

Zur Wirkungsweise einer Sicherheitseinrichtung für automatisch gesteuerte mobile landwirtschaftliche Aggregate

Dr.-Ing. J. Meyer, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Tierproduktion

Die Automatisierung landtechnischer Prozesse ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Erhöhung der Arbeitsproduktivität und für die Einsparung von Arbeitskräften. Dabei steht der Grad der Automatisierung in direktem Zusammenhang mit der Weltmarktfähigkeit.

Trotz des Trends zu hochproduktiven Maschinensystemen und selbstfahrenden Aggregaten muß jedoch beachtet werden, daß der optimalen Auslastung der Maschinen durch die physische und psychische Leistungsfähigkeit der Fahrer Grenzen gesetzt sind.

Eine weitere Steigerung der Arbeitsproduktivität ist deshalb nur dann möglich, wenn es gelingt, technologische Prozesse oder zumindest Teilfunktionen mit weniger oder ohne direkte menschliche Hilfe zu realisieren [1, 2].

Bevor jedoch fahrerlose, d. h. automatisch gesteuerte mobile Landmaschinen zum Einsatz kommen, sind bestimmte Voraussetzungen zu erfüllen. Dazu gehören u. a. das Führen an Leitlinien, ein Telemetriesystem zum Übertragen von Informationen vom und zum mobilen Fahrzeug sowie eine Sicherheitseinrichtung [3 bis 7]. Diese Sicherheitsanlage (Tafel 1) muß in der Lage sein,

– den Arbeitsbereich des Fahrzeugs derart zu überwachen, daß Kollisionen mit anderen Aggregaten, stillstehenden oder sich bewegendem Fahrzeugen, sowie mit feststehenden Gegenständen, wie Bäumen oder Leitungsmasten, vermieden werden (einfacher Kollisionsschutz, Bild 1)

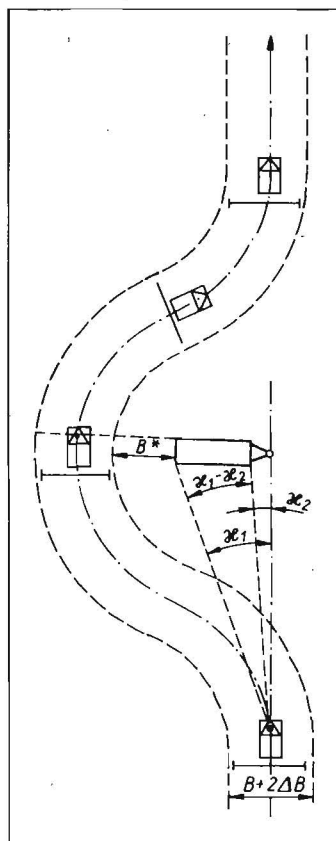
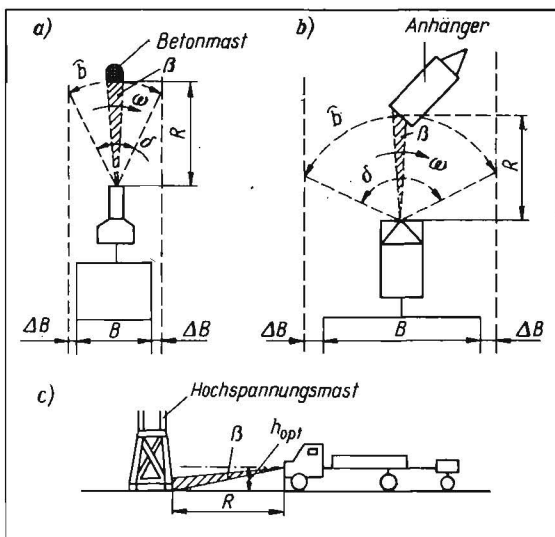
Tafel 1. Zusammenstellung der wichtigsten Größen für eine Kollisionsschutzanlage

