

- achtstellige Zählerbaugruppe
- kaskadierbarer Parallel-Serien-Wandler (P/S-Wandler) für die Meßdatenausgabe in serieller Form, z. B. auf Lochstreifen oder Magnetband
- Zeitgeber (Zeit- und Taktausgänge)
- Byte-Interface-Baugruppe (PIO) für K-1520-Kopplung (diese Baugruppe ist als K-1520-Systemkarte ausgeführt)
- 2 × 10 Bit-D/A-Wandler (als K-1520-Systemkarte ausgeführt)
- Stromversorgung (dreifach)
- Digitalwert Ein- und Ausgabereinheit für Steuerungsaufgaben (noch in Entwicklung).

Eine grafische Übersicht ist im Bild 3 enthalten. Variante 3 befindet sich derzeit noch in der Entwicklungsphase. Sie dürfte aufgrund der Forderung der Agrarforschung nach mobilen Datenerfassungssystemen ständig an Bedeutung gewinnen, vor allem in einer Konzeption mit abgesetzten Spannungs-Frequenz-Wandlern. Mit einem derartigen Baukastensystem wird der Entwicklungsingenieur im wissenschaftlichen Gerätebau in die Lage versetzt, effektive Systemlösungen für Off-line- und On-line-Anwendungen in vertretbaren Zeiträumen zu projektieren.

Diese Baugruppen werden im Forschungszentrum für Tierproduktion für den Eigenbedarf in einer Kleinserie gefertigt und ermöglichen den Entwicklungsingenieuren den Übergang zu einer projektierenden Arbeitsweise. Im Jahr 1982 erfolgt eine Nachnutzung der Entwicklung in den anderen Forschungszentren der AdL. Besondere problemspezifische Anforderungen lassen sich durch im Aufwand vertretbare Modifikationen bzw. Adaptionen realisieren. Neben der Geräteprojektierung stehen jetzt zunehmend Software-Fragen im Vorder-

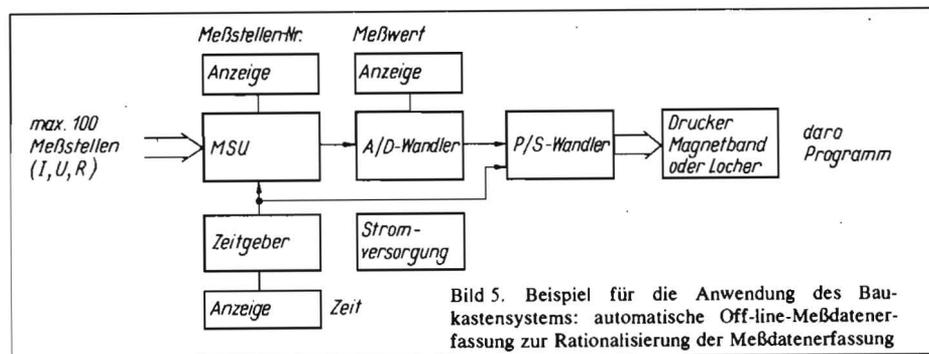


Bild 5. Beispiel für die Anwendung des Baukastensystems: automatische Off-line-Meßdatenerfassung zur Rationalisierung der Meßdatenerfassung

grund. Diese können effektiv unter Einsatz eines Mikrorechner-Entwicklungssystems und unter Verwendung von Cross-Software für vorhandene Kleinrechner (z. B. KRS 4200) gelöst werden. Ähnliche Lösungswege wie bei der Hardware-Projektierung sollten auch bei der Software-Entwicklung beschränkt werden (Entwicklung multivalent nutzbarer Systembausteine). Bei der Auftragsbearbeitung (Bild 4) ist besonders die Notwendigkeit der Parallelarbeitsphase bei der Software- und Hardware-Entwicklung zu beachten. Ein Beispiel für die Anwendung des Baukastensystems ist im Bild 5 dargestellt.

