

# Strahlungstechnische Sensoren zur Steuerung von mobilen Aggregaten und Werkzeugen

Dr.-Ing. F. Ahrens, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Pflanzenproduktion

## 1. Einleitung

Der Stand und die Entwicklungstendenzen von Sensoren wurden für die experimentelle Agrarforschung bereits hinreichend analysiert [1]. Zur Lösung von Automatisierungsaufgaben an mobilen Aggregaten und Werkzeugen muß meist auf eigenständige Sensorentwicklungen zurückgegriffen werden. Nur in wenigen Anwendungsfällen wird es gelingen, universell einsetzbare Sensoren in den zu automatisierenden Prozeß zu integrieren, wie es z. B. beim Messen von Drehmomenten, Drehzahlen und Durchflußmengen noch möglich wäre. Die rauen Einsatzbedingungen in der Landwirtschaft und die im Vergleich zur Industrie zu erwartenden geringeren Bedarfszahlen für Sensoren erfordern noch in stärkerem Maß die Entwicklung von billigen, robusten und „prinzipnahen“ Sensoren. Eine engere Forschungs Kooperation bezüglich ähnlich gelagerter Steuerungsprobleme nichtlandtechnischer Anwendungsbereiche wäre vorteilhaft. Die zu entwickelnden Sensoren sollen problemlos austauschbar, handlich und durch ausreichende Selektivität, Empfindlichkeit und Lebensdauer gekennzeichnet sein. Für eine große Anzahl möglicher physikalischer Eingangsgrößen sind technische Verfahren zu entwickeln, durch die in der Umformung eine möglichst begrenzte Anzahl nichtelektrischer Meßgrößen entsteht, die dann in elektrische Signale umgewandelt werden. Die Meßeinrichtung kann aus dem primären oder Elementarsensor, dem Sensorbauelement oder einem intelligenten Sensor bestehen. Durch die weitere Integration zum Einchipsensor werden sich die scharfen Grenzen von Sensor, Wandler, Signalaufbereitung und Mikrorechner weiter verwischen. Einfache, kostengünstigere Aufnehmerkonstruktionen, Exemplarstreuungen der Kennlinien, Nichtlinearitäten und Temperatureinflüsse sind bewußt in Kauf zu nehmen und störende Einflüsse durch die nachfolgende intelligente Sensorelektronik zu kompensieren [2].

Für den Einsatz in mobiler Landtechnik werden zunehmend mikrorechnerkompatible Sensoren benötigt, die problemlos in verstärkt zum Einsatz kommende Bordcomputerkonzepte integriert werden sollten. Ein mögliches Automatisierungskonzept zur Steuerung von mobilen Aggregaten und Werkzeugen geht davon aus, daß der Mechanisator auf dem Aggregat verbleibt. Die zu entwickelnden Sensoren, die sich vorzugsweise an natürlichen Leitlinien (Bearbeitungsgrenzen, Pflanzenreihen u. a.) orientieren, sollen den Mechanisator von monotonen und ihn überbeanspruchenden Beobachtungsaufgaben entlasten. Für diese Aufgaben können vorteilhaft berührungslos arbeitende Sensoren eingesetzt werden. Sie nutzen vorwiegend strahlungstechnische Meßverfahren. Mit der Entwicklung und Applikation derartiger Sensoren können Automatisierungseinrichtungen konzipiert werden, die Prozeßabläufe effektiver gestalten, eine höhere Arbeitsqualität sichern, Energie sparen

Tafel 1  
Strahlungstechnische Meßverfahren für den Nahbereich bis 10 m zur Steuerung von mobilen Aggregaten und Werkzeugen

Prozeßmeßgröße	Energierstrahlung					Meßverfahren/ Informationsauswertung
	Licht	Ultraschall	Mikrowellen	X-Strahlen	$\gamma$ -Strahlen	
Position	⊗	×				Intensität, Triangulation, Spektralanalyse, Laufzeit
Abstand	⊗	⊗	×			Triangulation Laufzeit Frequenz, Phase, Laufzeit
Weg, Geschwindigkeit	×	⊗	⊗			Korrelation, Ortsfrequenz } Dopplereffekt
Temperatur	×		×			Pyrometrie Radiometrie
Feuchte			×			Radiometrie
Dichte				×		Absorption
Volumenstrom	×	×				Absorption, Dopplereffekt, Laufzeit
Objekterkennung						
- Muster	×					Bildererkennung Signalakkumulation
- Form	×	×				Bildererkennung
- Farbe	×					Spektralanalyse

Bemerkung: × mögliche Verfahren

○ erprobte praxisreife Sensoren für den landtechnischen Einsatz

und für den Mechanisator ergonomisch günstigere Bedingungen schaffen.

