

Automatisierung der Qualitätsverlesung von geschälten Speisekartoffeln

Dipl.-Agr.-Ing. D. Laqua/Dr.-Ing. S. Kriesten, KDT/Ing. W. Haufe/Dipl.-Ing. U. Gelfort, KDT
Zwischenbetriebliche Einrichtung Speisekartoffeln Müncheberg, Bezirk Frankfurt (Oder)

Einleitung

Der ständig steigende Bedarf an kochfertig geschälten Speisekartoffeln erfordert bei gleichzeitigem Rückgang verfügbarer Handarbeitskräfte eine wirksame Erhöhung der Arbeitsproduktivität in der Schälproduktion. Mit der Ablösung des Nachputzverfahrens durch das Verleseverfahren, der Einführung des Rücklaufschälens und durch andere Maßnahmen konnte in der Zwischenbetrieblichen Einrichtung (ZBE) Speisekartoffeln Müncheberg, Bezirk Frankfurt (Oder), die Arbeitsproduktivität auf 150% erhöht werden. Damit ist eine Grenze für die weitere Steigerung der Produktivität bei Technologien mit Handarbeitskräfteeinsatz erreicht. Seit dem Jahr 1983 wurde deshalb an der Entwicklung einer optoelektronischen rechnergestützten Verleseeinheit (AVE) gearbeitet und mit deren Einsatz die Voraussetzung für die Automatisierung der Schälproduktion geschaffen.

Aufgaben und Ziele

Wie in allen Volkswirtschaftszweigen erfordert der verfügbare Arbeitszeitfonds, besonders der Rückgang der Handarbeitskräfte, bei der Be- und Verarbeitung von Speisekartoffeln eine rasche Steigerung der Arbeitsproduktivität durch den gezielten Einsatz der Mikroelektronik zur Automatisierung der Produktion. Bei der Verarbeitung von Speisekartoffeln ist die Produktion kochfertiger Kartoffeln nach wie vor der handarbeitsintensivste Produktionsbereich einer Aufbereitungs-, Lager- und Vermarktungsanlage (ALV-Anlage). Die Steigerung der Arbeitsproduktivität und die Automatisierung dieses Produktionsabschnitts sind eine komplizierte, jedoch vordringliche Aufgabe. Nachdem die Mechanisierung des Nachputzens an der technischen Realisierbarkeit scheiterte, boten die Einführung des Verleseprinzips und die Entwicklung der Mikroelektronik erstmals die reale Chance, ein Verfahren zur vollautomatisierten Schälproduktion zu entwickeln. Für die Produktion von 1 t kochfertiger Kartoffeln müssen unter Berücksichtigung eines zweimaligen Umlaufs beim Nachschälen rd. 50000 Kartoffeln betrachtet, erkannt, ausgewertet und verlesen werden. Diese bisher durch fleißige Frauenhände vollbrachte Leistung ist nur mit moderner Rechentechnik möglich.

Bis Ende 1987 konnte die Entwicklung eines Funktionsmusters einer optoelektronischen rechnergestützten Verleseeinheit für geschälte Speisekartoffeln als Kernstück einer automatisierten Schälanlage abgeschlossen werden. Seit April 1988 ist eine Verleseeinheit in den Produktionsprozeß einer Schällinie eingebunden. Entsprechend der Entwicklungskonzeption wird neben der Einführung weiterer automatischer Verleseeinheiten in den Produktionsprozeß an folgenden Problemen gearbeitet:

- Erhöhung des Durchsatzes je Anlage
- Auswertung des mangelbehafteten Kartoffelstroms zur Einteilung in zwei verschiedenen stark mangelbehaftete Gruppen und Zuführung zu differenzierten Nachschälverfahren
- technische Vervollkommnung bzw. Neuentwicklung der Einzelaggregate und des Gesamtsystems.