6. Zusammenfassung

Im Beitrag wurden die Probleme beim Einsatz von Mikrorechnern im wissenschaftlichen Gerätebau genannt und Varianten effektiver Lösungswege gezeigt. Dabei wurde die Baukastensystemlösung des Forschungszentrums für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock für Anwendungen in automatischen Meßsystemen und in der Prozeßperipherie von Mikrorech-

nern (Orientierung auf K 1520) dargestellt. In diesem Zusammenhang gewinnt die Software-Entwicklung eine immer größere Bedeutung für die Projektierung hocheffektiver Meßsysteme.

Literatur

- [1] Busch, K.; Lübcke, J.; Dyhrenfurth, K.: Der Eigenbau wissenschaftlicher Geräte für die Agrarforschung. agrartechnik 30 (1980) H. 8, S. 368—371.
- [2] Meiling, W.; Töpfer, H.; Horig, H.-J.: Laborautomatisierung. Vortrag auf der Jahrestagung der WGMA 1980, Automatisierungstechnik.
- [3] Töpfer, H.; Fuchs, H.; Willem, H.: Moderne gerätetechnische Mittel und ihre Konsequenzen für neue Automatisierungskonzepte. msr 23 (1980) H. 1, S. 2—10.
- [4] Naumann, G.; Meiling, W.; Stscherbina, A.: Standard-Interfaces der Meßtechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1980.
- [5] Schwarz, W.; Meyer, G.; Eckhardt, D.: Mikrorechner. Berlin: VEB Verlag Technik 1980.

A 3169

Optische Meßeinrichtungen zur Bestimmung geometrischer Größen

Dr.-Ing. P. Oberländer, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Mechanisierung der Tierproduktion

1. Einleitung

Die Erhöhung von Leistung und Effektivität mobiler Aggregate für die landwirtschaftliche Produktion erfordert zunehmend den Einsatz von Automatisierungsmitteln. Als wichtige Aufgaben sind hierbei, wie die Entwicklung der letzten Jahre gezeigt hat, Probleme der automatischen Führung an Leitlinien sowie die Positionierung von Fahrzeugen zueinander (z. B. bei der Erntegutübergabe) zu lösen, da durch die Vervollkommnung der Aggregate und Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeiten die physische und psychische Leistungsgrenze des Bedienpersonals erreicht bzw. bereits überschritten ist. Das hat zur Folge, daß die Maschinenparameter über die volle Arbeitszeit nicht mehr maximal genutzt werden können [1]. Obwohl in der Literatur bereits eine Vielzahl technischer Lösungsvarianten, vor allem zur automatischen Lenkung, vorgestellt wurde, ist die Anzahl der großtechnisch realisierten Lösungen gering und beschränkt sich überwiegend auf mechanisch-hydraulische und mechanisch-elektrohydraulische Varianten. Gründe hierfür sind u. a.:

- nicht ausreichende Funktionssicherheit unter den Bedingungen des landwirtschaftlichen Betriebs
- prinzipbedingte Funktionsfähigkeit nur bei Fahrgeschwindigkeiten $v < 6 \text{ km/h}$
- zu hohe Kosten.

Technische Probleme ergeben sich bezüglich der Meß- und Stelleinrichtungen, während die Informationsverarbeitung mit Hilfe handelsüblicher Bauelemente und Baugruppen durchgängig lösbar ist.

Für die Meßwertfassung ermöglichen optische Meßsysteme kostengünstige und nach ersten Erfahrungen auch für den praktischen Betrieb einfach realisierbare Geräte. Im Rahmen dieses Beitrages sollen deshalb einige grundsätzliche Varianten und Möglichkeiten optischer Meßeinrichtungen diskutiert werden.

2. Varianten optischer Meßsysteme

Als Grundprinzipien sind vorzugsweise die Erfassung von Intensitätsmaxima und die Erfassung von Übergängen mit unterschiedlichem Reflexionsgrad ρ geeignet.

