

Probleme bei Werkzeug-Untersuchungen an Kartoffelerntemaschinen

Dozent Dr.-Ing. habil. T. Karwowski, Institut für Bau, Mechanisierung und Elektrifizierung der Landwirtschaft (IBMER) Warschau

1. Erntetechnologien

Die grundsätzlichen Ziele der mechanisierten Kartoffelernte sind:

- Begrenzung des Arbeitsaufwands auf ein Minimum bzw. Erntedurchführung mit möglichst hoher Leistung bei minimalem Einsatz an Arbeitskräften
- möglichst kleiner prozentualer Anteil beschädigter Kartoffelknollen an der geernteten Gesamtmenge.

Es ist allgemein bekannt, daß Forschungsarbeiten zu Problemen wie Leistung, Arbeitsaufwand und Verfügbarkeit von Maschinen keine Schwierigkeiten bereiten. Schwieriger werden die Probleme bei Untersuchungen des Einflusses solcher Faktoren auf die Leistung, wie Arbeitsgeschwindigkeit, Steinbesatz des Bodens oder Arbeitsbreite der Maschine. Daraus ergibt sich, daß Änderungen dieser genannten Faktoren auch Konstruktionsänderungen der Maschine bewirken. Solche Änderungen sind mit Auswirkungen auf die Arbeitsqualität verbunden (Klutenzerkleinerung, Erdabsiebung u. ä.), vor allem auf den Anteil beschädigter Kartoffelknollen. Daraus kann abgeleitet werden, daß scheinbar unabhängige Ziele, wie geringer Arbeitsaufwand, hohe Leistung und Qualität, einen gemeinsamen Nenner — die Beschädigung der Kartoffelknollen — haben.

Eine scheinbar mögliche Lösung der Aufgabe ist die Konstruktion einer Maschine mit technisch größtmöglicher Reihenanzahl und von einfachster Bauform. Unter den bekannten Konstruktionslösungen könnte man als eine solche mögliche Lösung den 4reihigen Rodelader anerkennen. Dieser Kartoffelroder, der in seinem Wesen eine Erntekombi darstellt, kann mit einer einfachsten Krauttrenneinrichtung ausgerüstet werden; auf eine Einrichtung zum Trennen der Kartoffelknollen von Kluten und Steinen kann verzichtet werden. Es ist jedoch bekannt, daß eine so vereinfachte Maschine nur unter sehr günstigen Bedingungen, d. h. auf stein- und unkrautfreien Böden sowie nach der Beseitigung bzw. Verkleinerung des Kartoffelkrautes, befriedigend arbeitet. Je nach Verschlechterung der Arbeitsbedingungen wird die Verunreinigung der geernteten Kartoffeln bis auf ein solches Maß vergrößert, daß es notwendig wird, die Arbeit des Rodeladers durch eine stationäre Beimengungstrennanlage im Kartoffellagerhaus zu ergänzen. Das bedeutet, daß bei Vereinfachung der Maschinenkonstruktion die Ernte mit minimalem Anteil beschädigter Kartoffelknollen von einer sehr weitgehenden Begrenzung des Anwendungsbereichs begleitet wird. Diesen Bereich kann man u. a. theoretisch auf alle Anbauflächen erweitern — unter der Bedingung, daß entsprechende agrartechnische Maßnahmen durchgeführt werden —, daß das Kartoffelkraut vor der Ernte beseitigt und die Felder entsteint werden. Solche Lösungen sind möglich, wie dies in den Niederlanden [1], in der BRD [2], in der Schweiz [3], in der ČSSR [4] und in der VR Polen [5] durchgeführte Untersuchungen beweisen. Es ist aber schwer, gegenwärtig eine Aussage über das Maß der Überführung solcher Lösungen in die Praxis zu treffen.