## 2. Stand und Entwicklungstendenzen

Für die Steuerung von mobilen Aggregaten und Werkzeugen werden zunehmend berührungslose Sensoren benötigt, die die zu steuernden Prozeßgrößen mit Hilfe strahlungstechnischer Verfahren im Nahbereich (0,1 m bis 10 m) erfassen. Wichtige Prozeßmeßgrößen können mit verschiedenen Meßprinzipien und -verfahren bestimmt werden (Tafel 1). Dabei werden die reflektierenden bzw. remittierenden Eigenschaften der Tastobjekte (Ackerboden, Pflanzen, Pflanzenteile u. a.) in Abhängigkeit von der verwendeten Energierstrahlung ausgenutzt und die signifikante Änderung strahlungstechnischer Parameter über eine Merkmalextraktion ausgewertet. Für die Sensorentwicklung geeignete Meßverfahren werden im gesamten Spektrum der elektromagnetischen Strahlung (Licht, Schall, Mikrowellen u. a.) gesucht.

Relativ einfach zu messen sind Abstände und Geschwindigkeiten über dem Ackerboden. Ihre landtechnische Bewährungsprobe haben bereits Abstands- und Geschwindigkeitsensoren in Kompaktauweise und Mikrorechnerverarbeitung bestanden, die bekannte Prinzipie der Sonartechnik (Ultraschall) bzw. Radartechnik (Mikrowellen) verwenden [3, 4]. Mikrowellensensoren haben aufgrund des erreichten Standes in der Halbleiter- und Hybridtechnologie für Nahbereichsmessungen akzeptable Abmessungen,

sind sehr genau und den rauen Einsatzbedingungen entsprechend universell einsetzbar. Ultraschallsensoren sind stör anfälliger (z. B. Windbeeinflussung), aber kostengünstiger. Die erforderliche Temperaturkompensation bereitet keine Probleme. Optische Meßprinzipie, wie z. B. Gittersensoren und Korrelatoren, haben sich unter landwirtschaftlichen Einsatzbedingungen noch nicht bewährt. Mit diesen Sensoren können z. B. in Verbindung mit einem Volumenstromsensor die Aufwandmenge sowie die Arbeitshöhe einer Feldspritze bei der Applikation von Dünger und Herbiziden optimaler gesteuert werden [5].

Schwieriger ist, die Position von mobilen Aggregaten zur Bearbeitungsgrenze oder im Vorgewende bzw. die Position von Werkzeugträgern und Werkzeugen zu Pflanzenreihen zu messen. Da sich der Mechanisator hier „sehend“ auf dem mobilen Aggregat orientiert, überwiegen als Vorschläge für diese Meßaufgabe optische Sensorprinzipie. Bei der Auswahl geeigneter fotoelektrischer Wandler kann der Sensorentwickler auf entsprechende erfinderische Vorleistungen zurückgreifen (Tafel 2).

Für große Arbeitsbreiten sind nur optische Orientierungshilfen bekannt geworden, die Fernrohre, Spiegel oder Prismen verwenden [6].

Zur Positionsbestimmung von Aggregaten im Vorgewende wird vorgeschlagen, einen rotierenden Infrarotsensor zu verwenden, der zu am Feldrand in konstanten Abständen

Tafel 2. Fotoelektrische Wandler zum Aufbau optischer Sensoren

Bezeichnung	Basismaterial	Ausführung
<b>einfache Detektoren</b>		
- Fotoelement		
- Röhrenfotodiode		
- Fotowiderstand <sup>1)</sup>	CdS	TO-K5
- Halbleiterfotodiode		
- Fototransistor		
- Fotothyristor		
- positionsempfindliche Dioden		
- Differenz- und Quadrantenfotodioden <sup>2)</sup>	Si	SP 116 XM SP 117 XM
- IR-Detektoren	Si, SbBi, Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> /SiO <sub>2</sub>	TS-50.1 (noch nicht verfügbar)
<b>Bildaufnahmeröhren</b>		
- Ikonoskop		
- Orthikon		
- Vidikon		
- Endikon		
<b>Festkörperschaltkreise</b>		
- CCD-Zeilen und Matrizen <sup>2)</sup>	Si	L 110 L 133 (L 143)
- positionsempfindliche Dioden	Si, Hybridtechnik	PFDVH1-1