In einer dritten Entwicklungsstufe, etwa ab 1990, sollen durch die Kopplung eines Zentralrechners mit allen Schälaggregaten und Verleseeinheiten zur automatischen Steuerung des gesamten Produktionssystems eine maximale Leistung, eine optimale Ausbeute und die Sicherung der geforderten Qualität der Marktware erzielt werden. Nach dem derzeitigen Stand der Erkenntnisse wurde eine künftige vollautomatische Schällinie konzipiert und zum Patent [1] angemeldet. Mit der Einführung des Verfahrens sollen in der DDR 2500 bis 3000 Nachputz- bzw. Verlesekräfte freigesetzt sowie eine Erhöhung der Schälausbeute und eine gesicherte Einhaltung der geforderten Qualitätsparameter der Marktware erreicht werden.

Aufbau und Funktion des Verleseautomaten

Der Verleseautomat besteht aus folgenden Baugruppen (Bild 1):

- Vereinzelungs- und Transporteinrichtung
- Bildaufnahme- und Objekterkennungseinheit
- Takterzeugung
- Trenneinrichtung.

Die vorgeschälten Kartoffeln gelangen von einer Karborundwalzenschälmaschine zur Vereinzelungseinrichtung. Sie besteht aus einem Vibrationsförderer mit einer speziell gestalteten Dosierinne, die die Kartoffeln in zwei möglichst gleichmäßige Ströme aufteilt. Die diskontinuierliche Kartoffelabgabe der Karborundwalzenschälmaschine muß durch die Vereinzelungseinrichtung kompensiert werden.

Von der Vereinzelungseinrichtung gelangen die Kartoffeln auf einen modifizierten Ver-

lesetisch K718, der dem Transport zur Bildaufnahmeeinheit und zur Trenneinrichtung dient. Auf dem Verlesetisch sind zwei Leitspuren so angebracht, daß die Kartoffeln definiert an der Bildaufnahmeeinheit vorbeigeführt werden können. Die Rollenbandgeschwindigkeit des Verlesetisches ist z. Z. so eingestellt, daß fünf bis sechs Kartoffeln je Sekunde ausgewertet werden. Die Erkennungseinheit ist damit noch nicht voll ausgelastet, jedoch würde durch eine höhere Geschwindigkeit der Verschleiß des Verlesetisches enorm ansteigen. An einem Gestell, das über dem Verlesetisch unabhängig angebracht ist, befindet sich die Bildaufnahmeeinheit, die aus der Beleuchtungseinrichtung und der Fernsehkamera mit Halterung besteht. Der Bildausschnitt ist so gewählt worden, daß je Bildaufnahme vier Kartoffeln im Erkennungsbereich sind. Die Beleuchtung liefert ein gleichmäßig diffuses Licht. Alle Baugruppen sind am Gestell justierbar. Das von der Kamera aufgenommene Bild wird in die Objekterkennungseinheit übertragen und dort ausgewertet. Die betrachteten Kartoffeln werden in Speiseware und Nachschälware klassifiziert, und entsprechende Signale werden an die Trennmechanismen gesendet. Nach der Bildaufnahme gelangen die Kartoffeln zu den Trennmechanismen. Diese sind elektrisch betätigte pneumatische Wegeventile, mit denen bei Bedarf kurzzeitig ein Luftstrom auf die Kartoffel gerichtet wird. Damit werden die als mangelfrei erkannten Kartoffeln seitlich abgelenkt. Durch Leiteinrichtungen werden die getrennten Kartoffelströme auf entsprechende Abfuhrbänder geleitet. Durch eine Lichtschranke auf der Basis von Infrarotlicht werden die vom Rechner benötigten Taktsignale geliefert. Die Lichtschranke befindet sich an einem speziellen Zahnrad, das in die Transportkette des Verlesetisches eingreift und bei jedem Walzendurchgang schaltet. Dadurch ist eine synchrone Arbeit von Bildaufnahme, Rechnerauswertung und Trennmechanismen bei variabler Tischgeschwindigkeit gewährleistet.