Unabhängig von dem Fehlen vollständig durchkonstruierter und leistungsfähiger Maschinen zur Beseitigung von Kraut und Steinen ist die Einführung von stationären Trenneinrichtungen nur dort ökonomisch begründet, wo die in der Saison durch diese Einrichtungen bearbeitete Masse wenigstens einige Tausend Tonnen [7] beträgt und die Kosten der Transporteinrichtungen, die im Kartoffellagerhaus unentbehrlich sind, in die Kosten der Lagerhausausrüstungen umgerechnet werden und nicht die Erntekosten belasten.

Dies beweist, daß eine Erntemethode unter Berücksichtigung großer Flächen und bei Entfernungen vom Feld zum Kartoffellagerhaus von maximal 6 bis 8 km anwendbar ist. Gleichzeitig ergibt sich die Frage, bis zu welchem Steinanteil in der dem Verladetender zugeführten Damm-Masse diese Erntemethode ohne übermäßige Beschädigung der Kartoffelknollen anwendbar ist. Entsprechend den Empfehlungen des VEB Weimar-Werk (Hersteller des Rodeladers E 684 und der Trennanlage E 691) kann man diese Maschinen bei einem Verhältnis von Steinen und Knollen von 1:4 anwenden; dabei ist ein Anteil beschädigter Kartoffelknollen von maximal 4 Masse-% zu erwarten. Der in den RGW-Ländern üblichen Methodik entsprechend ist der Anteil der beschädigten Kartoffeln wie folgt zu ermitteln:

$$B = 0,1 U_1 + 0,3 U_m + U_s,$$

U_1 Anteil der leicht beschädigten Kartoffelknollen in %

U_m Anteil der mittel beschädigten Kartoffelknollen in %

U_s Anteil der stark beschädigten Kartoffelknollen in %

Nach Untersuchungsergebnissen des IBMER [7] beträgt der Beschädigungswert B des durch diese Trennanlage gereinigten Erntegutes rd. 32 bis 50 %.

Die große Streuung der Beschädigungswerte, die in der DDR und in der VR Polen ermittelt wurden, erschwert die Festlegung der Bedingungen (zulässiger Steinbesatz der Böden), unter denen die Anwendung des Rodeladers möglich ist. Demzufolge sowie auch dank der größeren Universalität dominiert nach wie vor die Anwendung der Kartoffel-Vollerntemaschine. Die ein- und zweireihigen Kombines, die mit entsprechenden Trenneinrichtungen ausgerüstet sind, können sowohl auf steinfreien als auch auf steinhaltigen Böden eingesetzt werden. Jedoch verursachen sie infolge ihrer komplizierten Konstruktion im Vergleich zum Rodelader auf steinfreien Böden größere Knollenbeschädigung als der Rodelader. Ein Vergleich der Beschädigungswerte der mit Vollerntemaschine und mit Rodelader sowie stationärer Trenneinrichtung geernteten Kartoffeln ist äußerst schwer.

2. Ermittlung der Kartoffelbeschädigungen

Die exakte Ermittlung der durch die Erntemaschinen verursachten Knollenbeschädigungen bereitet nicht nur in der VR Polen, sondern auch in anderen Ländern noch einige Schwierigkeiten. So stellt z. B. Specht [8] fest, daß die

Knollenbeschädigungen mit wachsendem Verhältnis Steine:Knuten zunehmen; Zumbach [3] dagegen stellt keinen Zusammenhang fest. Die Untersuchungsbedingungen wichen bei beiden Autoren völlig voneinander ab. Ähnlich diesem Beispiel kann man auch scheinbare Widersprüche bei den Ergebnissen der Ermittlung des Einflusses der Fahrgeschwindigkeit auf die Knollenbeschädigung feststellen. Ein aufmerksamer Leser und Fachmann auf diesem Gebiet wird wohl leicht die Ursache dieser scheinbaren Widersprüche in den Untersuchungsbedingungen finden; aber es bleibt die Tatsache, daß die Differenziertheit der Untersuchungsergebnisse eine Einschätzung der Verwendbarkeit der genannten Methoden und Maschinen erschwert.