Parameter	mathematischer Zusammenhang	angenommener bzw. errechneter Wert
maximale Arbeitsgeschwindigkeit v_{max} maximale Bremsverzögerung a_{max} kritischer Abstand R (Reichweite)	$R = \frac{v_{max}^2}{2a_{max}}$	$v_{max} = 30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ $a_{max} = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ $R = 25 \text{ m}$
maximale Arbeitsbreite B_{max} Sicherheitsbereich ΔB	$0,1 B < \Delta B < 0,2 B$	$B_{max} = 18 \text{ m}$ $1,8 \text{ m} < \Delta B < 3,6 \text{ m}$
Minstdurchmesser eines zu erkennenden Gegenstands d_{min} zugehöriger Winkel der Abtastkeule β	$\beta = 2 \arcsin \frac{d_{min}}{2R}$	$d_{min} \approx 100 \text{ mm}$ $\beta \approx 0,29^\circ$
zu erfassender Winkelbereich vor dem Fahrzeug (Öffnungswinkel) δ	$\delta = 2 \arcsin \frac{B + 2 \Delta B}{2R}$	$51,2^\circ < \delta < 60,5^\circ$
zugehörige Bogenlänge \hat{b}	$\hat{b} = \frac{2\pi R}{180^\circ} \arcsin \frac{B + 2 \Delta B}{2R}$	$22,3 \text{ m} < \hat{b} < 26,4 \text{ m}$
Drehzahl der Abtastkeule ω		$\omega \approx 1 \text{ s}^{-1}$
Mindesthöhe des zu erkennenden Gegenstands h_{min}		$h_{min} \approx 200 \text{ mm}$
optimale Montagehöhe der Anlage am Fahrzeug h_{opt}		$h_{opt} \approx 1 \text{ m}$
Neigungswinkel der Abtastkeule zur Horizontalen α		$\alpha \approx 2,3^\circ$
Winkel, der der Horizontalausdehnung eines zu erkennenden Gegenstands entspricht κ		abhängig vom zu erkennenden Gegenstand

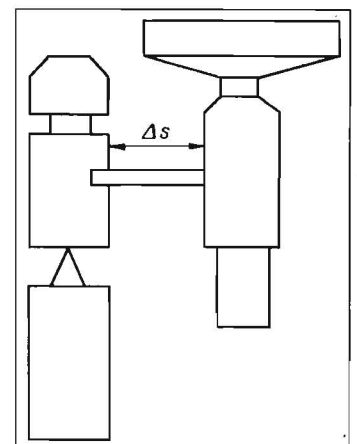
Bild 2. Prinzip des Ausweichmanövers an einem im Arbeitsbereich befindlichen Gegenstand (z. B. Fahrzeuganhänger); $B^* \approx 0,2 B$

Bild 3. Sicherheitsabstand Δs bei der Parallelfahrt von Erntemaschine und Transportfahrzeug

Bild 1. Wirkungsweise des einfachen Kollisionsschutzes;
a) Traktor mit angehängtem Aggregat, b) und c) LKW mit Feldspritzeinrichtung



- in einer erweiterten Variante aus Abstand, Richtung und Größe des störenden Gegenstands Daten zu gewinnen, die ein gefahrloses Ausweichmanöver ermöglichen (erweiterter Kollisionsschutz, Bild 2)
- die Bearbeitungsgrenzen (z. B. Gräben) und den Feldrand zu erkennen, um Wendemanöver einzuleiten
- die Forderungen zu erfüllen, die bei der Parallelfahrt von Erntemaschine und Transportfahrzeug zum Zweck der Gutübergabe während der Fahrt bestehen (optimaler Sicherheitsabstand, Anpassen des Lenkwinkels und der Fahrgeschwindigkeit beider Fahrzeuge, Bild 3).



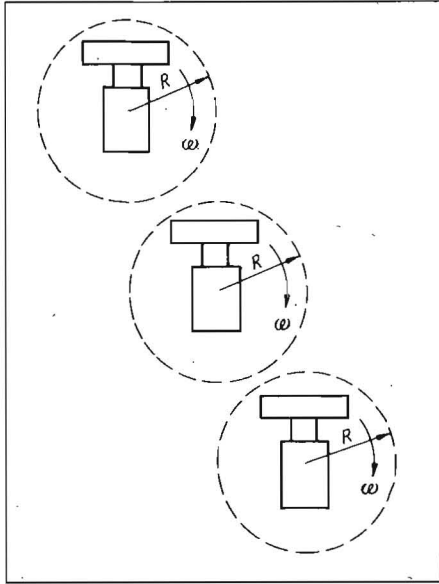


Bild 4
Sicherheitsbereich für
Maschinen im Kom-
plexeinsatz

Ein Sicherheitssystem muß aber auch die Prozeßabläufe des Fahrtriebs und seiner Zusatzaggregate überwachen (z. B. Regeln der Pflugtiefe, optimaler Durchsatz beim Ausbringen von Granulat), um durch rechtzeitiges Erkennen von Grenzwertüberschreitungen Havarien zu vermeiden. Befinden sich Maschinen im Komplexeinsatz, so ist jedes Fahrzeug mit einer Sicherheitseinrichtung auszurüsten. Nur wenn deren Funktion gewährleistet ist, darf auf Automatikbetrieb umgeschaltet werden (Bild 4).

