

oder lassen nur bestimmte Verwendungen nicht mehr zu (Vermarktung, Saatgut). So kann auch hier als Qualitätskenngröße die Mächtigkeit mangelbehafteter Partien zur Klassifikation in verschiedene Qualitätsklassen dienen.

Häufig ist die Mächtigkeit mit anderen Kenngrößen zu kombinieren. Es entstehen mehrdimensionale Räume, in den durch theoretisch ermittelte und experimentell bestätigte Trennfunktionen Strukturen erzeugt werden, die die Klasseneinteilung repräsentieren. Die Kompliziertheit wird von der Anzahl der zu kombinierenden Merkmale und ihrer Kenngrößen bestimmt.

3. Auswirkungen auf die Standards

Die Erzeugnisqualität wird in den staatlichen Standards und anderen technischen Vorschriften normativ beschrieben. Die Festlegung der Qualitäts- und Zuverlässigkeitskenngrößen geht dabei von den Bedürfnissen der Volkswirtschaft und der Bevölkerung aus, weil gewünschte Gebrauchseigenschaften das vergleichende Normativ zur Feststellung der Erzeugnisqualität sind. Die meßtechnischen Möglichkeiten, Gebrauchsminderungen am Erzeugnis bereits vor dem Gebrauch zu erkennen, bestimmen außerdem entscheidend die Zuweisung der Qualitätskenngrößen. So beeinflusst der Entwicklungsstand der Meßtechnik die Qualitätssicherung und deren Festlegungen. Im Bereich der Landwirtschaft wird die Erzeugnisqualität durch visuelle Begutachtung festgelegt.

Im jeweiligen Standard zur Qualität eines landwirtschaftlichen Produktes sind folgende beschreibende Angaben enthalten:

- zur Methode der Qualitätsprüfung
- zum Vorhandensein gebrauchsmindernder Eigenschaften
- zur Einstufung in Qualitätsklassen.

Die Prüfmethode widerspiegelt dabei die manuelle Tätigkeit besonders ausgebildeter bzw. unterwiesener Personen. Die Produkte werden aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit eingestuft und durch Aufschneiden in ihrem inneren Zustand geprüft. Mit technischen Sensoren im Sortierprozeß gemessene Qualität hat dagegen andere Voraussetzungen:

- Bei Verwendung des Remissionsprinzips werden die an der Oberfläche wirksamen Strahlungsintensitäten in ihrer Wechselwirkung mit der Beleuchtung des Objekts und der spektralen Empfindlichkeit des Sensorelements ausgewertet. Die Empfindlichkeit des technischen visuellen Sensorsystems unterscheidet sich deshalb von der des menschlichen Auges. Manche Oberflächenbeschaffenheiten werden deutlicher, andere weniger deutlich erfaßt.
- Durch die zerstörungsfreie Prüfmethode visueller Sensorsysteme sind bestimmte innere Beschaffenheiten vom Meßsystem nicht erfaßbar. Die Remission bezieht nur eine Wechselwirkung mit den dicht unter der Oberfläche liegenden Schichten in die Erzeugung der wirksamen Strahlungsintensität ein.

Die Festlegung gebrauchsmindernder Eigenschaften ist unter dem Aspekt einer anderen Prüfmethode zu überprüfen. So ist z. B. zu überdenken, ob bei landwirtschaftlichen Produkten bei Einstufung von Oberflächenbeschädigungen nach ihrer Tiefe auch eine Kenngröße für ein technisches visuelles Sensorsystem sein muß. Ebenfalls sind manche detaillierte Unterscheidungen in dem Standard für Speise- und Pflanzkartoffeln hinsichtlich verschiedener Fäulearten nicht erforderlich, wenn Faulstellen infolge der zerstörten Gewebepartien grundsätzlich durch

das Meßverfahren als mangelbehaftet erkannt werden. Ebenso ist die Einstufung in Qualitätsklassen zu überprüfen, sowie die Zulassung produktfremder Bestandteile. Der zugelassene Anteil produktfremder Bestandteile wird sich verringern lassen. Die Einstufung in Qualitätsklassen sollte zunächst von der grundsätzlichen Frage einer Verwendbarkeit ausgehen und anschließend verwendbare Produkte nach einem festgelegten Beschädigungsgrad in verschiedene Güteklassen teilen.

Anschließend ist nochmals hervorzuheben, daß die Festlegung der Qualitätskenngrößen mit der angewandten Prüfmethode übereinstimmen muß. So erfordert der Übergang von visueller Einschätzung durch Meßpersonen zu technischen visuellen Sensorsystemen eine Neufestlegung der Qualitätskenngrößen in den staatlichen Standards und anderen technischen Vorschriften. Dieser Forderung wird durch die Erarbeitung von agrotechnischen Forderungen für landwirtschaftliche Automatisierungsmittel Rechnung getragen. Diese Forderungen orientieren sich an den bisherigen Vorschriften, berücksichtigen aber die neue Prüfmethodik und deren technische Weiterentwicklung.