Die zitierten Ergebnisse sollen veranschaulichen, welche Probleme bei der eindeutigen Ermittlung von Knollenbeschädigungen in der Forschung und Entwicklung von Kartoffelerntemaschinen auftreten, denn jedes neue Werkzeug, wie das Rodeschar, die Siebkette zur Erdabscheidung sowie auch Transporteinrichtungen, sollen außer hoher Betriebssicherheit und -zuverlässigkeit sowie hoher Lebensdauer, deren Bestimmung keine Schwierigkeiten bereitet, auch minimale Beschädigungen verursachen.

Die Kartoffelknolle hat abhängig von Art, Reife, Vegetationsbedingungen, Düngung, Erntezeitpunkt u. a. eine unterschiedliche Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Beschädigungen. Demzufolge müssen auch die unter unterschiedlichen Bedingungen mit einem bestimmten Werkzeug gewonnenen Forschungsergebnisse nicht übereinstimmen. Daraus ergibt sich die Tatsache, daß ein Konstrukteur nach dem Bau eines funktionsbedingten Werkzeugs erst mehrjährige Untersuchungen unter verschiedenen Arbeitsbedingungen durchführen muß, um den Einfluß des gegebenen Werkzeugs auf die Knollenbeschädigungen feststellen zu können.

Erschwerend für den Vergleich der Ergebnisse sind die in den einzelnen Ländern angewendeten unterschiedlichen Untersuchungsmethoden. So wird z. B. die Knollenbeschädigung bestimmt

- direkt nach Probenahme an der untersuchten Maschine
- nach 3tägiger Lagerung der abgenommenen Probe
- nach 6- bis 7wöchiger Lagerung der abgenommenen Probe.

Dadurch, daß die infolge der Knollenbeanspruchung auftretende Verfärbung des Knollenfleisches erst nach 24 bis 48 h sichtbar wird [9], kann der unmittelbar nach der Ernte ermittelte Beschädigungswert 5- bis 10mal niedriger sein als der nach 3 Tagen oder 6 Wochen ermittelte. Eine zusätzliche Schwierigkeit der Analyse der Knollenbeschädigungen ergibt sich noch aus der Tatsache, daß der Beschädigungswert B unterschiedlich berechnet wird. So sind z. B. außer der o. g. im RGW-Bereich üblichen Berechnung auch nachstehende Formeln anzutreffen:

— in den Niederlanden [10]

$$B = \frac{U_1 + 2 U_m + 3 U_s}{6}$$

— in Großbritannien [11]

$$B = U_1 + 3 U_m + 7 U_s$$

Der Leser, der diese Formeln nicht kennt, ist nicht in der Lage, einzuschätzen, in welchem Maß die gegebene Maschine die Kartoffeln beschädigt.

Es ist bekannt, daß die Schwierigkeiten bei der eindeutigen und objektiven Ermittlung des Beschädigungswertes B nicht nur aus den morphologisch-physikalischen Eigenschaften der Kartoffelknollen hervorgehen. Die Widerstandsfähigkeit der Kartoffelknollen ist sowohl von der Kartoffelsorte als auch von den Vegetationsbedingungen, der Düngung, dem Reifegrad zum Erntezeitpunkt, der Knollentemperatur, der Knollenmasse u. ä. abhängig. Deswegen ist auch damit zu rechnen, daß die Probleme bei der Beschädigungsermittlung solange bestehen werden, bis es gelingt, Methoden zu erarbeiten, die eine exakte Charakterisierung des Knollenwiderstands gegen mechanische Beschädigungen ermöglichen. Diese Charakteristik muß so aussehen, daß die Kennzahl einen bekannten Zusammenhang mit dem an der Kartoffelerntemaschine ermittelten Beschädigungswert angibt.