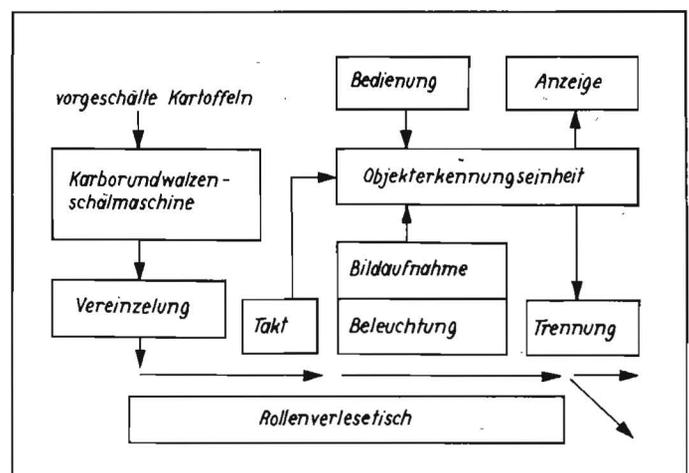


Bild 1
Schematischer Aufbau der automatischen Verleseeinheit

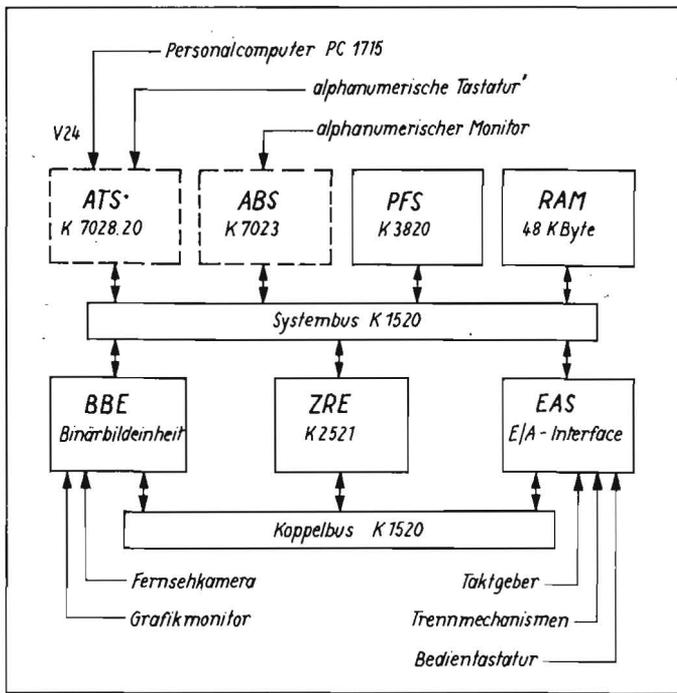


Bild 2
Hardware der Objekt-
erkennungseinheit

Hardware der optoelektronischen Objekterkennungseinheit

Die Objekterkennungseinheit [2] (Bild 2) überträgt die von einer Fernsehkamera FK2010 oder TFK1011 gelieferten Bildsignale in den Speicher des Mikrorechners, wertet das Bild aus und steuert entsprechend den Ergebnissen die Trennmechanismen an. Wesentliche Baugruppe ist ein Mikrorechner K1520 mit folgenden Steckeinheiten:

- ZRE K2521 mit CPU, PIO, CTC, 3-KByte-EPROM, 1-KByte-RAM
- PFS K3820 mit 16-KByte-EPROM
- RAM 48 KByte
- EAS (Ein-/Ausgabe-Interface)
- BBE (Binärbildeinheit).