Kollisionsschutz

Wird von dem Prinzip ausgegangen, daß sich Gegenstände im Bearbeitungsbereich eines Aggregats erkennen lassen, wenn sie ausgestrahlte Energieimpulse reflektieren, so kommen dafür Verfahren auf der Basis von Ultraschall, elektromagnetische Verfahren oder optoelektronische Verfahren in Frage. Werden technische und ökonomische Aspekte in einem Variantenvergleich gegenübergestellt, so bietet der Einsatz des aktiven

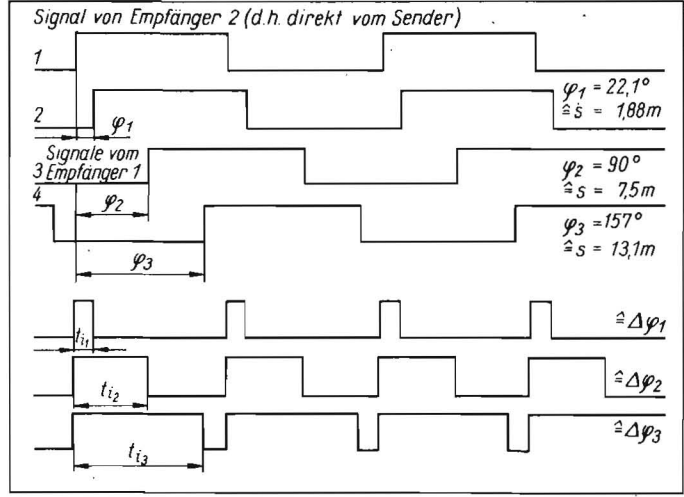


Bild 5
Impulsdiagramm;
1 Sendepuls, 2, 3,
4 Empfängerimpulse
(Modulationsfrequenz
 $f_M = 5 \text{ MHz}$)
die Impulslänge t_i ist
der Phasenverschiebung $\Delta\phi$ direkt propor-
tional

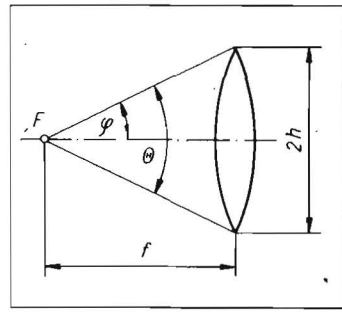
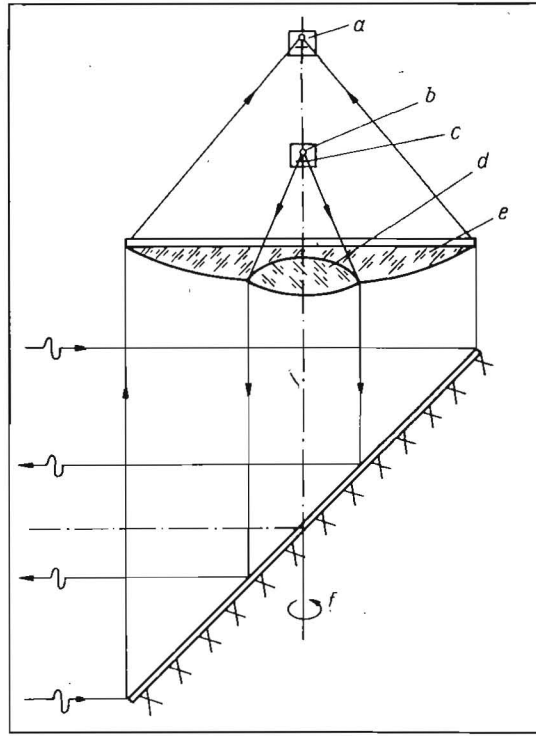


Bild 7. Öffnungswinkel ϕ und Öffnungszahl k einer Linse (f Brennweite);
 $\phi = \arctan \frac{h}{f}$
 $\Theta = 2\phi = 2 \arctan \frac{h}{f}$
 $k = \frac{f}{2h}$

Bild 6. Prinzip der rotierenden Abtastung; a Detektordiode (Empfänger); b Emitterdiode (Sender); c Chipfläche; d Senderlinse; e ringförmige Empfängerlinse; f rotierender Spiegel