Literatur

- [1] Hofmann, D.; Meinhard, R.; Reineck, H.: Meßwesen, Prüftechnik, Qualitätssicherung. Begriffe und Definitionen. Berlin: VEB Verlag Technik 1980.
- [2] Herold, B.; Baganz, K.: Entwicklungsstand optischer Sortierautomaten für stückige landwirtschaftliche Produkte. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften Berlin, Mikroelektronik in der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft, Tagungsbericht Nr. 255, Teil III (1987), S. 931–940. A 5833

Möglichkeiten zur Prozeßsteuerung an Schlüsselmaschinen im Verfahren der Zuckerrübenproduktion

Dr. sc. agr. K. Berndt, KDT, Institut für Rübenforschung Klein Wanzleben der AdL der DDR
Dozent Dr. sc. techn. M. Gawendowicz, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg,
Sektion Mathematisch-naturwissenschaftliche und technische Grundlagen

Problemstellung

Durch die Erzielung hoher Nährstoffleistungen je Flächeneinheit kommt dem Zuckerrübenanbau in der DDR eine große Bedeutung zu. Neben der stabilen Versorgung der Bevölkerung und der Industrie mit Zucker (jährliche Verarbeitung rd. 6,7 Mill. t Zuckerrüben) ist durch den Zuckerrübenanbau eine maximale Menge an hochwertigem Futter für die Tierproduktion bereitzustellen.

Während im Jahr 1960 der Zuckerrübenanbau durch kleine Anbauflächen der Vertragspartner der Zuckerindustrie (11 ha je Vertragspartner) und durch einen hohen Handarbeitsaufwand gekennzeichnet war (2,2 Arbeitskraftstunden für 1 dt Rüben), konnten durch die zunehmende Mechanisierung die Konzentration und Effektivität der Zuckerrübenproduktion bedeutend erhöht werden. Gegenwärtig beträgt die Anbaufläche je Vertragspartner rd. 277 ha, und es werden 0,45

Arbeitskraftstunden je dt aufgewandt. Perspektivisch ist vorgesehen, durch neue Verfahren in der Zuckerrübenproduktion den Handarbeitsaufwand auf 0,30 h/dt Zuckerrüben zu senken. Dazu sind u. a. weitere Mechanisierungsaufgaben bei der Ertragssteigerung zu lösen. Der Prozeßsteuerung der technologisch bestimmenden Maschinen kommt dabei eine große Bedeutung zu.

Aufgrund der großen Zeitspanne zwischen Bestellung (Eingabe) und Ernte (Ausgabe) in der pflanzlichen Produktion ist gegenwärtig eine Prozeßsteuerung nur in Teilschnitten möglich (z. B. Bodenbearbeitung, Aussaat). Dabei kann bei den Verteilerarbeiten (Aussaat, Düngung, Pflanzenschutz und Beregnung) eine vollständige Prozeßsteuerung realisiert werden, wenn das Arbeitsergebnis erfaßt wird und dementsprechend der Durchsatz, die Ausbringung und die Fahrgeschwindigkeit optimiert werden.

Aussaat

Bei der früher bei Zuckerrüben üblichen Drillsaat kamen ≥ 20 kg Saatgut/ha zur Aussaat. Der mit dieser Saatgutmenge erzielte Aufgangspflanzenbestand betrug 1 bis 2 Mill. Rüben/ha und bedingte, daß bei der Handvereinzelnung jede 10. bis 20. Rübe zur Bestandsbildung ausgewählt werden mußte.

Mit der Einführung monokarper Zuckerrübensorten sowie der Entwicklung einer bodenschonenden und wassersparenden Saattbettbereitung, dem Einsatz von Einzelkornmaschinen und von spezifischen Rübenherbiziden konnten die Aussaatmenge und der Handarbeitsaufwand für die Pflege der Zuckerrüben bedeutend gesenkt werden. Unter günstigen agrotechnischen Bedingungen ist es möglich, bei Endablage des Saatgutes eine handarbeitslose Pflege der Zuckerrüben durchzuführen. Unabdingbar für den erfolg-

reichen Verlauf des Gesamtprozesses ist die Anwendung von Prozeßanalysen und -steuerungen bei den technologisch bestimmten Maschinen. So muß z. B. für einen guten Pflanzenaufgang und für ein optimales Wachstum neben den Reihenabständen auch eine exakte Ablage der Körner in Reihe und Tiefe gewährleistet und ggf. den unterschiedlichen Bodenverhältnissen angepaßt werden.