Versuche, eine solche Methode zur Charakterisierung der Widerstandsfähigkeit der Kartoffelknollen (Beschädigungsempfindlichkeit) verschiedener Sorten gegenüber mechanischen Beschädigungen auszuarbeiten, gibt es in

mehreren Ländern. In der VR Polen hat Mitrus [12] auf diesem Gebiet gearbeitet. Die Ergebnisse dieser Arbeiten haben sich aber als nicht ausreichend praxiswirksam erwiesen, wie eine von Umaerus [13] durchgeführte Umfrage in 10 Ländern beweist. Aus dieser Umfrage geht hervor, daß auch weiterhin unterschiedliche Methoden zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit der Kartoffelsorten angewendet werden.

3. Zusammenfassung

Die Ausarbeitung entsprechender Methoden zur Bestimmung der Beschädigungsempfindlichkeit (Widerstandskraft) der Kartoffelknollen bei mechanischen Belastungen sowohl für den Züchter als auch für den Konstrukteur ist eine dringende und wichtige Aufgabe [14]. Darüber hinaus ist es auch wünschenswert, daß sowohl die Konstrukteure als auch die Züchter in allen Ländern einheitliche, verständliche Bezeichnungen verwenden. Die Erarbeitung einer einheitlichen Methode und einheitlicher Formeln zur Ermittlung der Beschädigungskennzahl B wäre ein großer Erfolg. Dabei darf man hoffen, daß die Erarbeitung einer Methode zur objektiven Charakterisierung der Widerstandskraft der Kartoffelknollen gegen mechanische Beschädigungen in Übereinstimmung mit dieser einheitlichen Methode zur Ermittlung des Beschädigungskennwertes gebracht werden kann.

Literatur

[1] Bouman, A.: Pulling of potato haulma in mechanical way. EAPR-Abstracts of Conference Papers, Warsaw 1978.

- [2] Scholz, B.: Entwicklung eines neuartigen Systems zur Krumenentsteinung. EAPR-Abstracts of Conference Papers, Warsaw 1978.
- [3] Zumbach, W.; Irl, E.; Spiess, E.: Einfluß der Steinbeseitigung auf die Kartoffel-Sammelernte. EAPR-Abstracts of Conference Papers, Warsaw 1978.
- [4] Sedlák, J.: Vliv pracovních podmínek na mechanizovanou sklizeň brambor. Zemědělská Technika (1978) H. 1.
- [5] Mitrus, J.: Technologie usuwanie kamieni z pól. Buletyn Inf. IBMER (1976) Nr. 6.
- [6] Mitrus, J.: Steinentfernung von Ackerfeldern. EAPR-Abstracts of Conference Papers, Warsaw 1978.
- [7] Wodziński, W.; Derejski, W.: Badania linii technologicznej do zbioru i oczyszczania ziemniaków. IBMER Warszawa, 1975.
- [8] Specht, A.: Einfluß der Steine auf die Kartoffel-sammelernte. Landwirtschaftskammer Hannover, 1974.
- [9] Bremer, K., u. a.: Lagerung und Aufbereitung von Kartoffeln. KTBL-Schriften, Frankfurt (Main) 1973.
- [10] Coolman, F.: Merkenonderzoek tweerijige aardappelroomachines. IMAG Wageningen, 1979.
- [11] Hampson, C. P.: National Damage Survey 1973. Potato Marketing Board, 1974.
- [12] Mitrus, J.: Badanie porównawcze penetrometrów, określających wrażliwość ziemniaków na uszkodzenie mechaniczne. Buletyn IBMER Warszawa 1972.
- [13] Umaerus, M.: Report of survey of methods for screening for susceptibility to mechanical tuber damage. EAPR-Abstracts of Conference Papers, Warsaw 1978.
- [14] Karwowski, T.: Hackfruchterntemaschinen, Theorie und Konstruktion der Landmaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik 1974, S. 189.