Die zentrale Recheneinheit ZRE K2521 enthält den 8-Bit-Mikroprozessor UB880. Über einen PIO-Schaltkreis UB855 und eine entsprechende Verdrahtung des Koppelbusses erfolgt der Signalaustausch mit der Interface-Steckeinheit EAS. Ein Zeitgeberschaltkreis CTC UB857 dient zur Koordinierung zeitabhängiger Vorgänge. Die EPROM-Schaltkreise U2708 auf der ZRE enthalten ein Programm zur Unterstützung der Inbetriebnahme und Wartung des Mikrorechners. Die Festwertspeicher-Steckeinheit PFS K3820 kann bis zu 16 EPROM U2708 mit je 1 KByte aufnehmen. Sie enthält das eigentliche Erkennungsprogramm zur Auswertung der Bilder der Kartoffeln, das z. Z. einen Umfang von 12 KByte hat. Die RAM-Steckeinheit (Lese-Schreib-Speicher) [3] wurde mit einer Speicherkapazität von 48 KByte bestückt. Sie dient überwiegend als Speicher für die aufgenommenen Bilder sowie zur Zwischenspeicherung von Daten im Verlauf der Bildbearbeitung.

Die selbst entwickelte und vorerst auf einer Lochraster-Leiterplatte aufgebaute Interface-Steckeinheit EAS gewährleistet die Verbindung des Mikrorechners mit den anderen Baugruppen. Sie empfängt die Taktsignale der Lichtschranke sowie die Informationen der Bedientastatur, bereitet sie auf und überträgt sie über den Koppelbus zum PIO-Schaltkreis auf der ZRE-Steckeinheit. Die über den PIO-Schaltkreis erzeugten Signale für die Trennmechanismen werden verstärkt und weitergeleitet.

Die Binärbildeinheit BBE880 [4] ist die Voraussetzung dafür, den Mikrorechner K1520 als Bilderkennungseinheit einsetzen zu können. Sie wandelt das Videosignal der Fernsehkamera in ein binäres digitales Signal, wobei geringe Helligkeit als Logiksignal 0 und hohe Helligkeit als Logiksignal 1 kodiert werden. Die Vergleichsspannung für den Umschaltwinkel (Schwellwert) kann vom Rechner aus über einen D/A-Wandler in 256 Stufen vorgegeben werden. Auf diese Weise wird das Fernsehbild in 256×256 Bildpunkte zerlegt. Diese werden in den RAM des Mikrorechners übertragen und belegen dort einen Speicherbereich von 8 KByte. Die Eingabe eines Bildes dauert 16 ms. Über ein bei Bedarf anschließbares Grafikdisplay kann das gespeicherte Bild dargestellt werden.

Zur Inbetriebnahme der Erkennungseinheit und bei PVI-Arbeiten können zusätzlich ein alphanumerischer Monitor und eine alphanumerische Tastatur oder ein Personalcomputer PC1715 angeschlossen werden. Auf Diskette gespeicherte Testprogramme können in die Erkennungseinheit übertragen und abgearbeitet werden.

Software der Erkennungseinheit

Das Programm zur Steuerung der Verlese-einheit und zur Erkennung der Abbilder der Kartoffeln wurde in mehreren Etappen selbst entwickelt. Es ist in Assemblersprache geschrieben und hat z. Z. einen Umfang von 12 KByte. Für die Programmentwicklung steht ein aus Baugruppen der optoelektronischen rechnergestützten Verlese-einheit und einem PC1715 aufgebautes Entwicklungssystem zur Verfügung. Mit jedem Taktimpuls der Lichtschranke wird ein Erkennungszyklus gestartet, der nacheinander die Aktionen Bildeingabe, Bildauswertung und Ansteuerung der Trennmechanismen realisiert. Durch die Bildeingabe werden die Abbilder der unter der Bildaufnahme-einrichtung befindlichen Kartoffeln (maximal 4) in den Speicher des Mikrorechners übertragen. Jedes Abbild belegt ein Teilbild von 56×80 Bildpunkten.