Bisher beschränken sich Automatisierungseinrichtungen an Einzelkornsämaschinen international hauptsächlich auf die Funktionsüberwachung einzelner Maschinenelemente. Häufig werden indirekte und direkte Funktions- und Ablagekontrollen angewandt. Bei der indirekten Funktionskontrolle erhält der Fahrer optische und akustische Signale, z. B. über die einwandfreie Arbeit der Säorgane. Es erfolgt keine Aussage über die Qualität der Ablage der Körner selbst. Aufgrund der gewonnenen Informationen kann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf die Arbeitsqualität geschlossen werden.

Ablagekontrollgeräte stellen dagegen vollkommene Überwachungseinheiten dar. Als Ablagekontrollgeräte fungieren Systeme

Sensoren, die entweder auf eine Berührung durch das Saatgut reagieren (z. B. Piezogeber) oder aber ohne Kornberührung (z. B. fotoelektrische Fühler) arbeiten.

An der in der DDR zur Zuckerrübensaat genutzten Einzelkornsämaschine A697 besteht die Möglichkeit der Messung von Druckluftschwankungen in der Säeinheit [1].

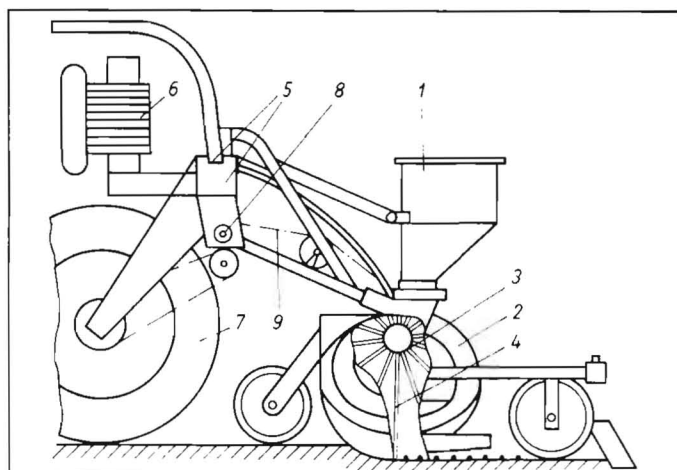
Mit dieser Saatgutflußkontrolleinrichtung wird der Saatgutfluß direkt kontrolliert. Jedes Rohr des Saatgutkegels wird nacheinander mit Hilfe einer Fangdüse, eines Druckwächters sowie einer Auswertelektronik bezüglich seines ungehinderten Durchsatzes für die Ablage des Zuckerrübensaatgutes kontrolliert (Bilder 1 und 2).

Der im Ausland erprobte Saatgutcomputer „Pionier 1“ mißt ebenfalls berührungslos den Saatgutfluß. Er ist mit einem Sensor ausgestattet, der den Magnetismus ausnutzt [2]. Die vom Saatgut abgegebenen magnetischen Signale werden von einem Empfänger registriert. Vorteilhaft ist, daß der Sensor unempfindlich gegenüber Staub und Sonnenlichteinstrahlung ist.

Zum Saatgutcomputersystem „Pionier 1“ gehört auch ein Fahrgeschwindigkeitssensor, der auf magnetischer Basis arbeitet und an einem nichtangetriebenen Rad des Traktors, an der Sämaschine oder an einer unmittelbar angetriebenen Welle der Sämaschine installiert wird. Über einen Reed-Kontakt wird die Bewegung des Magneten festgestellt. Die gewonnenen Werte charakterisieren die Fahrgeschwindigkeit und werden dem sog. Saatmodul mitgeteilt. Es ist ein Interface verfügbar, das für das Zusammenwirken mit einem Radarsystem zur Feststellung der Fahrgeschwindigkeit dient. Der Saatmodul verarbeitet die Signale des Fahrgeschwindigkeitssensors sowie der Sensoren, die zur Ermittlung des Saatgutflusses eingesetzt werden, und gibt ein digitales Signal zum Bedienpult. Das Bedienpult besteht aus einem Mikroprozessor, einer Anzeigeeinheit und Bedienelementen.

Vorteilhaft für Einzelkornsämaschinen ist es, wenn während der Fahrt vom Traktor aus die Ablageentfernung stufenlos verstellbar ist und damit eine Anpassung an wechselnde Bodenverhältnisse innerhalb eines Feldes er-

Bild 1
Schematische Darstellung einer Säeinheit der Einzelkornsämaschine A 697 mit pneumatischer Saatgutflußkontrolleinrichtung: 1 Saatkasten, 2 Gehäuse, 3 Säorgan, 4 angebohrte Rohre, 5 Druckluftleitung, 6 Gebläse, 7 Antriebslaufrad, 8 zentrale Antriebswelle, 9 Kettentrieb zur Einheit



möglicht werden kann [3]. International werden bei einigen Einzelkornsämaschinen stufenlose, elektronische Getriebe eingesetzt. Nicht gelöst ist gegenwärtig die Bestimmung der zu erwartenden Feldkeimfähigkeit bereits bei der Aussaat und der damit notwendigerweise zu variierenden Ablageentfernung des Saatgutes.