Analog arbeitende Meßeinrichtungen, d. h. z. B. eine absolute Erfassung der Leuchtdichte, sind aufgrund der hohen Verschmutzungsgefahr im Betrieb nicht geeignet. Eine Laufzeitbestimmung optischer Signale im Bereich von Entfernungen weniger Meter ist derzeit noch zu kostenaufwendig und kommt deshalb nur für Sicherheitssysteme (Abstandswarnung) bei gleichzeitigem Betrieb mehrerer Maschinen (größere Entfernungen) in Betracht. Die für optische Meßeinrichtungen verwendbare Strahlung umfaßt das gesamte Spektrum des sichtbaren Lichtes und den Infrarotbereich. Hierfür sind auch handelsüblich geeignete optoelektronische Bauelemente vorhanden. Für die Signalgewinnung stehen zur Verfügung:

- Farbmarkierungen an Fahrzeugen (z. B. Positionserfassung zwischen Erntemaschine und Transportfahrzeug für die Gleichlaufregelung während der Erntegutübergabe [2])
- künstliche Leitlinien (z. B. mechanische Spurrillen, Schaumspuren)
- natürliche Leitlinien (z. B. Bearbeitungs-

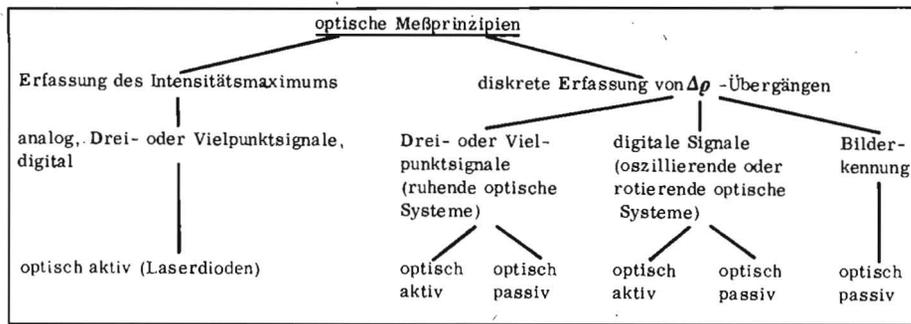


Bild 1. Grundprinzipien von optischen Meßsystemen für Aufgaben der Positionserfassung und Leitlinienerkennung

