

Ertragskartierung bei Kartoffeln

Für die Ertragskartierung bei Kartoffeln wird in Europa noch keine kommerzielle Lösung auf dem Landmaschinenmarkt angeboten. Ein wesentlicher Bestandteil eines Kartierungssystems ist die messtechnische Erfassung des Durchsatzes. Dazu sind die Messprinzipie Radiometrische Messung, Wägezelle, optische Messung und Prallplatte einsetzbar. Das optische Messprinzip und die Prallplatte werden hinsichtlich ihrer Genauigkeit näher untersucht und bewertet. Die auftretenden Messfehler liegen in Bereichen, die die für Ertragskartierungen zu stellenden Anforderungen erfüllen.

Die Ertragskartierung mit Mähreschern als Beitrag zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung ist heute Stand der Technik. Dies gilt nicht für die Ertragskartierung mit anderen Erntemaschinen. Im Bereich der Forschung sind eine Reihe von Lösungen untersucht worden, die in Europa jedoch noch nicht auf dem Landmaschinenmarkt verfügbar sind.

Ertragskartierungssysteme bestehen aus den Hauptkomponenten Durchsatzmeseinrichtung, Weggeber, satellitengestütztes Ortungssystem (DGPS), Bordcomputer mit Software und gegebenenfalls Sensoren für Arbeitsbreiten, Feuchte und andere Inhaltsstoffe. Im Ertragskartierungssystem nimmt die Durchsatzmessung eine Schlüsselstellung ein, da sie die Ertragsermittlung entscheidend bestimmt.

Zur Durchsatzmessung bei Kartoffeln sind folgende Messprinzipie bekannt (Bild 1):

- Radiometrische Messung [1],
- Wägezelle in Stetigförderern [2, 3]
- optische Erfassung mit Bildauswertung [4] und
- Prallplatte [5]

Durch Messen der Abschwächung der Strahlungsintensität können radiometrisch die

Durchsätze ermittelt werden. Die radiometrische Messung kann bereits im Gutstrom als Gemisch aus Erde, Steinen und Kartoffeln im Bereich der Siebkette erfolgen. Sie ermöglicht die getrennte Erfassung von Kartoffeln und Beimengungen. Dies kann durch Verwenden von zwei Strahlungsquellen unterschiedlicher Wellenlängen (Am-241 und Cs-137) erreicht werden.

Beim zweiten Messprinzip wird eine Stützrolle mit Wiegeeinrichtung unter einem Bandförderer angeordnet. Die Kartoffeln erzeugen zusätzlich eine Auflagekraft, die unter Berücksichtigung der Fördergeschwindigkeit eine kontinuierliche Durchsatzmessung ermöglicht. Kartoffelerntemaschinen mit derartigen Messeinrichtungen sind in den USA bereits auf dem Markt.

Im vorliegenden Beitrag werden die weiteren Messprinzipie aus Bild 1 „Optischer Sensor“ und „Prallplatte“ hinsichtlich ihrer Messgenauigkeit und prinzipiellen Eignung näher betrachtet.

Optischer Sensor

Als optischer Sensor kam ein auf dem Markt verfügbares Produkt (Agrisort von AGECE

Dr.-Ing. Detlef Ehlert ist Leiter der Abteilung Technik im Pflanzenbau am Institut für Agrartechnik Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zasko), e-mail: dehlert@atb-potsdam.de
Per-Anders Algerbo ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am schwedischen Institut für Landtechnik, P.O. Box 7033, 75007 Uppsala, e-mail: per-anders.algerbo@jti.slu.se

Schlüsselwörter

Ertragskartierung, Kartoffel, Durchsatzmessung, Prallplatte

Keywords

Yield mapping, potatoes, throughput measurement, bounce plate

Literaturhinweise sind unter LT 00607 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