Tafel 2. Variantenvergleich der Verfahren zur Entfernungsmessung

Einflußgrößen bzw. Kriterien	Ultraschall	elektromagnetisch		optoelektronisch	
		aktiv	passiv	sichtbarer Bereich	Infrarot aktiv
Reichweite	≈ 20 m (in Luft)	km-Bereich	km-Bereich	km-Bereich	km-Bereich
atmosphärischer Einfluß (Nebel, Regen, Dunst)	vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden
Sonnenlicht	—	—	stark	schwach	stark
Wind	stark	—	—	—	—
Temperaturdifferenz zur Umgebung	—	—	—	—	stark
Realisierbarkeit durch handelsübliche Bauelemente	möglich	möglich	möglich	möglich	möglich
Kompaktaufbau	mittel	mittel	mittel	geringes Volumen	geringes Volumen
Montageaufwand	hoch	hoch	mittel	niedrig	mittel
Robustheit	mittel	mittel	mittel	hoch	mittel
Genauigkeit bei Normalbedingungen	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 5%
Lebensdauer	mittel	mittel	mittel	hoch	mittel
Kosten	mittel	hoch	mittel	niedrig	hoch
Ausbaufähigkeit, Softwareanschluß	vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden
Einsatzorte	Werkstofftechnik, Hydrotechnik, Medizin	Radaranlagen, Verkehrsfunktechnik	Seefahrt	Geologie, Militärtechnik, Verkehrstechnik, Sicherheitsanlagen, Sport	

Infrarotverfahrens große Vorteile (Tafel 2). Das Messen des Abstands zu reflektierenden Körpern ist auf mehrere Arten möglich, z. B. durch Auswerten der Laufzeitdifferenz oder der Phasendifferenz zwischen hin- und rücklaufender Welle [8]. Die gesuchte Entfernung s berechnet sich aus der Impulslaufzeit t_L und der Geschwindigkeit der Strahlaußbreitung (Lichtgeschwindigkeit c):

$$t_L = \frac{2s}{c} \quad (1)$$

Der Phasenwinkel ϕ folgt aus $\phi = \omega t_L = 2\pi f_M t_L$; f_M verwendete Modulationsfrequenz.

Aus den Gln. (1) und (2) folgen

$$s = \frac{\phi c}{4\pi f_M} \quad (3)$$

und die Maximalreichweite R_{max} wegen $0 < \phi < \pi$

$$R_{max} = \frac{c}{4 f_M} \quad (4)$$

Die Genauigkeit der Entfernungsmessung hängt von der Stabilität der Oszillatoren und von der Güte des Phasenmessers ab (Bild 5).

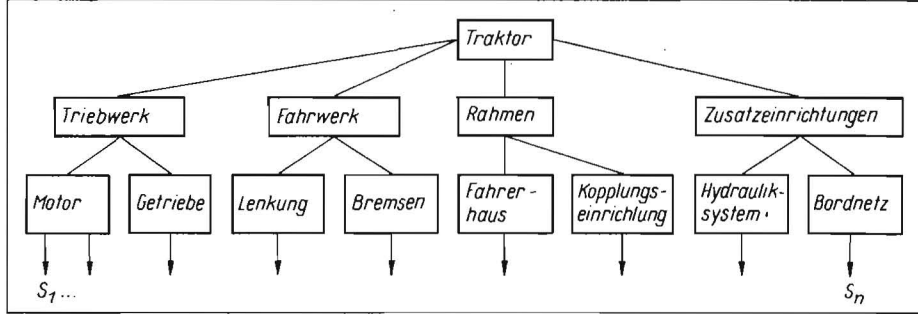


Bild 8. Prinzipieller Aufbau eines Traktors mit Möglichkeiten zum Anordnen von Sensoren (S_1 bis S_n) zum Überwachen der Betriebsparameter

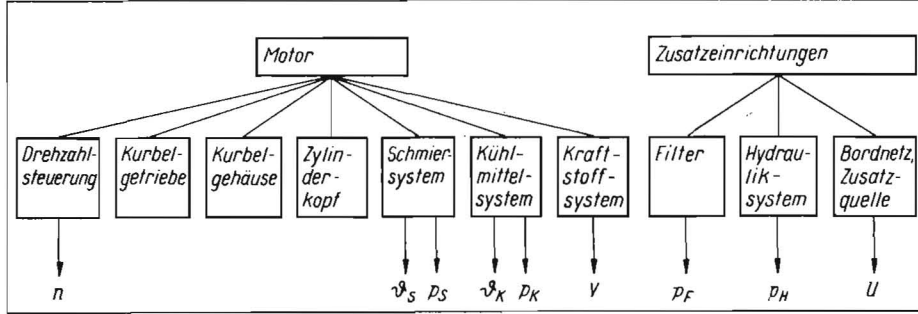


Bild 9 Baugruppen und Zusatzeinrichtungen eines Verbrennungsmotors mit Anordnung der Sensoren zum Messen von Drehzahl, Temperatur, Druck, Volumenstrom und elektrischer Spannung

