

Prof. Dr. d. techn. Wiss. R. R. Dwall*

DK 629.114.2.013.014(47)

Zur automatischen Führung von Traktoren (Teil I)

1. Bedeutung der automatischen Führung von Landfahrzeugen

Unter dem Fachausdruck „Führung“ ist die Steuerung der Fahrbewegung eines Geländefahrzeugs mit eigenem Fahrtrieb in vorgegebener Richtung zu verstehen.

Bei der Automatisierung der Steuerung von Hochseeschiffen oder Flugzeugen sind die Kosten der zu automatisierenden Objekte an und für sich so hoch, daß die Auslagen für die Automatisierung in Kauf genommen werden können. Bei der Automatisierung der Führung von Fahrzeugen sind die Automatisierungskosten mit dem Wert des Fahrzeugs vergleichbar.

Außerdem ist die erforderliche Genauigkeit der Bewegung von Fahrzeugen mit Eigenantrieb viel größer als bei Flugapparaten und anderen Nicht-Landfahrzeugen. Bei Fahrzeugen mit Eigenantrieb ist die Ablenkungsgröße von 10 cm von der vorgegebenen Trajektorie oft unzulässig.

Sehr aktuell ist die Frage der Automatisierung der Führung von Traktoren im Zusammenhang mit der Tendenz zur Erhöhung ihrer technologischen Geschwindigkeit. Die Erfahrung zeigt, daß die Laufgeschwindigkeit die Genauigkeit der Führung durch den Traktoristen stark beeinflusst, wobei die Frequenz seiner Fehler sich in einer komplizierten nicht-linearen Abhängigkeit von der Geschwindigkeit befindet /1/. Es besteht ein bestimmtes optimales Arbeitstempo des Traktoristen, das eine maximale Genauigkeit bei den jeweiligen Verhältnissen gewährleistet. Dieses Optimum der Geschwindigkeit wird oft als „physiologische Schranke“ bezeichnet, die der Traktorist bei handgesteuertem Fahrzeug nicht überschreiten kann. Die Größe dieses Optimums sinkt im Laufe des Arbeitstages proportional zur Ermüdung des Traktoristen. Die automatisierte Führung von Traktoren ermöglicht es, diese „physiologische Schranke“ zu überschreiten und die Führungsbedingungen eines Traktoraggregats zu stabilisieren.

Experimentell wurde festgestellt /2/, daß die automatische Führung beim Aekern des Feldes mit gebräuchlicher Geschwindigkeit die Leistungsfähigkeit des Traktoraggregats um 6 Prozent und mehr erhöht, den Energieaufwand des Traktoristen auf ein Drittel reduziert, die Ermüdung seiner Muskeln um vieles verringert und einen spürbaren wirtschaftlichen Effekt einbringt /3/. Berücksichtigt man noch, daß in Zukunft die Geschwindigkeiten der Traktoraggregate weiterhin ansteigen, besteht kein Zweifel daran, daß die Automatisierung deren Leistungsfähigkeit stark beeinflussen wird.

Die Automatisierung der Steuerung von Traktoren ist ebenfalls von großer Bedeutung bei ihrer Arbeit im hängigen Gelände. Bekanntlich wird in diesen Gegenden vom Standpunkt der Agrotechnik die Bewegung des Traktors in Schichtlinie bevorzugt. Aus psychologischen Gründen befürchtet der Traktorist oft unberechtigt, daß der Traktor die Standsicherheit verliert. Selbstverständlich beeinflußt dieser Umstand den Nervenzustand des Traktoristen negativ. Außerdem muß der Traktorist bei Arbeit in Schichtlinie viel öfter die Lenkung bedienen, was eine schnellere Ermüdung des Fahrers sowie eine zusätzliche Senkung von Quantität und Qualität der durchgeführten Arbeit zur Folge hat.