Während der Bildauswertung wird das gleiche Auswertungsprogramm für jedes der

vier Teilbilder einmal abgearbeitet. Es liefert als Ergebnis die Information „Leerfeld“, wenn das Teilbild durch lückenhafte Beschickung des Verlesetisches kein Abbild einer Kartoffel enthält. Sonst liefert es als Ergebnis die Anzahl der als Mangel identifizierten Bildpunkte, die etwa der Mangelgröße in mm^2 entspricht. Für jedes Teilbild wird die Größe eines festgestellten Mangels mit einer vorgegebenen zulässigen Mangelgröße verglichen und dementsprechend die Kartoffel als mangelfrei oder mangelbehaftet registriert.

Die Zeit für einen Erkennungszyklus setzt sich aus der Grundzeit (5 ms) und der Zeit für jedes leere (1 ms) bzw. für jedes belegte Teilbild (rd. 12 ms) zusammen.

Jede Kartoffel wird auf diese Weise während des Passierens der Bildaufnahme-einrichtung acht-mal ausgewertet. Erkennt das Auswertungsprogramm während des Durchlaufs eine Kartoffel als mangelbehaftet oder ein Teilbild als Leerfeld, wertet es die weiteren zugehörigen Teilbilder nicht mehr aus. Da etwa 60% der Kartoffeln mangelbehaftet sind, wird dadurch der Rechenzeitaufwand verringert.

Wurde in keinem der acht von einer Kartoffel aufgenommenen Teilbilder ein Mangel festgestellt, wird sie als mangelfrei angenommen und dies in die Liste der Ansteuersignale für die Trennmechanismen eingetragen. Durch die räumliche Trennung der Bildaufnahme-einheit und der Trennmechanismen ist die betreffende Kartoffel erst acht bzw. neun Takte nach der Auswertung am Trennmechanismus. Die hierfür erforderliche zeitliche Verzögerung wird ebenfalls durch das Erkennungsprogramm realisiert.

Neben dem hier beschriebenen Erkennungsprogramm können über ein Menü mit Hilfe der Bedientastatur u. a. weitere Funktionen ausgewählt werden:

- Test der Trennmechanismen
- Kontrolle der Justierung der Lichtschranke
- Kontrolle der Justierung der Fernsehkamera
- Kontrolle der Blenden- und Entfernungseinstellung
- Darstellung der Verarbeitungs- und Taktzeit.

Erfahrungen, Ergebnisse und Probleme

Seit Aufnahme des Probetriebs der optoelektronischen rechnergestützten Verlese-einheit im April 1988 ist das Gerät im 2-Schicht-Betrieb eingesetzt. Der elektronische Teil der Anlage arbeitet trotz hoher Luftfeuchte und großer Temperaturschwankungen ohne wesentliche Störungen. Am mechanischen Teil waren in der Anlaufphase einige Schwierigkeiten zu überwinden. Im Oktober 1988 wurden deshalb die Baugruppen Lichtschranke, Leiteinrichtung und Vereinzelungseinrichtung in überarbeiteter Form zum Einsatz gebracht.

Aber auch der Einfluß der Peripherie bereitete nicht voraussehbare Schwierigkeiten. Die gesamte technologische Linie muß vom Durchsatz her gut aufeinander abgestimmt werden, damit die Verlese-einheit voll ausgelastet wird. Obwohl bereits an die Bewirtschaftung einer Schällinie nach der handarbeitssamen Verlesetechnologie wesentlich höhere Ansprüche gestellt werden als bei Anwendung der Nachputztechnologie, bereitete einem in der Verlesetechnologie erfahrenen Kollektiv das Betreiben der opto-