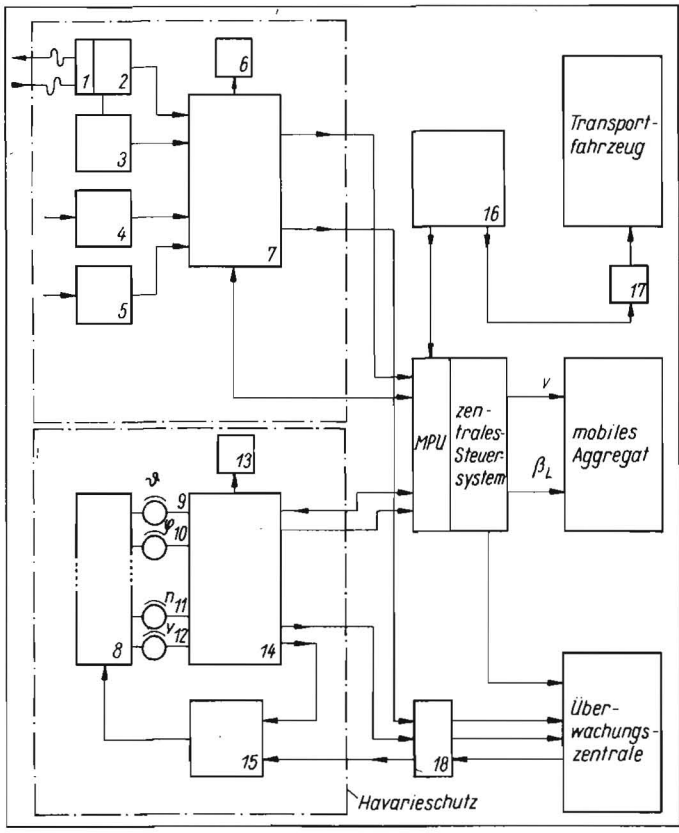


Bild 10 Gesamtübersicht einer Sicherheitsanlage für automatisch gesteuerte mobile Aggregate; 1 Sender/Empfänger, 2 Entfernungsmessung, 3 Horizontalausdehnungsmessung, 4 Positionsmessung, 5 Kursmessung, 6 Anzeige, 7 Auswerteeinheit, 8 Motor und Nebenaggregate, 9 bis 12 Sensoren, 13 Anzeige, 14 Auswerteeinheit, 15 Stellglied, 16 separater Kollisionsschutz für die Parallelfahrt oder für den Komplexeinsatz, 17, 18 Informationsübertragung, v Geschwindigkeitssteuerung, β_L Lenkwinkelsteuerung

Angewendet werden solche Infrarot-Entfernungsmessverfahren bei geologischen Erkundungen, in der Fotoindustrie, für sportliche Zwecke sowie unter Einsatz von Laserdioden vor allem auf militärischem Gebiet. Um den Einfluß des Sonnenlichts auf den Strahlungsempfänger möglichst gering zu halten, wird der Sender moduliert und werden Kantenfilter, Blenden und hochselektive Schaltungen für den Empfänger vorgesehen. Die notwendige Reichweite einer Kollisionsschutzanlage ist von der Fahrgeschwindigkeit und von der Bremsverzögerung abhängig (Tafel 1). Besteht die Forderung nach einem Rundumschutz, z. B. für den Komplexeinsatz, so eig-

nen sich dafür nur rotierende Abtastverfahren (erweiterter Kollisionsschutz, Bild 6). Der Montageort für eine einfache Kollisionsschutzanlage ist die Vorderfront des Fahrzeuges. Ein vollständiges Abtasten nach allen Seiten ist dagegen nur von einer erhöhten Stelle aus möglich. Befindet sich im Arbeitsbereich des Fahrzeuges kein störender Gegenstand, so wird die von der Senderdiode emittierte Strahlungsenergie voll vom Erdboden absorbiert. Reflektiert dagegen ein Körper die Strahlung, so gelangt ein sehr geringer Anteil auf den Strahlungsempfänger. Durch das Auswerten von Phasendifferenz, Zeitdauer und Richtung der reflektierten Impulse lassen sich mit Hilfe eines Mikropro-