1) wurde untersucht, 2) wird zukünftig untersucht

installierten Reflektormarken Winkel- und Abstandskoordinaten ermittelt und diese Daten durch einen Mikrorechner mit den fiktiven Bahnparametern vergleicht [7]. Umfangreiche Literatur- und Patentanalysen sowie eigene Forschungsarbeiten liegen zu einfachen optischen Sensortechniken für die Positionsbestimmung an Bodenbearbeitungsgrenzen und Pflanzenreihen bei kleineren Arbeitsbreiten vor [8]. Alle bisherigen Verfahren verwendeten einfache fotooptische Wandler, wie z. B. CdS-Fotowiderstände, Fotodioden oder Fotoarrays aus mehreren Fotodioden. Die Ankopplung an das Aggregat oder den Werkzeugträger wurde kreiselgestützt oder über einen starren Ausleger realisiert. Den jeweiligen Abtastbereich konnte man durch optische Blenden, Linsen bzw. Prismen problemlos festlegen. Der Einfluß der im Tagesverlauf auftretenden Beleuchtungsstärkeschwankungen mußte durch eine Arbeitspunktanpassung ausgeglichen werden. Die Meßinformationen zur Positionsbestimmung werden gewonnen, indem die auf die Bodenstrukturen bzw. Pflanzen einfallende Strahlung (sichtbarer und naher infraroter Bereich), die vom Abtastbereich remittiert wird, über den Lichtstrom, die Lichtstärke oder die Leuchtdichte gemessen wird. Meßbare Unterschiede im Remissionsgrad bilden die Voraussetzung für ein funktionsfähiges Meßprinzip. Optisch rotierende Systeme, Lichtstreifenprojektoren mit Mehrfachdiodenarrays oder mehrere quer zur Fahrtrichtung angeordnete Einzelsensoren tasten die Bodenoberfläche ab, auf der sich die Bearbeitungsgrenze (Furche, Damm, Bestandsgrenze u. a.) oder die Pflanzenreihe (Rüben, Kartoffeln, Schwaden u. a.) befinden [9, 10, 11]. Zeitweise undefinierte Leitlinienverläufe erzeugen Störsignale, so daß infolge der kleinen Fangbereiche der Meßeinrichtungen die Leitlinie verlorengehen kann. Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten (über 6 km/h) erzeugen die den Abtastvorgang überlagernden Eigenbewegungskomponenten (Rollen, Nicken) erhebliche Meßfehler, wodurch der praktische Einsatz bisher verhindert wurde. Eine den Einfluß dieser Störungen abschwächende und die Fehlerfortpflanzung reduzierende Trendbeobachtung

kann nur über einen großen Vorhalt realisiert werden. Zusätzlich stabilisierende Meßinformationen sind nur mit weiteren Sensoren und der Auswertung mehrerer Signalparameter zu gewinnen. Komplexe Meßinformationen zur Positionsbestimmung und Trendvorhersage sowie Methoden der Störsignalunterdrückung können vorteilhaft durch die optische Bildauswertung gewonnen werden. Eine auf dem Traktor montierte Fernsehkamera kann z. B. das Gesichtsfeld des Mechanisators in Fahrtrichtung optisch nachbilden (Bild 1). Bei geeigneter Kameraposition erscheinen parallele Pflanzenreihen im Bildausschnitt als Linien, die am Horizont im sog. Fluchtpunkt verschmelzen (Bild 2). Aus den Feldkoordinaten sowie der Kameraposition und -geometrie zum Aggregat können Fahrkursabstand und -winkel mit Hilfe eines Mikrorechners berechnet werden. Aufgrund der geometrischen Beziehungen läßt sich eine optimale Kameraposition finden, so daß der Einfluß der Aggregateigenbewegung minimal wird. Ein 8-Bit-Mikroprozessor verarbeitet die Daten von 128 x 128 Kamerabildpunkten und berechnet die Fehlersignale. Bei Fahrgeschwindigkeiten bis zu 14,4 km/h wird alle 1,3 m ein Kamerabild ausgewertet und der Fahrkursabstand mit einer Meßgenauigkeit von ±11 mm sowie der Fahrkurswinkel mit

Bild 2. Mikrorechnererzeugter Bildausschnitt des Feldes paralleler Pflanzenreihen mit den Berechnungskoodinaten  $x_1$ ,  $x_2$  zur Bildererkennung [12]

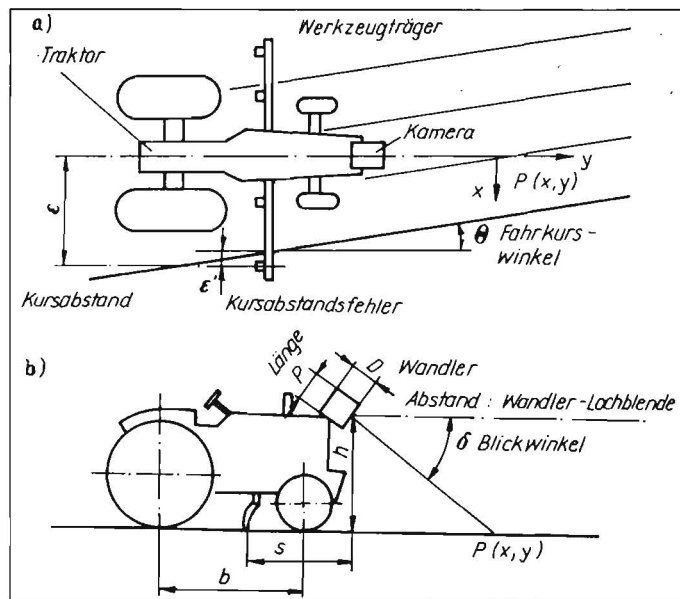
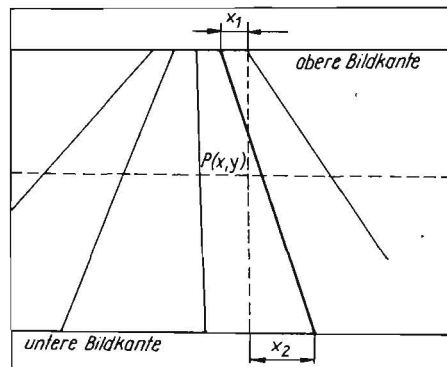