Generell ist bei Einzelkornsämaschinen eine zunehmende Anwendung der Fernbedienung vom Fahrersitz aus über Hydraulik und Elektronik zu erkennen. So werden elektronische und hydraulische Fahrgassenschaltungen, auch in Verbindung mit Spurreißern und Voraufaufmarkierungen sowie Teilbreitenabschaltvorrichtung, eingesetzt. Mit der elektronischen Fahrgassensystemsteuerung können prinzipiell unterschiedliche Informationen programmgerecht verarbeitet werden [4].

Von großer Bedeutung für den Feldaufgang und eine gleichmäßige Entwicklung des Pflanzenbestandes bei Zuckerrüben ist die Einhaltung einer optimalen Aussaatiefe. Für deren Automatisierung bietet sich die Regelung der Arbeitstiefe der Säaggregate an. International wurden hierzu einige Prinziplösungen entwickelt.

In der Sowjetunion wurde eine automatische mechanisch-elektrische Vorrichtung zur Messung der Gangtiefe von Säscharen gebaut [5]. Bei ihr wird die Gangtiefe der Schare mit Hilfe von Potentiometern gemessen. Während das Potentiometer fest mit dem Lenker des Säschares verbunden ist, wird über einen beweglichen Schleifer mit Fühler die Feldoberfläche abgetastet. Die Gangtiefe des Säschares wird als proportionale Größe des Winkels zwischen dem Scharlenker und dem Oberflächenfühler bestimmt und ausgewertet.

Ein in Kanada entwickeltes System beruht auf der Arbeitstiefenmessung und -regulierung mit Hilfe von Ultraschall [6]. Am Werkzeugrahmen sind Ultraschallmeßfühler befestigt. Sie senden Ultraschallwellen auf die Erdoberfläche und erfassen den reflektierten Impuls. Die für diesen Kreislauf benötigte Zeit wird in eine Spannung umgewandelt, die proportional der Arbeitstiefe ist. Die Spannung dient zur Signalauslösung bzw. zur Werkzeugkontrolle.

Neben diesen Systemen der automatischen Schartiefenregulierung gibt es auch Vorrichtungen, die neben einem Meßschar ein Tasterad zur Abtastung der Oberfläche des Feldes nutzen [7]. Bei derartigen Vorrichtungen wird der Tiefgang des Meßschar elektrisch abgefragt. Bei gleichmäßig ebenem Boden

wird jede Veränderung des Meßschar-Tiefganges auf einer senkrechten Leuchtenreihe angezeigt. Bei unebenem Boden wird über ein Leuchtkreuz die Lage des Meßschar zu den anderen Scharen signalisiert. Mit Hilfe einer Scharhydraulik wird der Schardruck entsprechend der gewünschten Schartiefe reguliert.

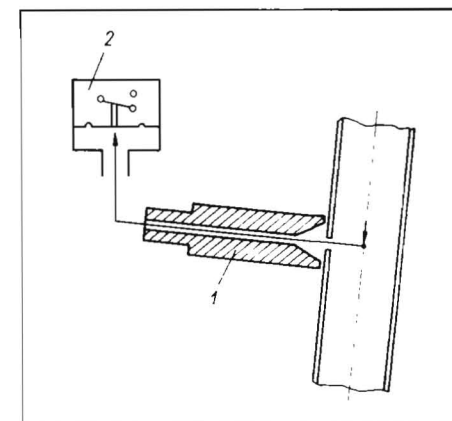
International hat sich der Einsatz eines Bordcomputers zur Prozeßanalyse und -steuerung an Einzelkornsämaschinen für Zuckerrüben durchgesetzt. Zu seinem Funktionsumfang einschließlich Erweiterungen gehören:

- Funktionskontrollen
- Maschinenelemente
 - Füllstand des Saatgutvorrates
 - Spurreißerstellung
 - Fahrgassenschaltung
 - Saatgutflußkontrolle
- geregelter Größen
- konstante Arbeitstiefen (Vorwahl des Sollwertes)
 - Aushub der Arbeitselemente bei Fahrgeschwindigkeitsuntergrenze und Rückwärtsfahrt
 - stufenlos verstellbare Ablageentfernung
- technologische Daten
- Aussaatfläche
 - Aussaatmenge je ha
 - abgelegte Körner je lfm.