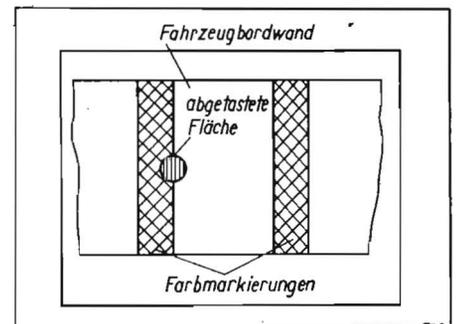


Bild 3. Prinzip der Abtastung von Farbmarkierungen

Bild 2. Mögliche gerätetechnische Lösungen für optische Meßsysteme

Variante	math.-phys. Zusammenhänge	Variante	math.-phys. Zusammenhänge
<p>① Bestimmung des Intensitätsmaximums</p> <p>rotieren-der Spiegel</p> <p>Laserquelle</p> <p>optisches System (mit photoelektr. Empfänger)</p> <p>Beispiel: Bestimmung von x</p>	$\tan \alpha = \frac{l_2}{l_1}$ $\frac{dl_1}{l_1} \approx -2 \frac{d\alpha}{\sin 2\alpha}$ $\sin \alpha = \frac{2l_2}{r} = \frac{2l_2}{\sqrt{l_1^2 + l_2^2}}$ $\frac{dl_1}{l_1} \approx \alpha \frac{2\sqrt{l_1^2 + l_2^2}}{2l_2}$ $\approx -d\alpha \sqrt{1 + \left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2}$ <p>Genauigkeit = f(l₂)</p>	<p>③ ruhendes optisches System (Vielpunktverhalten, periodische Abfrage)</p> <p>$\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x_3 = \dots = \Delta x_n = \Delta x^*$</p> <p>$A_i = L$ für $i \Delta x^* \leq \Delta x < (i+1) \Delta x^*$</p> <p>mit $i = 1, 2, \dots, n$</p>	
<p>② ruhendes optisches System (Drei- oder Mehrpunktverhalten)</p> <p>Farbmarkierung</p> <p>Beispiel: Positionserfassung</p> <p>Farbmarkierungen</p> <p>Meßfühler Δx</p> <p>Meßfühler Δy</p> <p>Beispiel: Schnittkantenabtastung</p> <p>optischer Meßkopf mit drei Systemen</p>	<p>$A_1 = L$ für $\Delta x_1 \leq \Delta x$</p> <p>$-A_1 = L$ für $< \Delta x_1 + \Delta x_2$</p> <p>$A_2 = L$ für $\Delta x \geq \Delta x_1 + \Delta x_2$</p> <p>$-A_2 = L$ für $\Delta x \geq \Delta x_1 + \Delta x_2$</p>	<p>④ rotierendes optisches System</p> <p>Meßimpuls</p> <p>Vergleichsimpulse</p> <p>Torschaltung</p> <p>Impulszähler</p> <p>Impuls-generator</p> <p>Beispiel: Positionserfassung</p> <p>$\Delta y \sim \alpha = k \frac{4}{3} I$</p> <p>$\Delta x \sim \alpha_1 - \alpha_2 = k \left(\frac{2}{3} I - \frac{4}{3} I \right)$</p> <p>(I Impulse)</p>	

kanten, Pflanzenbestand, Pflanzenreihen, Dämme).

Im Sinn einer unifizierbaren Systemlösung für die Meßwerterfassung ist zukünftig das Problem der Leitlinienerzeugung komplex zu untersuchen. An optisch zu erfassende Leitlinien bzw. Farbmarkierungen sind folgende Anforderungen zu stellen:

- hinreichend große Differenz des Reflexionsgrades ρ oder des Absorptionsgrades α gegenüber der Umgebung
- möglichst vollkommen diffuse Reflexion über den interessierenden Spektralbereichen
- Unabhängigkeit von der Richtung der Sonneneinstrahlung.

Gegenüber bekannten optischen Tastern, wie sie etwa bei der numerischen Steuerung von Werkzeugmaschinen verwendet werden [3, 4], treten als spezielle Bedingungen auf:

- keine starre Führung in vorgegebenen Bahnen
- wesentlich größere Meßentfernungen
- stark wechselnder Fremdlichtpegel in Abhängigkeit von den Beleuchtungsverhältnissen (Schwankungen von 300 bis $> 10\,000$ lx Beleuchtungsstärke bei Tagbetrieb).

Einige mögliche Grundprinzipien optischer Meßsysteme sind im Bild 1 zusammengestellt. Unter „optisch passiv“ soll dabei verstanden werden, daß die Umgebungshelligkeit zur Signalgewinnung genutzt wird, während beim „optisch aktiven“ Meßsystem mit zusätzlichen unmodulierten oder modulierten Lichtquellen gearbeitet wird.

Ruhende optische Systeme erfordern für die Bildung eines n-Punkt-Signals an einer Abtastkante n-1 Meßfühler, bewegte optische Systeme hingegen nur einen Meßfühler, dafür aber einen erhöhten mechanischen Aufwand und haben den Nachteil, daß bewegte Teile vorhanden sind.

Aus den dargestellten Grundprinzipien kann eine Vielzahl gerätetechnischer Lösungsvarianten abgeleitet werden, von denen im Bild 2 und in Tafel 1 einige unter dem Aspekt niedriger Kosten und universeller Verwendbarkeit bei Sicherung der funktionellen Parameter zusammengestellt sind.