Somit ermöglicht die Automatisierung von Traktoren die Ausnutzung aller Vorteile, die das zukünftige Fahrzeug bie-

ten wird; sie kann schon jetzt zur Lösung von dringenden Aufgaben der landwirtschaftlichen Produktion beitragen, wie Steigerung der Arbeitsproduktivität, Erleichterung der Arbeitsbedingungen für die Bedienungsmannschaft, Senkung des Kostenaufwands und Qualitätssteigerung der geleisteten Arbeit.

2. Technisch mögliche Prinzipien der Automatisierung

Gegenwärtig sind zwei grundsätzlich verschiedene Hauptrichtungen für die Automatisierung der Führung von Traktoren bekannt. Die erste Richtung umfaßt die Entwicklung von Beobachtungssystemen, die zweite Richtung ist gekennzeichnet durch Systeme mit programmierter Steuerung. In den letztgenannten Systemen wird das Programm für die Bewegung im Zusammenhang mit dem zurückgelegten Weg (oder Zeit) vorgegeben. Die Beobachtungssysteme bilden die vorgegebene Richtung oder das Programm der Bewegung nach, das direkt im Gelände vorgegeben wird.

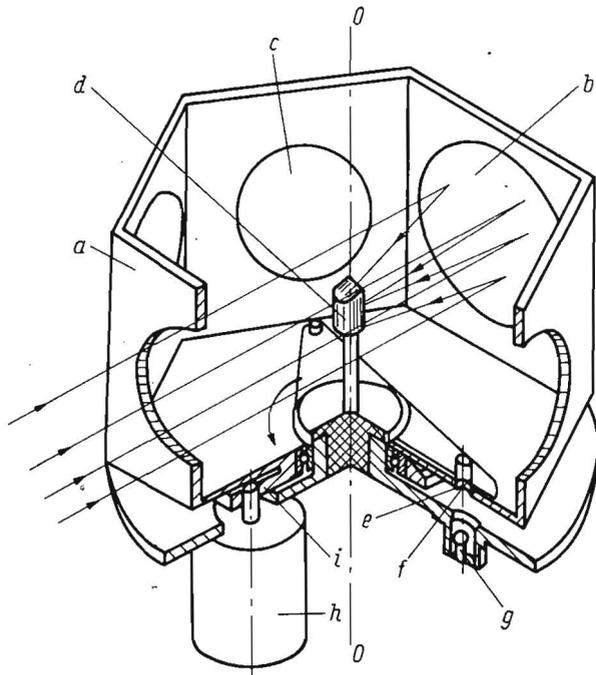
Die Beobachtungssysteme sind gekennzeichnet durch große Beständigkeit, da sie es ermöglichen, die Bewegung des Fahrzeugs zu korrigieren, proportional zu den auftretenden Abweichungen von der vorgegebenen Richtung. Eine genaue Bewegung des Fahrzeugs ist erzielbar, wenn bei der automatischen Führung des Fahrzeugs zwei Ausgangsgrößen berücksichtigt werden: der Betrag der Querkordinaten und der des Kurswinkels /4/. Entscheidende Bedeutung kommt somit den sogenannten Orientierungseinrichtungen oder Gebern zu, die diese Ausgangsgrößen aufnehmen. Große Vorteile bieten in dieser Hinsicht kontaktlose Orientierungseinrichtungen (Geber), die eine gleichzeitige und ziemlich einfache Messung beider Ausgangsgrößen ausführen und damit auch die selbsttätige Steuerung der Bewegung des Traktors nicht nur entlang der Querkordinate, sondern auch im Kurswinkel ermöglichen /4/ /5/ /6/.

Im Institut für Kraftfahrzeugmechanik der Georgischen Akademie der Wissenschaften wurde ein Beobachtungssystem für selbsttätige Führung des Traktors entwickelt. Dabei wurde das Prinzip der kontaktlosen Übernahme einer vorher gelegten Stütztrajektorie im Gelände zugrunde gelegt /7/ /8/. Bild 1 zeigt einen mit diesem System ausgestatteten Traktor.