Standraumzumessung

International wird die manuelle Standraumzumessung bei Zuckerrüben zunehmend durch die Ablage des Saatgutes auf Endabstand (Kornabstand ≥ 18 cm) abgelöst. Dane-

Bild 2. Fangdüse und Druckwächter am angebohrten Rohr;
1 Fangdüse, 2 Druckwächter



Tafel 1. Leitsysteme für die automatische Lenkung

Leitsystem	Meßwerterfassung
natürliche Leitlinien oder -furchen	
1 Furchen, Dämme, Rillen, Rads Spuren, Bearbeitungsgrenzen	mechanisch, optisch, akustisch
2 Pflanzenreihen	mechanisch, optisch, elektromagnetisch
zusätzlich geschaffene Leitlinien oder -furchen	
3 Furchen, Dämme, Rillen	mechanisch, optisch, akustisch
4 Leitdrähte	mechanisch
5 Leitsaat	mechanisch, optisch, elektromagnetisch, kapazitiv
6 Kontrastmittel (Farbstoff, Schaumstoffspuren)	optisch
7 stromdurchflossene Leiter	induktiv
8 Laserstrahl	optisch
9 Funkmeßverfahren	induktiv
10 Infrarot-Fernsteuerung	optisch
11 Fernsehkamera	optisch
ohne Leitlinien oder -furchen	
12 technischer Kreisel	elektromechanisch

ben setzen sich Verfahren zum Einsatz von Vereinzelungsautomaten (z. B. ČSFR, UdSSR, VRB, BRD), von blind mechanisch längs den Reihen arbeitenden Geräten (z. B. UdSSR, USA, Schweden), von quer zu den Rübenreihen wirkenden Hackmaschinen bzw. Eggen oder von Striegeln, die schräg zu den Rübenreihen eingesetzt werden (z. B. UdSSR), sowie von Pflanzmaschinen (z. B. Japan) nicht durch.

Eine Prozeßsteuerung ist bei der mechanischen Standardummessung gegenwärtig nur durch den Einsatz von Vereinzelungsautomaten möglich. Da die meisten Vereinzelungsautomaten nach dem Tastprinzip arbeiten, verlangt ihr Einsatz spezifische agro-technische und biologische Voraussetzungen. Im allgemeinen sind dies:

- verrollungsfreie Ablage des Zuckerrüben-saatgutes mit einer Einzelkornsämaschine bei einem Kornabstand von mindestens 6 cm
- annähernd gleichmäßig große Rüben-pflanzen mit einer Blatthöhe zwischen 5 und 10 cm
- unkrautfreie Rübenreihen
- ebener Acker oder freiliegende Erdkluten über eine Höhe von 2 cm.

Die meisten Vereinzelungsautomaten tasten die Pflanzen elektrisch ab. So wurde bei dem in der ČSFR produzierten Vereinzelungsau-tomaten 12-JEAN die elektrische Pflanzenab-tastung durch das Schließen eines für jede Sektion separaten Stromkreises über die Schleife Taster-Pflanze-Erde-Scheiben-sech-Geräterahmen realisiert. Der durch die Tastung entstandene Impuls bewirkt ein durch die elektronische Steuerung vorwähl-bares zeitlich verzögertes Schalten des Elek-tromagneten. Die durch den Elektromagne-ten betätigte mechanische Kupplung veran-läßt, daß der Hackmesserstern eine schlagar-tige Drehbewegung von 90° ausführt und die vor der getasteten Rübe stehende Pflanze be-seitigt. Bedingt durch das Funktionsprinzip ist allerdings keine Unterscheidung von

Rübe und Unkraut möglich. Die Hacklänge beträgt konstant 13 cm, während die Schon-stellenlänge durch eine einstellbare Verzöge-rung regulierbar ist. Tasthöhe und Hacktiefe sind stufenlos regulierbar.

Der in der UdSSR entwickelte Vereinze-lungsautomat FEM-12 arbeitet statt mit Kon-taktfühlern mit Fotozellen. Im Unterschied zu Vereinzelungsgeräten mit Kontaktfühlern transformiert dieser Vereinzelungsautomat den Lichtstrahl, der von der Blattfläche der Pflanze reflektiert wird. Das von der Foto-zelle aufgenommene Signal wird in ein elek-trisches Signal umgewandelt, das den Hack-mechanismus auslöst. Die Länge des gehack-ten Streifens hängt von der Formierung der Bestandsdichte ab.

Vereinzelungsautomaten stellen hohe agro-technische und biologische Voraussetzun-gen an den Rübenbestand und werden ge-genwärtig international nur begrenzt einge-setzt.