Bild 1. Geometrische Verhältnisse zur Bildererkennung an Pflanzenreihen [12]; a) Bestimmung des Fahrkursfehlers, b) Bestimmung der Kameraposition

±0,3 Winkelgrad berechnet [12]. Bildinformationswandler auf Halbleiterbasis (Si-Technologie) haben gegenüber den bereits eingesetzten Fernsehkameras mit Vidikon bei annähernd gleicher Bildpunktauflösung aufgrund geringerer geometrischer Verzerrungen, des nicht auftretenden Nachzieheffekts, eines größeren Dynamikbereichs und ihrer Unempfindlichkeit gegen Überbelichtung und mechanische Erschütterungen entscheidende Vorteile. Die Mikrorechnerkompatibilität ist bei in der DDR verfügbaren CCD-Sensorzeilen durch das Bildinformationsausleseprinzip gegeben. Für Grundlagenuntersuchungen kann auf industriell oder im wissenschaftlichen Gerätebau gefertigte Kamerasysteme in Komponenten- oder Kompaktbauweise zurückgegriffen werden [13, 14]. Unabhängig vom Prinzip der Bildinformationsgewinnung (rotierende Prismen- oder Spiegelsysteme mit Fotodioden, Vidikons, CCD-Zeilen u. a.) ist die Informationsübergabe an den Mikrorechner gemeinsame Schnittstelle. Der Entwurf der notwendigen Bildverarbeitungsalgorithmen auch auf komfortablen Entwicklungssystemen ist sehr zeitaufwendig. Während Teilprogramme zur Bildtransformation nachgenutzt werden können, sind Auswertalgorithmen für die Merkmalsextraktion (Erkennen der Leitlinie) und die Steuersignalausgabe selbst zu entwickeln (Bild 3). Erste Erfahrungen zur Hardware- und Softwarestruktur von Bildverarbeitungssystemen und deren Leistungsfähigkeit wurden bei der Erkennung geköpfter Rüben über dem Ackerboden gewonnen [15].

### 3. Schlußfolgerungen

International wird seit einiger Zeit an der Entwicklung strahlungstechnischer Sensoren für die Steuerung mobiler Aggregate und deren Werkzeuge gearbeitet. Dabei wird angestrebt, für die Positionsbestimmung zu Bearbeitungsgrenzen und Pflanzenreihen vorzugsweise optische Sensoren zum Einsatz zu bringen. Der erreichte Entwicklungsstand der Halbleitertechnologie spricht dafür, daß als fotoelektrische Wandler CCD-Zeilen verwendet werden, die eine anspruchsvolle Informationsverarbeitung ermöglichen und mikrorechnerkompatibel sind. Auf die teuren