Bild 1. Traktor K-700 mit dem Beobachtungssystem für die selbsttätige Führung an der rechten Vorderseite



* Polytechnisches Institut „Lenin“ in Tblissi, Vizepräsident der Georgischen Akademie der Wissenschaften



2

Hierbei wird eine photooptische Verbindung zwischen der vorherigen Pflugfurche — dem Programm der Bewegung — und dem Traktor selbst hergestellt, der das Objekt der automatischen Steuerung ist.

3. Das photooptische System für automatische Führung

Das strukturelle Schema der Automatikenelemente stellt eine Kette dar, die aus folgenden in sich abgeschlossenen, aber miteinander verbundenen Regelkreisen besteht: Regelkreis des Programms, des Meßfühlers, der Verstärkung und Umwandlung der Signale und des Ausführungsmechanismus.

3.1. Der Regelkreis des Programms (Stütztrajektorie)

muß dem Traktor die erforderliche Richtung der Bewegung vorgeben, d. h. die Orientierung im Feld. Die wichtigste Forderung, die an das Programm der Bewegung gestellt wird, ist die Unveränderlichkeit seiner Lage bezüglich des Feldes. Diese Forderung wird erfüllt durch das Auftragen der Stütztrajektorie unmittelbar auf das Feld als Furche, die der Pflug beim vorherigen Durchgang des Traktors hinterläßt. Im ersten Arbeitsgang wird durch Handsteuerung des Traktors die erste Furche gezogen und damit die Richtung vorgegeben. Bei der danach einsetzenden automatischen Führung hinterläßt der Pflug jeweils die letzte Furche als Stütztrajektorie für die folgenden Umläufe.

3.2. Regelkreis des Geber-Meßfühlers

Im Bild 2 ist der photooptische Geber schematisch dargestellt, im Bild 3 die Gesamtansicht.

An je drei Flächen des Sechsecks *a* sind drei Kugelspiegel *b* angebracht (Bild 2), an den gegenüberliegenden Flächen befindet sich je eine Blendenöffnung *c*. Die Krümmung des Kugelspiegels *b* ist so gewählt, daß die Drehachse 0—0 des Sechsecks *a* in der Fokallfläche des Spiegels verläuft, eben dort, wo die Signalphotozelle *d* angebracht ist. Am Boden des Sechsecks befinden sich schmale Spalten *e*, die zur Bildung des Markierungsimpulses während des Passierens der Spalte zwischen der Markierungsphotozelle *f* und der Beleuchtungslampe *g* dienen.

Der Elektromotor *h* setzt das Sechskant über ein Zahnradgetriebe *i* in Drehbewegung. Das Sechskant wird von einem Mantel bedeckt, dessen Fenster das Sichtfeld der Drehebene begrenzt.

Der Geber wird am Fahrzeug so angebracht, daß der Kugel-

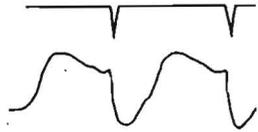


3

Bild 2. Schemadarstellung des Gebers (nähere Erläuterung im Text)

Bild 3. Der photooptische Geber im demontierten Zustand

Bild 4. Oszillogramm der Signale der Markierungs- und der Signalphotozelle



4

spiegel *b* denjenigen Teil des Feldes auf die Photozelle projizieren kann, der sich in einer Entfernung von 2 bis 5 m vor dem Fahrzeug befindet. Außerdem muß bei ausgeglichem Stand des Fahrzeugs bezüglich der Furche oder des Kontraststreifens die optische Achse des Kugelspiegels die Furche oder den Kontraststreifen im obenerwähnten Abstand schneiden, wenn sich die Spalte *e* zwischen der Markierungsphotozelle *f* und der Beleuchtungslampe *g* befindet.

Die Wirkungsweise des photooptischen Gebers wurde bereits beschrieben [7/ 9/ 10/ 11/ und soll hier noch einmal zusammenfassend dargestellt werden.