Ernte

Im Gegensatz zu den Erntemaschinen für an-dere landwirtschaftliche Kulturpflanzen gibt es bei den Zuckerrübenerntemaschinen keine allgemein angewendete Entwick-lungskonzeption. So gibt es allein in den weste-ropeischen Ländern über 50 verschiedene Erntesysteme. Häufig ist aber erkennbar, daß der Trend auf eine Vergrößerung der Ar-beitsbreite zur Steigerung der Flächenlei-stung zielt.

International werden folgende Automatisie-rungseinrichtungen an Zuckerrübenerntemaschinen eingesetzt:

- Lenkung
- Tiefenführung
- Durchstregelung
- Verlustkontrolle
- Überwachung des technologischen Pro-zesses
- Anpassung der Fallhöhe des Verladeeleva-tors
- Beimengungstrennung
- Neigungsausgleich
- Gleichlaufregelung (konstanter seitlicher Abstand und konstante Relativgeschwin-digkeit zwischen Rübenerntemaschine und Transportfahrzeug).

Einen Schwerpunkt bei der Automatisierung der Erntetechnik bildet die automatische Len-kung. Durch die umfassende Anwendung bodenschonender Maßnahmen in der Zuk-kerrübenproduktion und den damit verbun-denen Problemen des exakten Spuranchlus-ses kommt der Forderung nach einer auto-matischen Lenkung von Maschinen und Ge-räten eine zwingende Notwendigkeit zu. Vorteilhaft für das Verfahren der Zuckerrü-benproduktion und darüber hinaus für die Pflanzenproduktion insgesamt ist die Schaf-fung einer universell einsetzbaren automati-schen Lenkung auf der Grundlage einer ein-heitlichen Stell- und Regeleinrichtung mit

den für die jeweiligen Bedingungen entspre-chenden austauschbaren Meßfühlern.

International setzt sich im Verfahren der Zuk-kerrübenproduktion die Anwendung des Fahrgassen- bzw. Regelspurprinzips durch. Während in der UdSSR und der DDR Regel-spurprinzip mit einheitlichen Reihentfer-nungen angewandt werden, orientieren an-dere Länder, wie die ČSFR und Großbritan-nien, auf unterschiedliche Reihentfernun-gen (Beetsysteme). Trotz dieser technologi-schen Lösungen sind bei der Anwendung bo-denschonender und wassersparender An-bausysteme darüber hinaus noch selbsttätige Feinsteuereinrichtungen für die Anbaugeräte der verschiedenen Verfahrensabschnitte not-wendig. Die international angewandten bzw. in der Forschung befindlichen technischen Lösungen sind vielfältig. So sind Lösungen zur Bodenbearbeitung unter Nutzung von Leitlinien bekannt [8].

Verschiedenartige Lenksysteme werden zur Pflege und Ernte eingesetzt, bei denen die Rübenpflanzen selbst als Leitlinie genutzt werden. In den Tafeln 1 und 2 sind einige wesentliche Prinziplösungen zur automati-schen Lenkung zusammengefaßt.

Beispiele der automatischen Lenkung von Rübenerntemaschinen

Bei der automatischen Lenkung von Rüben-erntemaschinen ist der Verlauf der unge-köpften oder geköpften Rübenreihen die Führungsgröße. Im System bildet die Fahrab-weichung die Regelgröße und der Stellwin-kel der gelenkten Räder die Stellgröße. Fol-gende Störgrößen können auftreten:

- Krümmung im Reihenverlauf
- seitlich aus der Reihe herauswachsende Rüben
- auf die Erntemaschinen wirkende äußere Kräfte
- Fahrgeschwindigkeit, Achslastverteilung, Trägheitsmoment, Masse.

Häufig weist die Rübenreihe als Leitlinie eine gute Festigkeit auf, so daß durch sie die nö-tigen Stellkräfte für die Stelleinrichtung auf-gebracht werden und damit eine einfache und robuste Konstruktion der Regeleinrichtung möglich ist.

Gegenwärtig werden die Führungsgröße überwiegend durch mechanische Meßfi (Kontaktfühler) erfaßt. Kontaktlose Verfahren (z. B. Ultraschall) sind z. Z. noch nicht praxis-wirksam. Dagegen setzen sich elektro-hydraulische Einrichtungen mehr und mehr durch.

International werden schon an einer Reihe von Rübenerntemaschinen serienmäßig au-tomatische Lenkungen genutzt (z. B. Rüben-rodeler KS-6 und Weiterentwicklung aus der UdSSR, Maschinen der BRD-Firmen Stoll, Kleine und Schmotzer sowie der fran-zösischen Firma Franquet).