A 2584

Zur Abscheidung übergroßer Beimengungen

Dipl.-Ing. H. Hempel, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Verwendete Formelzeichen

| | | |
|-----------|---------|--|
| b | m | Breite |
| B | — | Bestimmtheitsmaß |
| d | m | Dicke |
| D | m | Durchmesser |
| l | m | Länge |
| L | Masse-% | Leitgüte |
| s | — | Standardabweichung |
| x | mm | Quadratmaß (Korngröße/Trenngrenze) |
| β | — | Formzahl |
| φ | Masse-% | Anteil Beimengungen, bezogen auf Kartoffeln |

1. Zielstellung

Die Rodeladerernte von Kartoffeln ist in Abhängigkeit vom Standort mit der stationären Abscheidung von stückigen Beimengungen (Kluten und Steinen) verknüpft. Nach den Erfahrungen aus der mehrjährigen praktischen Anwendung des Verfahrens in der DDR hat sich herausgestellt, daß vor allem die Steine, die größer als die Kartoffeln sind, ein wesentlicher Störfaktor sind, der zu erhöhten Maschinenausfällen und besonders zu erhöhten Kartoffelbeschädigungen führt.

Der Zweck der Abscheidung übergroßer Beimengungen aus dem Erntegut besteht deshalb in

- der Erhöhung der Verfügbarkeit der Aufbereitungsmaschinen und damit der technologischen Linie
- der Reduzierung der Kartoffelbeanspruchungen

— der Verbesserung des Arbeitsregimes der Aufbereitungsmaschinen und des Steilförderers.

2. Anforderungen an Einrichtungen zur Übergrößenabscheidung

In der Fachliteratur wurden bisher nur wenige technische Lösungen zur Abscheidung übergroßer Beimengungen vorgestellt, die allerdings bezüglich Arbeitsqualität und Funktionssicherheit noch nicht voll befriedigen [1]. International sind keine Anforderungen zur Übergrößenabscheidung bekannt. Das macht deutlich, daß der in der DDR konzeptionell vorgesehene Anwendungsumfang des Verfahrens Rodeladen mit stationärer Beimengungsabscheidung auf steinigem Standorten international ohne Vergleich ist.

Allgemeine Forderungen, die an einen Übergrößenabscheider gestellt werden, sind

- Installation am Anfang der Aufbereitungsline
- Realisierung einer gutschonenden Arbeitsweise
- Realisierung einer hohen Leitgüte¹⁾ für übergroße Beimengungen
- vollständige Abscheidung übergroßer Beimengungen mit einer Kantenlänge > 200 mm (aus den Einsatzbedingungen der automatischen Trennanlage E 691 abgeleitete Forderung)
- Realisierung des Kartoffeltrennfählers²⁾ auf unter 0,5 Masse-%.

3. Analyse der Form übergroßer Steine

Eine Analyse der Form übergroßer Steine wurde auf sechs für die Rodeladerernte vorgesehenen Standorten vorgenommen. Auf jedem Standort wurden von rd. 200 Steinen > 80 mm Quadratmaß deren Dicke, Breite, Länge und Quadratmaß ermittelt. Varianzanalysen der Formzahl³⁾

$$\beta = \frac{|d - D| + |b - D| + |l - D|}{3D}$$

$$D = \sqrt[3]{d b l} \quad (1)$$

und Regressionsanalysen zur Form der übergroßen Steine wurden durchgeführt (Bild 1).

Im Ergebnis der Varianzanalyse wurde festgestellt, daß die Formzahl der übergroßen Steine der untersuchten Standorte im Mittel zwischen 0,22 und 0,27 schwankt, daß zwischen den Standorten teilweise gesicherte, jedoch geringe Unterschiede in der Formzahl vorhanden sind und die übergroßen Steine des Standorts Müncheberg mit einer Formzahl von 0,27 am stärksten von der Kugelform abweichen. Über die Regressionsanalysen wurde festgestellt, daß mit zunehmendem Quadratmaß übergroßer Steine > 80 mm Quadratmaß deren Dicke, Breite bzw. Länge näherungsweise linear um 8, 14 bzw. 16 mm je 10 mm Quadratmaßanstieg zunehmen.

Lediglich für den Standort Müncheberg wurde ein ausgeprägter parabolähnlicher Verlauf der