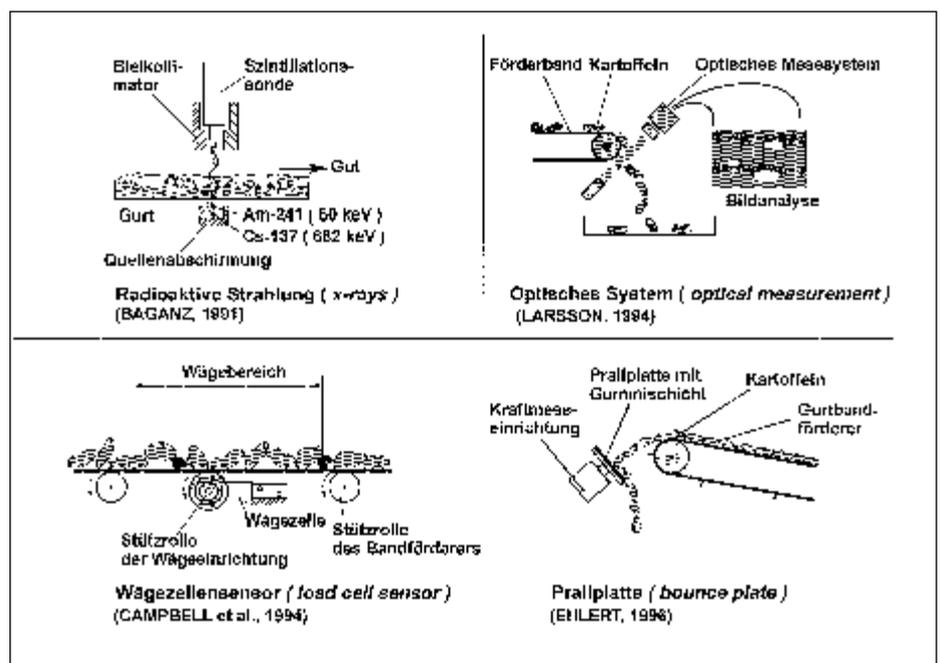


Bild 1: Prinzipielle Lösungen zur Durchsatzmessung bei Kartoffeln

Fig. 1: Principles of throughput measurement in potatoes harvesters

Kartoffelsorte	mittl. Masse	Minimum	Maximum	Standardabw.
Bintje	106	101	116	3
Asterix	108	104	114	3
Kardal	106	96	124	4
Elkana	108	100	120	3
Saturna	111	106	118	3
Lady Rosetta	106	100	114	3

Tab. 1: Relative Werte des Sensors im Vergleich zur Kontrollwiegun g in % (Kontrollwiegun g = 100 %)

Tab. 1: Relative sensor values versus weighing check in % (weighing check = 100 %)

AB, Schweden) zum Einsatz. Der optische Sensor war so angeordnet, dass die Kartoffeln unmittelbar nach dem Verlassen eines Gurtbandförderers erfasst wurden. Die Kamera ist in der Lage, 200 bis 250 Objekte je Sekunde zu analysieren, was einem Durchsatz von etwa 20 kg/s bei einer Bewegungsgeschwindigkeit von 1 m/s entspricht. Zur Kontrolle des Messsystems wurden die erfassten Kartoffeln in einem Behälter aufgefangen, der mit Wiegezellen ausgerüstet war. Zur Kalibrierung wurden für vier Größenklassen (Durchmesser 40; 50; 60 und 70 mm) mit je 30 bis 100 Kartoffeln die Anzahl der abgebildeten Pixel und die entsprechenden Massen der Kartoffeln ermittelt.

Ergebnisse

Der funktionelle Zusammenhang zwischen Kartoffelmasse (m_K) und Anzahl der Pixel (n_P) wird durch die Exponentialfunktion $m_K = 0,0012 n_P^{1,421}$ mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 > 0,99$ beschrieben. Die eingesetzte Digitalkamera brachte bei der gewählten Anordnung für eine Kartoffel von 150 g eine Auflösung von etwa 4000 Pixeln.

Als Bewertungskriterium hinsichtlich der Messgenauigkeit der Einrichtung dienten die Kontrollwiegun gen des Behälters mit den Wiegezellen. Alle ermittelten Wertepaare wurden mit einem linearen Regressionsansatz verrechnet und als Ergebnis die Regressionsgleichung

$$S = 1,083 W - 1,043$$

mit $R^2 > 0,99$ ermittelt.

Im Idealfall müssten der Sensorwert (S in t/ha) und der über Wägun g (W in t/ha) gewonnene Kontrollwert gleich sein. Mit den errechneten Konstanten, die statt 1 \rightarrow 1,083 und 0 \rightarrow 1,043 betragen, ist das Abweichen vom Idealverhalten charakterisiert.

Auf Grund des vorliegenden Messprinzips ist zu erwarten, dass die geometrische Form und somit die Kartoffelsorte einen Einfluss auf die Messgenauigkeit ausüben. Deshalb

wurden zur weiteren Bewertung des Messprinzips unterschiedliche Kartoffelsorten in die Untersuchungen einbezogen (Tab. 1).

Aus den Messergebnissen kann abgeleitet werden, dass durch das optische System für alle untersuchten Kartoffelsorten eine zu hohe Masse von 6 bis 11% ermittelt wurde. Besonders ausgeprägt ist diese Tendenz bei Kartoffelsorten, die erheblich von der Kugelform abweichen.