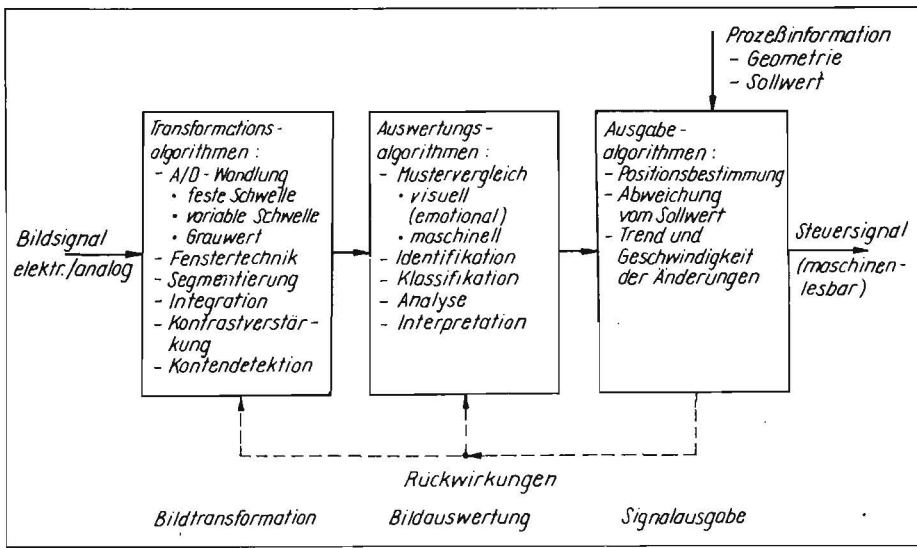


Bild 3. Aufgaben eines Entwicklungssystems zur Bildverarbeitung

CCD-Matrizen kann verzichtet werden, da durch die Relativbewegung der Sensoren über dem Abtastbereich eine Bilddarstellung und -auswertung möglich ist. Der Aufbau entsprechender optischer Sensoren ist dabei an das Aggregat und die Bearbeitungsart gebunden, wobei eine möglichst multivalente Auslegung durch entsprechend veränderbare Anwendersoftware und optische sowie mechanische Anpassung vorgesehen werden sollten. Die prinzipielle Eignung des CCD-Zeilensensors und der Bildverarbeitungssoftware muß in Labor- und Felduntersuchungen nachgewiesen werden. Vorhandene Ergebnisse aus Remissionsmessungen über Böden und Pflanzenteile können ausgewertet werden und sind durch anwendungsorientierte Messungen zu ergänzen [16, 17]. Reproduzierbare Meßbedingungen können geschaffen werden, wenn die Bildszene auch fotografisch festgehalten wird und die Fotos im Labor durch einen mikrorechnergesteuerten optischen Scanner ausgewertet werden. Dazu erforderliche Grundlagenuntersuchungen können mit Hilfe einer CCD-Kamera auf einem Experimentiertisch durchgeführt werden [18]. Bodenkennwerte, Beleuchtungsverhältnisse und geometrische Abtastbedingungen für den Sensor sind Parameter der Versuchsdurchführung. Die zur Merkmalextraktion geeigneten Boden- bzw. Pflanzenparameter sind im Ergebnis dieser Untersuchungen anzugeben [19]. Die gewonnenen Bildinformationen können mit Hilfe eines Bürocomputers ausgewertet und archiviert werden (Bild 4).

Für die Informationsauswertung ist ein Programmentwicklungssystem zur Bildverarbeitung erforderlich, bei dessen Aufbau und Inbetriebnahme die Erfahrungen von Kooperationspartnern (Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, TH Ilmenau, TU Dresden, Humboldt-Universität Berlin) genutzt werden können.

Zur Schaffung breiterer Anwendungsgrundlagen optischer Sensoren für die Bodenstruktur- und Pflanzenerkennung wäre es interessant, auch die prinzipielle Eignung von Thermosensoren als Wärmestahlungsempfänger sowie von Differenzfotodiodenchips als vorerst kostengünstigere Alternative zu CCD-Zeilen zu untersuchen. Im Ergebnis der Grundlagenuntersuchung könnte eine Vorzugsvariante des optischen Sensors entstehen, dessen praktische Eignung unter Feld-

bedingungen in Abhängigkeit von Aggregat und Bearbeitungsart nachzuweisen ist.

#### 4. Zusammenfassung

Eine wichtige Prozeßmeßgröße zur Steuerung von mobilen Aggregaten und Werkzeugen ist die Position zu Bearbeitungsgrenzen und Pflanzenreihen. Unter den rauen Einsatzbedingungen an mobiler Landtechnik erscheinen optische Sensoren mit Bildinformationsverarbeitung geeignet, diese anspruchsvolle Meßaufgabe zu lösen. Nahezu universelle Sensorhardwarekomponenten und flexible Software können breitere Anwendungsbereiche, wie z. B. die automatische Lenkung von Traktoren an Bodenbearbeitungsgrenzen, von Mähreschern und Häckslern an Pflanzenbeständen sowie die Steuerung von Pflege- und Rodegeräten an Pflanzenreihen, erschließen. Alternative Meßverfahren (Thermo- und Differenzdiodensensoren) sollten dieser Konzeption gegenübergestellt werden. Für Felduntersuchungen muß eine CCD-Kamera, vorzugsweise in Kompaktbauweise mit Einchipmikrorechnerverarbeitung, aufgebaut und für den konkreten Anwendungsfall erprobt werden. Die Bedingungen für weitere Anwendungsbereiche, wie zum Beispiel für andere Bearbeitungsarten und den Nachteinsatz, sollten angegeben werden.