Neben der automatischen Lenkung der Ge-samtmaschine kommt bei Rübenerntema-

Tafel 2. Mögliche Nutzung von Leitsystemen (s. Tafel 1) im Verfahren der Zuckerrübenproduktion

Arbeitsarten im Verfahren der Zuckerrübenproduktion	Nutzung möglicher Leitsysteme für die Verfahrensabschnitte
Grundbodenbearbeitung	1, 3, 8, 9, 10, 12
Saatbettbereitung	1, 3, 8, 9, 10, 12
Aussaat	1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12
1. Maschinenhacke	1...12
Pflanzenschutzmittel- und Herbizidausbringung	1...12
2. Maschinenhacke	1...12
3. Maschinenhacke	1...12
Ernte	2, 8, 9, 10, 11, 12

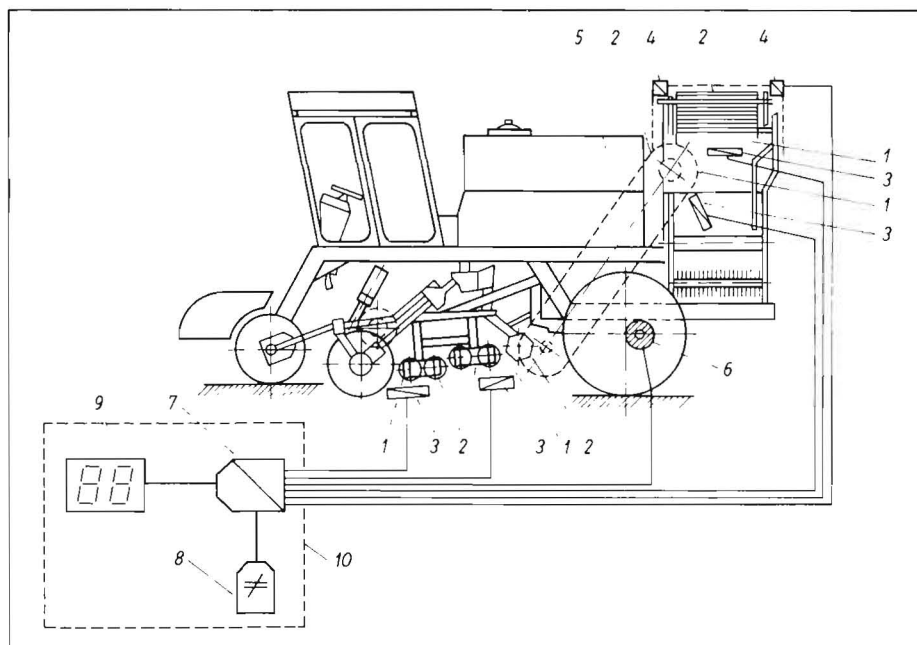


Bild 3. Verlustkontrollereinrichtung einer Rübenerntemaschine;
 1 Übergabestellen, 2 Transportelemente, 3 Meßgitter mit Kraftaufnehmern zur Verlustmessung, 4 Kraftaufnehmer zur Durchsatzmessung, 5 Antrieb der Erntemaschine, 6 Meßwertaufnehmersystem zur Bestimmung der Siebketten- und Fahrtriebsdrehzahl, 7 Informationsverarbeitungseinheit, 8 Sollwertvorgabe, 9 Ergebnisanzeige, 10 Fahrerinformationssystem

schinen der Reihenführung der Köpf- und Rodebaugruppen eine besondere Bedeutung zu. Sie unterstützt die Lenkung der Erntemaschine und sichert unter schwierigen Erntebedingungen die Lenkbarkeit der selbstfahrenden Erntemaschine. International angewandt werden mechanische, elektromotorische und mechanisch-hydraulische Systeme. Die automatische Reihenführung der Arbeitsorgane auf hydromechanischer Basis wird z. B. an den in der UdSSR produzierten gezogenen Köpfmaschinen BM-6 A und an den selbstfahrenden Rübenrodern KS-6 B genutzt.

Während automatische Lenksysteme an Zuckerrübenerntemaschinen eine immer breitere Anwendung finden, werden automatische Tiefenführungen kaum angewandt. Genutzt werden können elektrohydraulische, mechanisch-hydraulische und elektronische Systeme. Ziel der Anwendung einer automatischen Tiefenführung der Rodebaugruppen ist die exakte Einhaltung der einmal eingestellten Rodetiefe.

Eine automatische Verlustkontrolle wird international bisher kaum eingesetzt. Aus der UdSSR ist eine Lösung bekannt, nach der die unterschiedliche Charakteristik des Elektromagnetfeldes von Zuckerrüben und Erde genutzt wird [9]. Das Prinzip beruht darauf, daß sich bei gerodeten und oberirdisch liegendebliebenen Rüben der magnetische Widerstand des Meßraumes ändert. Dieser wird gewandelt und optisch oder akustisch signa-

lisiert. Durch dieses System ist es möglich, objektiv die Arbeitsqualität bei der Rodung zu überwachen, eine schnelle Einstellung entsprechend den gegebenen agrotechnischen Besonderheiten vorzunehmen sowie rechtzeitig hohe Verluste zu erkennen.