Prallplatte

Zum Überprüfen und Optimieren der maßgeblichen Parameter des Messprinzips Prallplatte wurde ein Versuchsstand konzipiert und aufgebaut, mit dem die Einflussparameter

- Anordnungen der Prallplatte nach Anstellwinkel und Spaltweite,
 - Gurtbandgeschwindigkeit,
 - Schwingungen unterschiedlicher Frequenzen und Amplituden
- auf die Messgenauigkeit untersucht werden konnten (Bild 2).

Der Versuchsstand besteht aus einem 6 m langen Gurtbandförderer mit 0,5 m Breite in horizontaler Anordnung. Um definierte Schwingungen zur Simulation von Fahrbewegungen zu erzeugen, ist die Abgabeseite des Gurtbandförderers in einer Kurbelschwinge mit stufenweise verstellbarer Exzentrizität gelagert. Zur Erzeugung und Einstellung der Erregerfrequenz der Kurbelschwinge diente ein elektrischer Getriebemotor, der über einen Frequenzwandler in der Drehzahl eingestellt werden kann. Als Messgeber wurde eine hydraulisch gedämpfte Wägun zelle für exzentrische Lasteinleitung verwendet.

Ausgangspunkt für das Finden zweckmäßiger Prallplattenanordnungen waren die infolge der Gurtbandgeschwindigkeiten entstehenden Fallkurven, die mit Hilfe der Bewegungsgleichungen eines Massepunktes in x- und y- Richtung errechnet wurden.

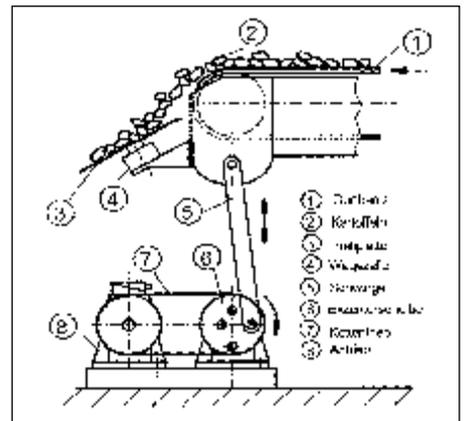


Bild 2: Einrichtung zum Untersuchen der Prallplatte unter statischen und dynamischen Bedingungen

Fig. 2: Device for testing the bounce plate under static and dynamic conditions

Anhand der Fallkurven konnten dann 20 aussichtsreiche Prallplattenanordnungen abgeleitet und untersucht werden. Bei allen Plattenanordnungen wurde der Gurtbandförderer in Stufen von etwa 1 kg bis zu 40 kg belegt. Die Belegungslänge war so bemessen, dass eine Durchlaufzeit der Kartoffeln von etwa 5,5 Sekunden entstand.

Ergebnisse

Zum Ermitteln der günstigsten Prallplattenanordnung für positive und negative Anstellungen wurden für alle 20 Varianten bei Gurtbandgeschwindigkeiten von 0,5; 0,86 und 1,1 m/s ohne und mit Schwingungserregung (Frequenz 1,05 1/s, Exzentrizität 45 mm) das Bestimmtheitsmaß und der Standardfehler errechnet.

Zur Abschätzung der durch niederfrequente Schwingungen infolge von Fahrbewegungen verursachten Ungenauigkeiten werden alle mit und alle ohne Schwingungen gewonnenen Meßwerte in Form des errechneten Standardfehlers miteinander verglichen. Der Mittelwert aller Standardfehler ohne Erregung beträgt 0,96 kg und mit Erregung 1,24 kg, infolge der simulierten Fahrbewegungen vergrößern sich also unter den gegebenen Versuchsbedingungen die Ungenauigkeiten um 29%. Werden die vier Varianten mit den geringsten Standardfehlern verglichen (Tab. 2), so beträgt der mittlere Standardfehler statisch 0,462 kg und dynamisch 0,498 kg. Die durch die Schwingungen eingetretene Erhöhung des Standardfehlers kann mit den daraus resultierenden 7,9% als geringfügig eingeschätzt werden. Werden der statische und dynamische Standardfehler auf die mittlere Massebelegung von etwa 20 kg bezogen, so ergibt sich ein relativer Messfehler von 2,3 beziehungsweise von 2,5%.

Anstellwinkel in °	Spaltweite in mm	Bandgeschwindigkeit in m/s	Standardfehler Masse in kg		Standardfehler Durchsatz in kg/s	
			statisch	dynamisch	statisch	dynamisch
-30	Min.	0,50	0,412	0,474	0,068	0,079
	150	0,86	0,599	0,427	0,099	0,072
-30	Min.	0,86	0,456	0,529	0,076	0,008
	150	1,10	0,383	0,564	0,063	0,094
Mittelwert			0,462	0,498	0,077	0,083

Tab. 2: Messfehler bei geeigneter Anordnung der Prallplatte

Tab. 2: Measurement errors for suitable bounce plate positions