zessors der Abstand, die Größe und der geometrische Ort des Körpers ermitteln. Da der von der Senderlinse erfaßte Strahlungsfluß Φ^* nur ein Teil des bei der Emission austretenden Gesamtstrahlungsflusses Φ_{ges} ist, wird unter Einbeziehen des halben Öffnungswinkels φ der Linse und des Raumwinkels Ω_{HK} einer Halbkugel ($\Omega_{HK} = 2\pi$ sr)

$$\varphi = \arctan \frac{h}{f} \quad (\text{Bild 7}) \quad (5)$$

$$\Omega^* = 2\pi (1 - \cos\varphi) \Omega_0 \quad (6)$$

$$\Phi^* = \Phi_{ges} \frac{\Omega^*}{\Omega_{HK}} \quad (7)$$

Die Strahldichte L^* für den von der Linse erfaßten Raumwinkel Ω^* berechnet sich aus den Gln. (6) und (7) zu

$$L^* = \frac{\Phi^*}{A_{Ch} \Omega^*} \quad (8)$$

A_{Ch} Chipfläche. In Abhängigkeit von der Entfernung b zum Sender läßt sich schließlich die Bestrahlungsstärke E berechnen [9]:

$$E = \pi \Omega_0 L^* \frac{1}{4k^2(1+b/\lambda)^2} \quad (9)$$

k Öffnungszahl der Linse. Die tatsächlich im Abstand b auftreffende Bestrahlungsstärke E ist jedoch wegen der Strahlaufweitung an realen Linsen geringer. Unberücksichtigt in Gl. (9) sind auch der Transmissionsgrad der Linse sowie die Absorption des durchstrahlten Mediums. Unter der Annahme, daß der vom Sender emittierte Strahlungsfluß nach Gl. (7) am Ort der Reflexion die Keulenfläche A_K hat und keinerlei Verluste durch Absorption oder Remission auftreten, ist der auf die Linsenfläche des Empfängers A_E treffende wirksame Fluß Φ_E^*

$$\Phi_E^* = \Phi^* \frac{A_E}{A_K} \quad (10)$$

Der Strom I_F in der Fotodiode folgt damit zu $I_F = \Phi_E^* S_{(F)}$

$S_{(F)}$ absolute Empfindlichkeit der Fotodiode bei der Wellenlänge λ des Senders. Damit die Bearbeitungsgrenzen oder natürlichen Hindernisse (Gräben) erkannt werden, sind diese durch aufgestellte infrarotreflektierende Stäbe besonders zu kennzeichnen. Als Oberfläche dieser „Fluchtstäbe“ eignen sich Anstriche mit sog. Straßenmarkierungsfarbe oder Mikrolux-Folie. Beide enthalten winzige Glaskugeln mit einem Durchmesser $4 \mu\text{m} < d < 10 \mu\text{m}$, die in einem hochwertigen transparenten Decklack eingebettet sind. Trifft die Strahlungskeule auf einen solchen Reflektor, so kann durch das empfangene Signal über einen Schwellwertschalter ein besonderes Steuerprogramm ausgelöst werden (z. B. Drehung des Fahrzeuges um $\varphi = 180^\circ$) [10]. Beim Einsatz einer optoelektronischen Meßeinrichtung, bestehend aus einer im Brennpunkt eines Linsensystems angeordneten Infrarot-Leistungs-Emitterdiode (z. B. TIXL 14, Texas Instruments) und einer ebenso aufgebauten Fotodiode als Strahlungsempfänger (SP103) konnte die Wirksamkeit der Rückstrahlortung nachgewiesen werden [11].

Havarieschutz
Mit Hilfe einer Havarieschutzeinrichtung sollen aus den einzelnen Prozeßgrößen des An-

triebs und seiner Nebenaggregate Informationen gewonnen werden, die Schäden vermeiden helfen und einen gefahrlosen Betrieb ermöglichen.

Wird davon ausgegangen, daß eine beginnende Betriebsstörung fast immer mit dem Überschreiten eines oder mehrerer Grenzwerte verbunden ist, so genügt das Überwachen der wichtigsten physikalischen Größen des Antriebs mit Hilfe von Sensoren (Bilder 8 und 9).