Eine weitere Möglichkeit zur Verlustkontrolle an Rübenerntemaschinen besteht darin, daß an den Übergangsstellen der Transportelemente Meßgitter mit Kraftaufnehmern angeordnet werden [10].

Eine Kontrolle der auftretenden Rodeverluste ist dadurch möglich, daß einerseits eine Messung des Erntedurchsatzes und andererseits gleichzeitig eine Messung der Ernteverlustmenge erfolgen kann. Die Information der Differenzbildung aus den Meßwerten und die der graduellen Bewertung der Differenzsignale der einzelnen relevanten Meßpunkte werden einem automatisch arbeitenden Fahrerinformationssystem mit mikroelektronischer Signalverarbeitung zugeführt (Bild 3).

Zur automatischen Durchsatzregelung, zur Überwachung des technologischen Prozesses und für weitere Aufgaben hat sich bei Mähdreschern international der Einsatz eines Bordcomputers bewährt und durchgesetzt. Zur Standardausrüstung von Zuckerrübenerntemaschinen gehören gegenwärtig international noch keine Bordcomputer, Fallhöhenanpassungen, Gleichlaufregelungen oder Beimengungstrennungen.

Zusammenfassung

Durch neue Verfahren in der Zuckerrübenproduktion müssen der Handarbeitsaufwand gesenkt und die Erträge weiter gesteigert werden. Dazu sind u. a. weitere Mechanisierungsaufgaben zu lösen. Der meßtechnischen Erfassung und Steuerung der Einflußgrößen kommt dabei eine immer größere Bedeutung zu. Besprochen werden Möglichkeiten zur Prozeßsteuerung bei den Schlüsselmaschinen der Zuckerrübenproduktion. Beispiele und Möglichkeiten zur Aussaattechnik, zur Standraumzumessung und zur Ernte werden dargestellt.

Literatur

- [1] Berndt, K.: Stand und Möglichkeiten der Saatgutflußkontrolle an Einzelkornsämaschinen, besonders bei der EKS A 697. agrartechnik, Berlin 36(1986)10, S. 463-465.
- [2] Seed computer sensor system draws top design award (Saatcomputer - Sensorsystem bekam den Titel einer Spitzenkonstruktion verliehen). Implement and Tractor, Kansas City (1985)12, S. 8-9
- [3] Artmann, R.: Elektronik und Mikrocomputer weiter auf dem Vormarsch. Landtechnik, Lehrte 39(1984)9, S. 426-428.
- [4] Mehr Komfort: Elektronik in Drillmaschinen. Agrartechnik international, Würzburg 61(1982)2, S. 14-15.
- [5] Tamirov, M. L.; Dubrowskij, B. C.; Aminžanov, K. G.; El'bert, L. S.: Cellesoobraznost' avtomatizacii kontrolja ... (Zweckmäßigkeit der automatisierten Kontrolle der Gangtiefe von Sämaschinen). Trud. VIM, Moskva 77(1977), S. 75-85.
- [6] Buckingham, F.: Canadian machinery research ... (Kanadische Maschinenforschung: Entwicklung von Systemen zum Messen der Saattiefe). Implement and Tractor, Kansas City 97(1982)20, S. 6-8.
- [7] Genauer Drillen mit Elektronikregelung. Agrartechnik international, Würzburg 62(1983)11, S. 30-31.
- [8] Gawendowicz, M.: Zur automatischen Lenkung mobiler landwirtschaftlicher Aggregate mit großen Arbeitsbreiten und -geschwindigkeiten. agrartechnik, Berlin 30(1980)3, S. 101-104.
- [9] Petrov, G. D.; Kuz'minov, V. G.; Vorobejskij, V. J.: Avtomatičeskij kontrol' poter' pri mehanizirovannoju uborke (Automatische Kontrolle des Verlustes bei mechanisierter Ernte). Sacharnaja svekla, Moskva 26(1981)10, S. 25-26.
- [10] Berndt, K.; Paul, H.-J.; Salzwedel, K.: Vorrichtung zur Verlustkontrolle an Erntemaschinen. WP A 01 D 300 345 5. Anmeldetag: 2. März 1987. A 5732

Folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik erscheinen im VEB Verlag Technik:

Elektrie; Elektro-Praktiker; messen-steuern-regeln; Nachrichtentechnik-Elektronik; radio-fernsehen-elektronik; Mikroprozessortechnik