Über ein rotierendes optisches System mit einer Spiegeloptik zur Abtastung von Bodenbearbeitungskanten wurde u. a. in [5] berichtet. Speziell für die Positionserfassung von Erntemaschine und Transportfahrzeug zueinander in Fahrtrichtung und quer zur Fahrtrichtung wurden an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg Meßfühler nach den Varianten 2 und 4 entwickelt und bei der Getreideernte (Mähdröschler E 512) sowie bei der Halmfuttermaterie (E 280) praktisch erprobt. Die Funktionsfähigkeit der Versuchseinrichtungen konnte unter verschiedenen Witterungsbedingungen (u. a. starke Staubeinwirkung, Regen) nachgewiesen werden.

3. Dimensionierung des optischen Systems

An dieser Stelle soll vorzugsweise auf die Probleme bei der Positionserfassung zwischen Erntemaschine und Transportfahrzeug eingegangen werden. Um ein eindeutiges Erkennen des Übergangs von der Farbmarke (ausgeführt als breiter Strich mit weißer Latexfarbe) zur Fahrzeugwand und umgekehrt zu ermöglichen (Bild 3), ist eine exakte Auslegung des optischen Strahlengangs erforderlich.

Das von der abzutastenden Fläche reemittierte Licht darf nur auf die empfindliche Fläche des fotoelektrischen Bauelements treffen und soll diese vollständig bestrahlen. Damit muß aber

Tafel 1. Vor- und Nachteile möglicher gerätetechnischer Lösungen für optische Meßsysteme

Variante (s. Bild 2)	Vorteile	Nachteile
1	— unabhängig von Intensitätsschwankungen	— große Basisbreite l_2 für hohe Meßgenauigkeit erforderlich — für dunkle, gläserne und feingepolierte Flächen nicht geeignet, d. h. Marke erforderlich, die Licht vollkommen diffus streut — bei größeren Entfernungen Probleme der Lichtbündelung — fahrzeugtypabhängige Einstellung erforderlich
2	— Abtastgenauigkeit nur durch optisches System bestimmt — keine bewegten Teile	— nur Drei- oder Mehrpunktverhalten — Helligkeitsanpassung notwendig
3	— quasidigitales Signal ($> 10 \dots 20$ Einzelmessfühler) — keine bewegten Teile	— Helligkeitsanpassung notwendig
4	— nur eine Meßrichtung für Δy und Δx — Gewinnung von $d(\Delta y)/dt$ und $d(\Delta x)/dt$ zur Aufschaltung als Hilfsregelgröße einfach möglich	— Meßergebnis nicht linear, Meßwerte voneinander abhängig, Korrektur 1. Ordnung zweckmäßig — beim Herausfahren aus dem Bereich der Farbmarkierung in x-Richtung keine Anzeige von Δy möglich