Eine noch höhere Sicherheit wäre mit Sensorensystemen erreichbar, da hier bereits Aufnehmer und Signalvorverarbeitung kombiniert sind. Möglich sind auch sog. „intelligente Meßeinrichtungen“, bei denen durch einen integrierten Einchip-Rechner die direkte Kopplung mit der Regel- und Stelleinrichtung erfolgt [12].

Überschreitet eine Meßgröße ihren einstellbaren Grenzwert, wird dies durch Schwellwertschalter angezeigt, gespeichert, zur Stelleinrichtung oder Abschalteneinrichtung weitergeleitet bzw. über eine Datenleitung zur Überwachungszentrale gemeldet. Eine derartige Überwachungseinrichtung ist nicht nur auf den fahrerlosen Einsatz beschränkt, sondern läßt sich in jedem Fahrzeug einsetzen. Im Interesse des zu erwartenden hohen volkswirtschaftlichen Nutzens einer Sicherheitsanlage muß bei der Sensorentwicklung eine frühzeitige Zusammenarbeit von Halbleiterhersteller und Anwender erfolgen.

Schlußbemerkung

Die vorgeschlagene Konzeption für ein Sicherheitssystem umfaßt die Kollisionsschutzanlage und die Anlage zum Vermeiden von Havarien. Beide Teile funktionieren unab-

hängig voneinander, wirken aber gleichzeitig auf die Steuerung des Fahrzeugs (Bild 10) [13, 14]. Rentabel ist eine solche Anlage erst dann, wenn ihr Einsatz bei möglichst vielen landwirtschaftlichen und anderen Bearbeitungsprozessen erfolgt. Dies kann aber nur mit Stufenprogrammen erreicht werden, z. B.

- zentrales Erfassen der Grenzwerte der schon gegenwärtig eingebauten Sensoren am Fahrzeug (z. B. Druck, Temperatur, Spannung)
- Einbau einer einfachen Warneinrichtung an der Vorderfront des Fahrzeugs nach dem Prinzip der Wechsellicht-Reflexschranke.

Auch bei den von Mechanisatoren gelenkten Maschinen kann so der Fahrer optisch und akustisch auf eine drohende Gefahr durch Kollision oder auf eine Havarie hingewiesen werden.

Literatur

- [1] Kollar, L.: Gründe und Möglichkeiten für die automatische Lenkung mobiler landwirtschaftlicher Aggregate. agrartechnik, Berlin 30 (1980) 3, S. 95–98.
- [2] Oberländer, P.: Theoretisches und gerätetechnisches Konzept für die automatische Steuerung landtechnischer mobiler Aggregate. TH Leipzig, Dissertation B 1982.
- [3] Gawendowicz, M.: Meßverfahren zur Positionsbestimmung mobiler Landmaschinen mittels Navigationsverfahren für die automatische Lenkung. IH Berlin-Wartenberg, Dissertation B 1984.
- [4] Rösenberg, W.: Drahtlose Meßwert- und Steuersignalübertragung bei fahrbaren Landmaschinen. IH Berlin-Wartenberg, Dissertation A 1984.

- [5] Gel'fenbejn, S. P.; Tichonov, N. Ja.: Avtomatizacija upravljenija dvizeniem agregatov na povrote (Automatische Steuerung der Bewegung der Aggregate beim Wenden). Mehanizacija i elektrifikacija soc. sel'sk. hozjajstva, Moskva (1978) 11, S. 45–48.
- [6] Rezvov, K. M.; Orlov, N. M.; Malorackij, L. G.: Radionavigacionnye sistemy upravlenija MTA (Funknavigationssysteme zur Steuerung von Maschinen-Traktoren-Aggregaten). Traktory i sel'chozmasiny, Moskva (1979) 5, S. 24–25.
- [7] Gel'fenbejn, S. P.: Terra Navigacija (Erdnavigation). Moskva: Verlag Kolos 1981.
- [8] Genitze, A. A.: Postroenie fazovykh radiodolnomerov dlja upravlenija masino-traktornymi agregatami (Aufbau von Phasen-Radioentfernungsmessern für die Lenkung von Landmaschinen). Traktory i sel'chozmasiny, Moskva (1982) 5, S. 26–27.
- [9] Haferkorn, H.: Optik. Berlin: VEB Dt. Verlag der Wissenschaften 1980.
- [10] Harries, G. O.; Ambler, B.: Automatic Ploughing: A Tractor Guidance System using optoelectronic Remote Sensing Techniques and a Mikroprocessor Based Controller. Journal agric. Engng. Res., London (1981) 26, S. 33–53.
- [11] Meyer, J.: Beitrag zum Sicherheitssystem für automatisch gesteuerte mobile landwirtschaftliche Aggregate. IH Berlin-Wartenberg, Dissertation A 1984.
- [12] Richter, W.: Stand und Tendenzen der Sensortechnik. messen, steuern, regeln, Berlin 26, (1983) 4, S. 193–196.
- [13] Richter, U.: Aufbau und Erprobung einer Meßeinrichtung zur Untersuchung des Reflexionsverhaltens bei Infrarotstrahlung. IH Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1981 (unveröffentlicht).
- [14] Pohlisch, A.; Schreiber, K.: Elektrische Erfassung des Betriebszustandes mobiler Landmaschinen, dargestellt am Beispiel des Verbrennungsmotors. IH Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1982 (unveröffentlicht).