#### Literatur

- [1] Lübcke, J.; Peuckert, S.: Einsatzprobleme von Sensoren in der experimentellen Agrarforschung. *agrar-technik*, Berlin 34 (1984) 6, S. 268–269.
- [2] Obermeyer, E.: Sensor und Signalverarbeitung auf einem Chip – Entwicklungstendenzen und Risiken. *Technisches Messen*, München 53 (1986) 2, S. 51–54.
- [3] Thomas, C.: Berührungslos arbeitende Abstandssensoren in der Landtechnik. *Grundlagen der Landtechnik*, Düsseldorf 34 (1984) 3, S. 125–132.
- [4] Mertins, K. H.; Göhlich, H.: Fahrgeschwindigkeitsmessungen an landwirtschaftlichen Fahrzeugen. *Grundlagen der Landtechnik*, Düsseldorf 33 (1983) 1, 14–20.
- [5] Heeres, J.: Micro-elektronica en spuitmachines – Automatische volumenregelsystem (Mikroelektronik in Spritzmaschinen – ein automatisches Volumenregelsystem). *Landbouwmeechanisatie*, Wageningen 35 (1984) 5, S. 531–535.
- [6] Sal'nikov, V. A.: Ustrojstvo dlja vozdenija ... (Vorrichtung zum Führen von Aggregaten mit großer Arbeitsbreite). *Mechanizacija elektrifikacija sel'skogo chozjastva*, Moskva 48 (1978) 11, S. 48–50.
- [7] Harries, G.; Ambler, B.: Automatic ploughing – A tractor guidance system using optoelectronic remote sensing techniques and microprocessor based controller (Automatisches Pflügen – Ein Traktorlenksystem, das optoelektronische Meßeinrichtungen und einen auf einem Mikrorechner basierenden Regler benutzt). *Journal of agricultural engng. res.*, London 26 (1981) 1, S. 33–53.
- [8] Kollar, L.: Automatische Steuerung fahrbarer Aggregate. *Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg*, Forschungsbericht 1978.
- [9] Dwali, R. R.: Zur automatischen Führung von Traktoren. *agrar-technik*, Berlin 22 (1972) 5, S. 207–209, und 6, S. 247–250.
- [10] Harries, G. O.: Eine optoelektronische Apparatur zur Furchenführung. *Nat. Inst. Agric. Eng. Silsoe* (1973) Note DC/C/327/1005.
- [11] Dornheim, H.-P.: Optoelektronischer Meßwertgeber zum berührungslosen Erfassen der Bearbeitungsgrenze für die selbsttätige Lenkung landwirtschaftlicher Aggregate und die Probleme seiner Arbeitspunktanpassung. 13. Fachkolloquium Informationstechnik 1980 in Dresden. *Tagungsmaterial*, S. 154–157.
- [12] Gerrich, J. B.; Surbrock, T. C.: Mobile robots in agriculture. *Robotics and intelligent machines in agriculture*. Proceedings, Tanapa, Florida, 2. bis 4. Okt. 1983. *ASAE*, St. Joseph, Mich. (1983) S. 30–41.
- [13] Wurmus, H.: Anwendung von CCD-Zeilenska-

Fortsetzung auf Seite 473

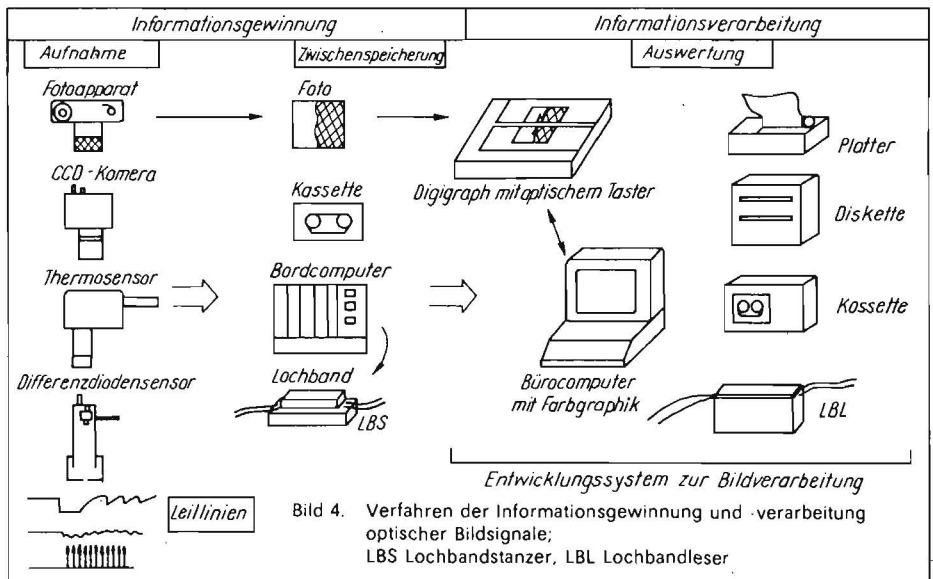


Bild 4. Verfahren der Informationsgewinnung und -verarbeitung optischer Bildsignale; LBS Lochbandstanzer, LBL Lochbandleser