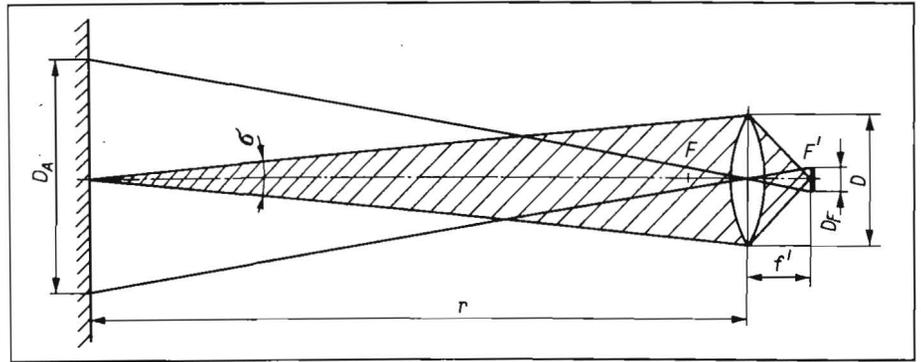


Bild 4. Prinzip des Strahlengangs des optischen Systems

das optische System nach dem Prinzip des vollständigen optischen Instruments ausgelegt werden. Für die Realisierung ergeben sich zwei Varianten: Abbildung der abzutastenden Fläche auf die empfindliche Fläche des fotoelektrischen Elements oder Verwendung eines telezentrischen Strahlengangs (der Strahlengang kann als telezentrisch angenommen werden, wenn der Abstand r der abzutastenden Fläche größer als 15- bis 20mal der Brennweite f des optischen Systems ist). Randbedingungen für die Dimensionierung aus technischer und ökonomischer Sicht sind die maximale Baugröße des optischen Systems (Länge, Durchmesser), Anzahl und Qualität der optischen Bauelemente, Größe der lichtempfindlichen Fläche des fotoelektrischen Bauelements, erforderliche Mindestbeleuchtungsstärke für betriebssicheres Arbeiten, Differenz der Leuchtdichten von Farbmarkierung und Fahrzeugbordwand, Größe der abzutastenden Fläche (die Ansprechempfindlichkeit verbessert sich mit kleiner werdender Abtastfläche!).

Der im optischen System (Bild 4) ankommende Lichtstrom Φ errechnet sich nach der Beziehung (1) [6]

$$\Phi = \pi F E_A \rho_A A_A \sin^2 \delta \quad (1)$$

und die Beleuchtungsstärke auf dem fotoempfindlichen Bauelement nach Gl. (2):

$$F_F = \frac{\Phi}{A_F} j; \quad (2)$$

F Verlustfaktor des optischen Systems
 E_A Beleuchtungsstärke der abzutastenden

Fläche (aus Gründen der einfacheren Handhabung wurde die Leuchtdichte der abzutastenden Fläche in eine äquivalente Beleuchtungsstärke umgerechnet)

- ρ_A Reflexionsgrad
- A_A abzutastende Fläche
- σ halber Einfallswinkel
- E_F Beleuchtungsstärke auf dem fotoempfindlichen Bauelement
- A_F lichtempfindliche Fläche des fotoelektrischen Bauelements.

Der Lichtstrom Φ wird noch entsprechend der spektralen Empfindlichkeit $S(\lambda)$ des fotoelektrischen Bauelements bewertet und in ein elektrisches Signal umgewandelt (Bild 5). Wird weiter zum Erzielen eines ausreichenden Signalabstands zwischen Farbmarke und Fahrzeugbordwand eine Beleuchtungsstärkedifferenz ΔE_{Fmin} angesetzt, so folgt unter Einbeziehung des Linsendurchmessers D (Bild 4) bei $r \gg D$

$$\tan \delta \approx \sin \delta \approx \delta \approx \frac{D}{2r} \quad (3)$$

$$D \geq 2r \sqrt{\frac{\Delta E_{Fmin} A_F}{\pi F \Delta \rho_A E_{Amin} A_A}} \quad (4)$$

Die Größe der abgetasteten Fläche A_A ist wiederum von der Brennweite f des optischen Systems und vom Durchmesser D_F der lichtempfindlichen Fläche A_F abhängig:

$$A_A \approx \left(\frac{r}{f}\right)^2 A_F \quad (5)$$

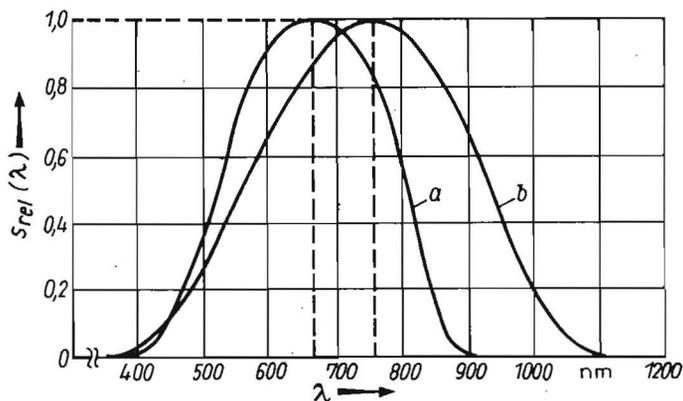


Bild 5
Relative spektrale Empfindlichkeit $S_{rel}(\lambda)$ fotoelektrischer Bauelemente;
a CdS-Fotowiderstand, b Fototransistor SP 201 (nach [3])

