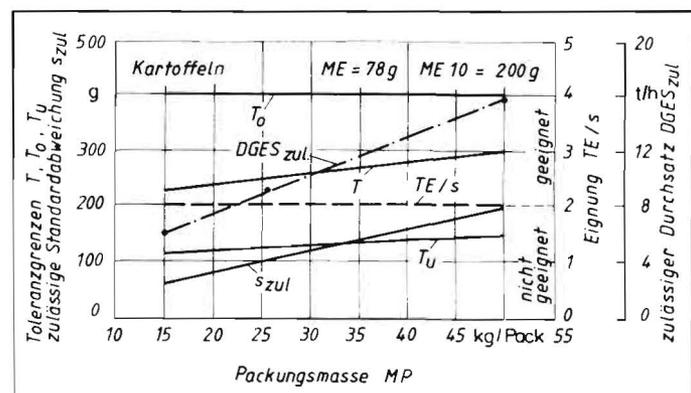


Bild 4. Einfluß der Packungsmasse auf die einzuhaltenden Grenzwerte und den zulässigen Durchsatz



5. Durchsatzreduzierung durch Verschmutzung

Die ESR der serienmäßigen Dosiervorrichtung verschmutzt sehr leicht. Während 240 fortlaufenden Waagenbefüllungen in der ZBE Speisekartoffellagerhaus Langeln (1985) reduzierte sich der Befülldurchsatz um 24 % (Bild 5). Ein Verkleiden der Schwingrinne mit Spretacart steigerte zwar zunächst den Befülldurchsatz, konnte aber den durchsatzmindernden Einfluß des sich absetzenden Schmutzes weder beseitigen noch mindern (Bild 5). In der LPG Rothenburg (1984) wurde sogar eine Reduzierung des Befülldurchsatzes um 56 % gemessen [6].

Im krassen Gegensatz hierzu wurden weder am Forschungs- noch am Fertigungsmuster der GFD während der gesamten Herbstkampagnen 1988 und 1989 Durchsatzreduzierungen infolge Verschmutzung festgestellt. Beide Muster wurden während des gesamten Einsatzes nicht gereinigt.

6. Erforderliche Überdosierung

Trotz erheblicher Reduzierung des Dosierers kann auch mit der neuen Dosiervorrichtung die Eichvorschrift nicht gänzlich ohne Überdosierung eingehalten werden.

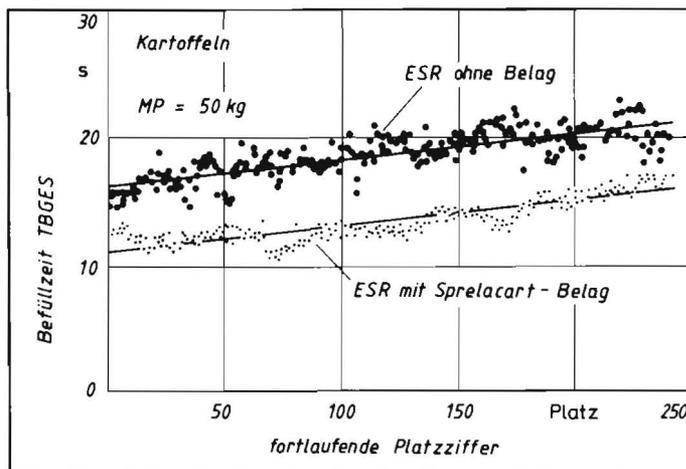
Dies würde für vertretbare Durchsätze nach bisheriger Kenntnis nur mit elektronischen Teilmengenwaagen – und damit sehr hohen Maschinenkosten – möglich sein. Ihr Einsatz konzentriert sich bisher auf Kleingebinde. Bei der GFD betrug im Mittel aller Praxisuntersuchungen (50-kg-Packungen) die erforderliche Überdosierung 30 g/Packung (bei 10 t/h) bis 380 g (bei 18 t/h). Die serienmäßige ESR erfordert zur sicheren Einhaltung der Eichvorschrift die 3- bis 25fach höhere Überdosierung (Bild 3). Daraus leitet sich im untersuchten Durchsatzbereich von 12 bis 18 t/h eine „eingesparte“ Überdosierung durchgängig von etwa 700 g je 50-kg-Packung ab (Tafel 2). In Prüfstanduntersuchungen konnten für die Gutarten Zwiebeln, Rosenkohl und Möhren gleichfalls sehr günstige Werte an „eingesparter“ Überdosierung nachgewiesen werden (Tafel 2).