Fortsetzung auf Seite 211

Betriebsüberwachungssystem für Kartoffelbeizanlagen

Bewährt hat sich, die Saatkartoffeln vor der Einlagerung mit einer immunisierenden Lösung zu behandeln. Die so geschützten Kartoffeln sind weitaus weniger anfällig und weitestgehend gegen Krankheitserreger geschützt. Um das Beizen effektiver zu gestalten, wurde vom Institut für Kartoffelforschung Groß Lüsewitz gemeinsam mit dem Ingenieurbüro für Landtechnik Roggentin und dem VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Rügen eine Feinsprühbeizanlage entwickelt. Diese Anlage besteht aus drei Elektromotoren, an deren Wellenenden die Sprühteller befestigt sind. Durch die hochtourige Rotation dieser Teller wird die Beizlösung kontinuierlich versprüht. Um eine gleichmäßige Benetzung der Saatkartoffeln zu gewährleisten, kommt es darauf an, daß zum einen die Motoren ordnungsgemäß anlaufen und zum anderen der Beizmittelfluß nicht auf irgendeine Art unterbrochen wird.

Durch größere Verschmutzung der beweglichen Teile oder auch durch Unterbrechung der Stromzuführung kann es zum Aussetzen eines Motors kommen. Praktische Versuche ergaben, daß die Gefahr des Abbrechens der Motoranschlußleitungen aufgrund der Vibrationsbelastung besteht.

Eine weitere Störanfälligkeit ist durch die Unterbrechung des Beizmittelflusses, z. B. durch Verstopfung der Düsen oder durch Abreißen einer Leitung, gegeben. Um dieses stochastischen Ausfälle zu erkennen, bestand die Notwendigkeit, ein Betriebsüberwachungssystem (BÜS) zur Kontrolle der Funktion der Motoren und zur Überwachung des Beizmittelflusses zu entwickeln. Diese Aufgabe übernahm die Gruppe Geräteentwicklung des Ingenieurbüros für Landtechnik Roggentin. Das BÜS wird durch die Bezirkswerkstatt für Mikroelektronik im VEB LTA Rostock gefertigt.

Die Elektronik des BÜS ist in einem SNV-Kasten untergebracht. Die ordnungsgemäßen Betriebszustände werden durch Meldeleuchten angezeigt. Durch kurzzeitiges Aufleuchten und Verlöschen der drei zugehörigen Meldeleuchten signalisiert die Motorüberwachungsbaugruppe zuverlässig das Anlaufen der drei Motoren der Beizanlage. Fehler in einer der Beizmittelleitungen werden durch Verlöschen der entsprechenden Meldeleuchte erkannt.

Das gesamte Gerät wurde betont einfach und robust gestaltet, um den Anforderungen in der landwirtschaftlichen Praxis gerecht zu werden.

Die wichtigsten technischen Daten sind:

Betriebsspannung	1 NPE 50 Hz 220 V
Leistungsaufnahme	rd. 25 VA
Betriebsart	S 1
Schutzmaßnahmen nach TGL 21366	Schutzklasse I
Schutzgrad	IP 54
Masse	rd. 3 kg
Gehäuseabmessungen (Breite × Tiefe × Höhe)	360 mm × 360 mm × 170 mm

Das BÜS ist integrierter Bestandteil der Feinsprühbeizanlage und deshalb nur in Verbindung mit diesem Gerät einsetzbar.

Der Nutzen des Betriebsüberwachungssystems ergibt sich aus der Erkennung von Beizausfällen, so daß durch entsprechende Sofortmaßnahmen größere Schäden am Saatgut vermieden werden können.

A 5537

Ing. W. Meyer, KDT
Dipl.-Ing. W. Kleinfeldt, KDT

Fortsetzung von Seite 210

elektronischen rechnergestützten Verlese-einheit Probleme, da in der Anlage nicht wie bisher bei höherem Leistungsbedarf einfach der Massestrom erhöht werden kann, sondern mit der Verlese-einheit nur über einen kontinuierlichen Betrieb möglichst ohne Pausen eine Steigerung der Schälleistung erreicht wird. Die Anforderungen an die technische Betreuung einer optoelektronischen rechnergestützten Verlese-einheit sind höher und nur über die Vorgabe eines strengen Pflege- und Wartungsregimes realisierbar. Mit der Verlese-einheit wurden unter Praxisbedingungen Qualitätszahlen bis 96 nach dem Bewertungssystem des Instituts für Kartoffelforschung Groß Lüsewitz erreicht. Die Qualitätszahl ist aber abhängig von der Qualität der eingesetzten Rohware und geht verfahrensbedingt auf Kosten der Leistung und der Ausbeute. Als vertretbares Optimum wird die Qualitätszahl 90 angesehen. Diese Ergebnisse entsprechen der bisher angewendeten handarbeitsarmen Verlesetechnologie.