# EDV-gestützter Weltstandsvergleich von Traktoren, Landmaschinen und Anlagen auf Klein- und Mikrorechnern

Prof. Dr. habil. K. Baganz, KDT/Dr. Ursula Winter

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Dipl.-Ing. G. Scheidemann, VEB Traktoren- und Dieselmotorenwerk Schönebeck, HA Erzeugnisforschung Potsdam-Bornim

## Aufgabenstellung

Für die Produktion von Erzeugnissen mit hohem Gebrauchswert und guter Exportfähigkeit ist ein ständiger Vergleich der eigenen Produktion und der Entwicklungsvorhaben mit in- und ausländischen Erzeugnissen eine unbedingte Voraussetzung. Die Aussagekraft derartiger Weltstandsvergleiche wird wesentlich durch den Umfang der dabei erfaßten Fakten und ihrer Relevanz für bestimmte Produkteigenschaften beeinflusst.

Bei der Beurteilung mehrerer Erzeugnisse ist die Gleichwertigkeit des Informationsgehalts eines zu vergleichenden Faktensachverhalts vor allem bei Informationen aus unterschiedlichen Quellen von großer Bedeutung. Stehen keine Vergleichserzeugnisse zu einem direkten Vergleich auf den eigenen Prüfeinrichtungen zur Verfügung und muß daher der Weltstandsvergleich zumindest auf Literaturinformationen aufgebaut werden, wird der „Wahrheitsgehalt“ der benutzten Einzelinformationen voll im Wahrheitsgehalt des Gesamtvergleichs und damit letztlich in seinem Nutzen für Produktion und Ökonomie des Betriebs wirksam.

Auf dem Gebiet der Landtechnik bestehen durch das international gut entwickelte Landmaschinenprüfwesen und zahlreiche nationale und internationale Standards für die Durchführung der erforderlichen Messungen relativ gute Voraussetzungen für objektive Weltstandsvergleiche – auch auf der Basis von Literaturangaben. Traditionsbedingt sind einzelne Maschinenengruppen, wie Traktoren und selbstfahrende Landmaschinen, in den Prüfberichten detaillierter dargestellt als z. B. viele Einrichtungen zur Mechanisierung der Tierproduktion. Aber selbst umfangrei-

che Prüfberichte von Traktoren und Großmaschinen enthalten nicht immer alle Angaben, die z. B. zum objektiven Vergleich solcher Zuverlässigkeitskenngrößen, wie Ausfallabstand und Ausfalldauer, erforderlich sind. Obwohl die Zuverlässigkeitskennwerte eines Erzeugnisses sowohl für den Nutzer als auch für den Hersteller (z. B. für die Ersatzteilbereitstellung) von großer Bedeutung sind, liegen sie nur selten bei der Erarbeitung eines Weltstandsvergleichs für alle Vergleichserzeugnisse vor. Sie sind nur für das abzulösende und als Zielstellung für das neue oder weiterentwickelte Erzeugnis vorhanden. Für die übrigen Vergleichsobjekte sind Annahmen bzw. Schätzwerte zu verwenden. Daher erfordert ein Weltstandsvergleich in jedem Fall die verantwortungsvolle Arbeit eines erfahrenen Landtechnikers und ist für jede schematische Bearbeitung ungeeignet.

Im VEB Traktoren- und Dieselmotorenwerk Schönebeck besteht eine langjährige Tradition zur Nutzung von Weltstandsvergleichen in der Forschung und Entwicklung, die sich nicht nur auf das komplette Fahrzeug beschränkt, sondern auch wichtige Baugruppen der Finalerzeugnisse einschließt. So wurden bereits für die Baugruppen Motor und elektronische Kraftheberregelung gesonderte Weltstandsvergleiche erarbeitet. Auch zur Qualitätseinstufung der Finalerzeugnisse (Erteilung des Gütezeichens) und für die turnusmäßigen ASMW-Überprüfungen zur Bestätigung derselben sind objektive Weltstandsvergleiche Voraussetzung.

Grundlage der Weltstandsvergleiche für alle Industrieerzeugnisse war bis Ende 1985 die ASMW-Vorschrift Warenprüfung 1393 [1], die ab 1. Januar 1986 durch eine überarbeitete Richtlinie (ASMW-VW 1486) [2] ersetzt wurde. Darin werden zur Ableitung hoher volkswirtschaftlicher Zielstellungen bei der Entwicklung neuer Erzeugnisse die Erarbeitung wissenschaftlich-technischer und marktökonomischer Weltstandsvergleiche gefordert.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die wissenschaftlich-technischen Weltstandsvergleiche für Traktoren, die nach einer mit dem ASMW und anderen Einrichtungen abgestimmten Methodik [3] zu erarbeiten sind. Danach werden 2 Einzelkennzahlen (spezifischer Kraftstoffverbrauch, spezifische Masse) und 6 Kennzahlengruppen (Leistung/Zugvermögen, Aggregatierungseigenschaften, Einzeleigenschaften, Getriebeauslegung, Ergonomie, Zuverlässigkeit), die mit einer Reihe Unterkennzahlen versehen sind, zur Beurteilung des technischen Niveaus eines Erzeugnisses verwendet. Daraus ergeben sich je Traktor mehr als 40 zu bewertende technische Parameter oder Kenngrößen, die eine ausreichende Beurteilung erlauben. Der große Umfang der in die Bewertung einbezogenen Fakten erfordert jedoch einen hohen manuellen Bearbeitungsaufwand und begrenzt die Möglichkeit von