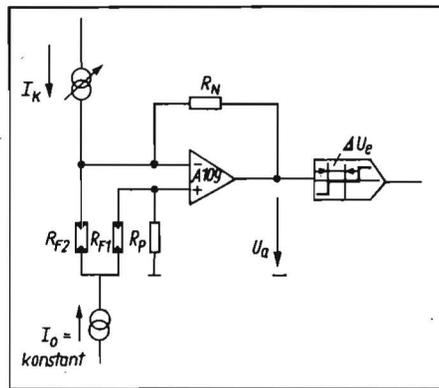


Bild 6
Prinzipschaltung zur Helligkeitsanpassung bei Fotowiderständen

Bei Verwendung von Fototransistoren kann A_F als punktförmig angenommen werden, die Anordnung kann direkt im Brennpunkt erfolgen, und es gilt $D_A \approx D$. Aus Gl. (4) folgt dann

$$D^2 \approx \frac{4 r \sqrt{\Delta E_{f_{min}} A_f}}{\pi \sqrt{F E_{A_{min}} \Delta \rho_A}} \quad (6)$$

Hier ist die Wahl der Systembreite f' unter Einhaltung der Bedingung $r > (15 \dots 20) f'$ frei möglich; Randbedingung ist nur noch der Fehler der Linsen durch sphärische Aberration.

4. Dimensionierung der elektrischen Schaltung

Probleme der Dimensionierung der elektrischen Schaltung ergeben sich besonders durch die starken Helligkeitsunterschiede je nach Tageszeit und Witterungsbedingungen sowie beim Nachtbetrieb mit künstlicher Beleuchtung, durch Schattenbildungen an den Fahrzeugen und durch die Exemplarstreuung der Kenndaten der fotoelektrischen Bauelemente. So wird i. allg. eine Helligkeitsanpassung notwendig, um geeignete Arbeitspunkte der fotoelektrischen Bauelemente zu erhalten. Bei Fotodioden und Fototransistoren ist das Ziel die Verminderung der Grundhelligkeit, um die Rauschanteile zu begrenzen. Geeignet hierfür sind selbstdunkelnde Gläser, die sich schnell Änderungen der Umgebungshelligkeit anpassen können, sowie Farbfilter speziell für den Infrarotbereich. Für Fotowiderstände ist das Problem der Grundhelligkeit nicht so kritisch, so daß durch die schaltungstechnische Gestaltung des Verstärkers eine einwandfreie Erfassung von Hell-Dunkel-Übergängen möglich ist.

Die Variante „ruhendes optisches System“ wurde für die Felderprobung mit Fotowiderständen ausgerüstet, eine Helligkeitsanpassung erfolgt nach der im Bild 6 dargestellten Prinzipschaltung. Beide Fotowiderstände werden durch den Konstantstrom I_0 gespeist. Zum näherungsweise Kennlinienausgleich dient der in einen Zweig zusätzlich eingespeiste Strom I_K .