Die optoelektronische rechnergestützte Verlese-einheit erreicht einen Durchsatz von 450 bis 500 kg/h zugeführte vorgeschälte Kartoffeln (150 bis 180 kg/h fertige Markware bei einem Mangelfreianteil im zugeführten Kartoffelstrom von 35%). Seit Januar 1989 erfolgt der Einsatz eines weiteren Geräts in der zweiten Verlesestufe.

Durch Verbesserung der Vereinzelungseinrichtung, d. h. durch Reduzierung der leeren bzw. doppelt belegten Felder, ist eine Steigerung des Durchsatzes um mehr als 50% ohne weiteres möglich. In der mit zwei Verlese-einheiten bestückten Schällinie soll bis Mitte 1989 ein Durchsatz von 20000 Kartoffeln je Stunde erreicht werden. Das entspricht einem Rohwareinsatz von 1200 bis 1400 kg/h bzw. entsprechend der Rohwarequalität einem Marktwareanteil von 500 bis 700 kg/h. Mit der Verlese-einheit werden Ausbeutewerte zwischen 45% und 50% erzielt. Das staatliche Ausbeutenormativ von durchschnittlich 53% wurde bisher noch nicht eingehalten. Es wird voraussichtlich erst erreicht, wenn die Rechnerkopplung der optoelektronischen rechnergestützten Verlese-einheit und der Schälmaschinen realisiert ist. Als Voraussetzung für die Kopplung der Verlese-einheit mit den Schälmaschinen zur optimalen Steuerung sind noch intensive wissenschaftliche Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen den Parametern Qualität, Ausbeute und Leistung notwendig.

Zusammenfassung

Zur Erhöhung der Produktion und zur Verbesserung der Qualität von geschälten Speisekartoffeln bei gleichzeitiger Senkung des Handarbeitsaufwands wurde eine optoelektronische automatische Verlese-einheit (AVE)

entwickelt und aufgebaut. Mit Hilfe eines Mikrorechners werden die unter einer Fernsehkamera vorbeigeführten geschälten Kartoffeln klassifiziert und durch Trennmechanismen dem Marktwarestrom oder Nachschälstrom zugeführt.

Im April 1988 wurde der Probetrieb der Verlese-einheit unter Praxisbedingungen aufgenommen, wobei die Anforderungen an die einzelnen Baugruppen untersucht wurden. Die prinzipielle Funktionsfähigkeit der Verlese-einheit wurde nachgewiesen. Die erforderliche Qualität der produzierten Speisekartoffeln wurde erreicht, während Leistung und Ausbeute noch weiter erhöht werden müssen.

Literatur

- [1] Laqua, D.; Kriesten, S.; Haufe, W.; Gelfort, U.: Anordnung zur automatischen Aufbereitung von Kartoffeln und anderen landwirtschaftlichen Rohprodukten. Wirtschaftspatent WP A 23 N / 321 379 4. Ausgabetag: 2. November 1988.
- [2] Kriesten, S.: Objekterkennung für Industrieroboter. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt, 25 (1983) 4, S. 847-854.
- [3] Kriesten, S.; Markert, F.: Dynamische 64-KByte-RAM-Steckeinheit für K 1520. radio - fernsehen - elektronik, Berlin 31 (1982) 4, S. 246-249.
- [4] Neubert, U.: Binärbildeinheit BBE 880. Technische Hochschule Karl-Marx-Stadt, Sektion Informationstechnik, Technische Dokumentation 1984. A 5555