kurzfristigen Vergleichen bzw. länderbezogenen Varianten von Vergleichen. Daher lag das Bestreben nahe, eine Verkürzung der Bearbeitungszeit für derartige Vergleiche und eine Reduzierung des Aufwands für diese produktionsvorbereitende Arbeit durch EDV-Einsatz zu erreichen.

In Zusammenarbeit zwischen dem VEB Traktoren- und Dieselmotorenwerk Schönebeck, Hauptabteilung Erzeugnisforschung Potsdam-Bornim, und dem Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft (FZM) Schlieben/Bornim wurde in Vorbereitung eines Projekts für einen arbeitsplatznahen Rechner ein Programmsystem zur Durchführung EDV-gestützter Weltstandsvergleiche auf dem Kleinrechner KRS4200 geschaffen.

Tafel 1. Auszug aus der Faktengruppe 800 (Traktoren)

Nr.	Merkmalsname	verbindliche Dimension
01	Erzeugnisart	
02	Typbezeichnung	
03	Herstellerland	
04	Herstellerfirma	
08	Fahrwerk/Antriebsart	
09	Motortyp	
14	Prüfbericht-Nr./Prüfjahr	
15	Prüfstelle/Prüfstand	
21	Zylinderzahl	St.
26	Motornennleistung	kW
27	Motornendrehzahl	U/min
28	max. Motorleistung	kW
29	max. Drehmoment	
30	Motordrehzahl (zu 29)	U/min
31	Drehmomentanstieg	%
32	Drehzahlabfall	%
34	Tankvolumen	l
35	Leermasse	kg
37	zul. Gesamtmasse	kg
39	Achslastverteilung (ohne Ballast) vorn	%
40	Achslastverteilung (ohne Ballast) hinten	%
45	max. Zugleistung (mit Ballast)	kW
46	hydraulische Leistung	kW
50	Motordrehzahl (Zapfwelle 540)	U/min
51	Motordrehzahl (Zapfwelle 1000)	U/min
54	Hubkraft (Ackerschiene)	kN
59	Reifen vorn (Serie)	
60	Reifen vorn (Wunschausrüstung)	
61	Reifen hinten (Serie)	
62	Reifen hinten (Wunschausrüstung)	
69	max. mittlere Bremsverzögerung (ohne Ballast)	m/s <sup>2</sup>
77	max. Nenngeschwindigkeit (Schnellgang)	km/h
78	min. Nenngeschwindigkeit (Kriechgang)	km/h
81	max. Schalldruck (Bezugsgang)	dB(A)
96	spezifischer Kraftstoffverbrauch	g/kWh

Fortsetzung von Seite 472

- meras in der Automatisierungs- und Robotertechnik. rfe, Berlin 33 (1984) 7, S. 451–455.
- [14] Klette, R.; Rösler, U.; Sommer, G.: Digitale Bildverarbeitung in der Automatisierungstechnik. msr, Berlin 26 (1983) 11, S. 607–615.
- [15] Albrecht, H.; Thiel, W.: Untersuchungen zu Prinzipien und Einsatzmöglichkeiten optischer Sensorsysteme zur Erkennung einzelner stehender Pflanzen am Beispiel geköpfter Zuckerrüben. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation A 1986.
- [16] Bowers, S. A.; Hanks, R. J.: Reflection of radiant energy from soils (Die Reflexion von Strahlungsenergie vom Erdboden). Soil science, Baltimore 100 (1970) 2, S. 130–138.
- [17] Bunik, N. J. J.: The multispectral reflectance of short wave radiation by agricultural crops in relation with their morphological and optical properties. Landbouwhogeschool Wageningen, Dissertation A 1978.
- [18] Kurz, A.; Schmidt, A.: Experimentiereinrichtung zum Einsatz einer CCD-Zeilenkamera in der landwirtschaftlichen Praxis. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Belegarbeit 1985.
- [19] Conrad, F.: Erarbeitung der Grundlagen für die Beurteilung von Stoffproben mittels optoelektronischer Meßverfahren. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Belegarbeit 1985.

A4765