A 4402

Historisches

Pflugkörper mit Wasserleitung

In einem Angebotskatalog aus dem Jahr 1887 [1] offerierte die Firma Rud. Sack Leipzig für alle Gespann-Tiefkulturpflüge und Gespann-Universal-Stahlpflüge als Sonderausrüstung auf Bestellung einen Pflugkörper mit Wasserleitung (Bild 1).

Der Katalog enthält den Hinweis darauf, daß für schwer bearbeitbare, klebrige Böden gewöhnlich spitzkeilige, langgestreckte schraubenförmige Pflugkörper verwendet werden, die aber den Boden in langen zusammenhängenden Schwaden ablegen und ungenügend aufbrechen. Mit Hilfe der Wasserleitung sei es möglich, auf solchen Böden auch Pflugkörper einzusetzen, die den Boden krümeln, ohne daß der Boden am Pflugkörper haften bleibt, dadurch die Pflugarbeit erschwert und schlechte Qualität bewirkt. Durch das den Reibungsflächen des Pflugkörpers zugeführte Wasser würden diese geschmiert und die Berührungsschicht des Bodenbalkens schlüpfrig und leicht gleitend, ohne zu haften, wodurch je nach Bodenzustand 10 bis 30 % Zugkraft gespart würden.

Am Pflugkörper ist ein Wassergefäß befestigt (Bild 1), an dessen unterem Teil ein Hahn angebracht ist, der bei Beginn der Pflugarbeit geöffnet und bei Stillstand geschlossen wird. Vom Hahn wird das Wasser über einen Gummischlauch dem Pflugkörper

zugeführt, wo es durch einen Spalt oberhalb des Schares sowie vor der Anlage ausdringt und dadurch sowohl die Berührungsschicht des aufsteigenden Bodenbalkens als auch die von der Anlage berührte Furchenwand gleitfähig macht.

Dem Angebotskatalog ist zu entnehmen, daß die verbrauchte Wassermenge sehr gering sei und an der fertigen Pflugfurchen kaum bemerkt werde. Außerdem seien die Kosten der Wasserzufuhr unbedeutend, da das Gespann den Wasserwagen mit zum Acker fahren könne, falls in der Nähe des Feldes kein Wassergraben vorhanden ist. Nach jedem Umgang um das Feld bzw. bei langen Schlägen an jedem Feldende ist das Gefäß, das je nach Größe des Pfluges rd. 10 bis 12 Liter faßt, zu füllen. In der Einfüllöffnung des Gefäßes ist ein Sieb, um im Wasser befindliche feste Stoffe abzufangen. Die Ausflußöffnun-

gen der Spalten sind durch einen Talg- oder Gummifaden so abgedichtet, daß das Wasser nicht nach einer anderen Richtung fließen kann. Außerdem darf der Dichtungsfaden nur so dick sein, daß die Oberfläche des Schares um 0,5 bis 1,0 mm höher steht als die des übrigen Pflugkörpers.

Die Wasserleitung wurde nur auf besondere Bestellung geliefert und erforderte eine spezielle Einrichtung des Pflugkörpers. Daher konnte sie nicht zu beliebigen Pflugkörpern nachgeliefert werden. Allerdings war die gesamte Einrichtung leicht abzunehmen, wenn sie nicht benötigt wurde.

Dr.-Ing. H. Sommerburg, KDT

Literatur

- [1] 22. Verzeichnis von Rud. Sacks Geräthen und Maschinen zur Bodenbearbeitung und Reihenkultur. Plagwitz-Leipzig, 1887, S. 17–19. A 4592

Bild 1
Universalpflug Marke
D85 mit Wasserleitung,
von der Landseite gesehen