Für die Gesamtanordnung gilt dann

$$U_a = I_0 R_N \frac{R_{F1} - R_{F2}}{R_{F1} + R_{F2}} - I_K R_N \quad (7)$$

Werden für die Fotowiderstände die Abhängigkeiten von der Beleuchtungsstärke E eingesetzt, so ergeben sich

$$R_{F1} \approx R_{F10} e^{-\gamma_1 E} \quad (8)$$

$$R_{F2} \approx R_{F20} e^{-\gamma_2 E}$$

Durch Verwenden der Zusammenhänge

$$R_{F20} = k R_{F10} \quad (9)$$

$$E_2 = E_1 + \Delta E$$

$$\gamma_2 = \gamma_1 + \Delta \gamma$$

sowie Ausführen der Kompensation in einem mittleren Arbeitspunkt folgt für hinreichend kleine $\Delta \gamma$ die Funktion $U_a = f(\Delta E)$ in Näherung zu

$$U_a \approx I_0 R_N \frac{1 - e^{-\gamma_1 \Delta E}}{1 + e^{-\gamma_1 \Delta E}} \quad (10)$$

Die qualitative grafische Darstellung von Gl. (10) erfolgt im Bild 7. Die Ansprechschwelle des nachgeschalteten Dreipunktgliedes $\pm \Delta U_e$ ist so zu wählen, daß die verbleibende Kennliniendifferenz im interessierenden Helligkeitsbereich und unterschiedliche Beleuchtungsstärken auf beiden abzutastenden Flächen keine Fehlschaltungen hervorrufen können. Für den praktischen Betrieb ausreichende Ergebnisse wurden bei einer Einstellung der Ansprechschwelle von $|\Delta U_e| \approx 0,1 I_0 R_N$ erzielt.

5. Zusammenfassung

Auf der Basis optischer Prinzipien scheint es möglich, einfache, kompakte und kostengünstige Meßgeräte zu entwickeln, die den Einsatzbedingungen in der Landwirtschaft genügen.

Im vorliegenden Beitrag wurden vorrangig Lösungen zur Erfassung der Position der Fahrzeuge zueinander bei der Parallelfahrt von Erntemaschine und Transportfahrzeug untersucht. Positive Erprobungsergebnisse von Versuchsmustern liegen vor.

Für die konstruktive Ausführung bieten sich

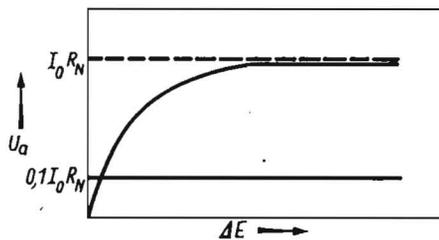


Bild 7. Qualitative Darstellung der Abhängigkeit $U_a = f(\Delta E)$

perspektivisch durch die progressive Entwicklung fotoelektrischer Bauelemente (z. B. Integration vieler Einzelelemente in zeilen- oder matrixförmigen Anordnungen) neue, günstigere Möglichkeiten an.

Literatur

- [1] Brenndörfer, M.: Automation of the control of technological processes in mobile agricultural machines. AGR/MECH Report Nr.70, United Nations, New York 1978.
- [2] Oberländer, P.: Probleme der Gleichlaufregelung zwischen Erntemaschine und Transportfahrzeug während der Erntegutübergabe. agrartechnik 28 (1978) H. 5, S. 116—219.
- [3] Hoche, W.: Dimensionierung fotoelektrischer Taster. Elektrik 32 (1978) H. 4, S. 208—212.
- [4] Fritsch, H.: Zur fotoelektrischen Abtastung von Informationsträgern. Elektrik 32 (1978) H. 4, S. 212—216.
- [5] Dwali, R.R.: Zur automatischen Führung von Traktoren. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 5, S. 207—209, H. 6, S. 247—250.
- [6] Oberländer, P.: Beitrag zur automatischen Gleichlaufregelung zwischen Erntemaschine und Transportfahrzeug. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Dissertation 1976.

A 3209

Folgende Fachzeitschriften des Maschinenbaus erscheinen im Verlag Technik:

agrartechnik; Die Eisenbahntechnik; Feingerätetechnik;
Fertigungstechnik und Betrieb; Hebezeuge und Fördermittel; Kraftfahrzeugtechnik;
Luft- und Kältetechnik; Maschinenbautechnik; Metallverarbeitung; Schmierungstechnik;
Schweißtechnik; Seewirtschaft