Die Höhe des jährlich aus dem Einsatz der neuen Dosiervorrichtung ableitbaren Gewinns wird von der jährlichen Absackleistung und den zu erwartenden Kartoffel- und Gemüsepreisen abhängen. Nach vorsichtiger Einschätzung können die höheren Maschinenkosten bereits innerhalb eines Jahres kompensiert werden.

7. Zusammenfassung

Um den gegenwärtig noch zu hohen Dosierfehler der Absackwaage K961/S zu reduzieren, wurde eine Grob-Feinstrom-Dosiervorrichtung für diese Waage entwickelt und erprobt. Anhand einzelner Bewertungskriterien (zulässiger Durchsatz, Durchsatzreduzierung durch Verschmutzung, erforderliche Überdosierung, eingesparte Überdosierung) werden der Effekt der neuen Dosiervorrichtung bei der Kartoffelabsackung nachgewiesen sowie erste Ergebnisse auch zur Absackung von Zwiebeln, Rosenkohl und Möhren mitgeteilt.

Bild 5
Einfluß der Verschmutzung der serienmäßigen ESR auf die Befüllzeit der Waage bei der Absackung von 12 t (240 Packungen)



Tafel 2. Durchsatzabhängige Überdosierung und Wägeguteinsparung

Gutart	Packungsmasse MP kg/Pack.	Durchsatz DGES t/ha	erforderliche Überdosierung MÜ		Einsparung	
			GFD g/Pack.	ESR g/Pack.	g/Pack.	kg/t
Kartoffeln	50	10	30	728	698	13,96
		12	117	824	707	14,14
		15	247	969	722	14,44
		15,8 ¹⁾	282	1 008	726	14,52
		18	377	1 115	738	14,76
		GFD: MÜ = -404,8571 + 43,4662 DGES ESR: MÜ = 243,7686 + 48,3772 DGES				
Zwiebeln	15	3 ¹⁾	70	222	152	10,13
		4	90	318	228	15,21
		5	110	414	304	20,29
		GFD: MÜ = 10,6413 + 19,8240 DGES ESR: MÜ = -65,6417 + 95,9395 DGES				
Rosenkohl	15	3	0	108	108	7,19
		4,2 ¹⁾	51	214	163	10,87
		5	89	284	195	13,00
		6	137	372	235	15,66
		GFD: MÜ = -151,5694 + 48,1476 DGES ESR: MÜ = -156,4363 + 88,1173 DGES				
Möhren	20	3	141	366	245	11,25
		5	429	701	272	13,59
		8	861	1 203	342	17,14
		GFD: MÜ = -290,3670 + 143,9251 DGES ESR: MÜ = -135,9404 + 167,4189 DGES				

1) Eignungsgrenze der GFD

wichtswaagen. WP 327 3707, G 01 G. Anmeldetag: 7. April 1989.

- [3] Arbeitsanweisung DAMW-AA 3.1.-12 zur Eichung von selbsttätigen Waagen zum Abwägen; verbindlich ab 1972. ASMW, Fachgebiet Masse.
- [4] Internationale meßtechnische Empfehlung der OIML „Selbsttätige Waagen zum Abwägen“. Bestätigt auf der 7. Internationalen Konferenz für gesetzliches Meßwesen 10/84.
- [5] TGL 28 448 Mengentoleranzen. Ausg. 01.79.
- [6] Wormanns, G.; Göde, U.: Absacken von Kartoffeln. Forschungszentrum für Mechanisierung in der Landwirtschaft Schlieben, Forschungsbericht 1985 (unveröffentlicht) A 5991

Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Dosiervorrichtung für die Befüllung selbsttätiger Waagen. WP 274 894, G 01 G. Anmeldetag: 12. Aug. 1988.
- [2] Autorenkollektiv: Vorrichtung für das Steuern der Grob-Feinstrom-Dosierung durch Laufge-