Die vom Feldstück reflektierten Lichtstrahlen vor dem sich bewegendem Objekt werden während des Passierens durch die Blendenöffnung vom Kugelspiegel *b* auf die Signalphotozelle *d* projiziert. Während der Drehbewegung des Sechsecks *a* mit den angebrachten Kugelspiegeln *b* findet die Abtastung des zu beobachtenden Feldes statt, und in der Signalphotozelle wird das elektrische Signal sichtbar, das der Größe des reflektierten Strahlenstromes proportional ist. Wenn die Aufteilungslinie zwischen dem beackerten und unbeackerten Teil des Feldes, die sich infolge unterschiedlicher Helligkeit scharf voneinander abheben, auf die Signalphotozelle *d* projiziert wird, ändert sich sprunghaft das von ihr ausgehende elektrische Signal. Diese sprunghafte Veränderung des Signals wird durch einen verschiedenen Reflexionsgrad des beackerten und des unbeackerten Feldes oder des Kontraststreifens und Hintergrundes verursacht (Bild 4). Auf diesem Oszillogramm stellt die obere Linie das in der Markierungsphotozelle entstehende Signal dar, die untere Linie das in der Signalphotozelle entstehende. Wie schon ausgeführt, wird der Markierungsimpuls mit Hilfe der Beleuchtungslampe *g* und der Markierungsphotozelle *f* gleichzeitig gebildet.

Der photooptische Geber wird am Fahrzeug derart eingebaut, daß bei ausgeglichem Stand des Fahrzeugs bezüglich der Furche oder des Kontraststreifens die sprunghafte Veränderung des Signals in Regelkreis des Signalelements und das Erscheinen des Markierungsimpulses gleichzeitig stattfinden. Das geht folgendermaßen vor: Beim Abstimmen des Systems für automatische Führung wird der Traktor parallel der Programmfurche gestellt, dabei entwickelt die Signalphotozelle des Gebers ein bestimmtes Signal. Durch Drehung des Gebers um die senkrechte Achse wird eine solche Stellung gefunden, bei der das Erscheinen des Mar-

kierungsimpulses zeitlich mit dem des ersten Signals zusammenfällt. Danach wird der Geber in der bestimmten Stellung festgelegt. Die Erfüllung dieser Bedingung, d. h. Erscheinen des Markierungsimpulses und des sprunghaften Signals im Stromkreis der Photozelle, zeigt so den ausgeglichenen Zustand des Fahrzeugs bezüglich der Furche oder des Kontraststreifens an. Ein vorzeitiges oder verspätetes Auftreten des sprunghaften Signals im Vergleich zum Markierungsimpuls zeugt von der Ablenkung des Fahrzeugs von der vorgegebenen Richtung. Dabei entwickelt sich im Geber ein Signal der Unstimmigkeit, das am Elektronenblock der Steuerung /8/ eintrifft.

3.3. Regelkreis der Verstärkung und Umwandlung der Signale

Der Elektronenblock der Steuerung entwickelt den Befehl „nach rechts“ oder „nach links“, je nach der Reihenfolge des sprunghaften Signals und des Markierungsimpulses.

Weicht der Traktor nach links oder nach rechts von der Stütztrajektorie ab, so wird eines der Relais eingeschaltet, die die Elektromagnete des elektrohydraulischen Verteilers des Stellgliedes steuern.

3.4. Regelkreis des Stellglieds

Das elektrohydraulische Stellglied besteht aus einem Schiebersteuerungsblock und aus Kraftzylindern des Steuerungssystems.

Beim Übergang vom handgesteuerten zum automatischen System verschieben Elektromagnete die Kurssteueranlage je nach dem Befehl „nach rechts“ oder „nach links“.

Ing. H. Schulz, KDT

DK 631.37

Funktion und charakteristische Merkmale von Schwebefahrzeugen

Aus Fachbeiträgen und Pressemeldungen wurde bekannt, daß sowohl in der VR Polen als auch in England Schwebefahrzeuge für bestimmte landwirtschaftliche Arbeiten entwickelt und eingesetzt werden /1/ /2/ /3/ /4/. Übereinstimmend wird angegeben, daß Schwebefahrzeuge für das Sprühen von Pflanzenschutz- und Unkrautbekämpfungsmitteln sowie zum Düngen verwendbar sind.

Das polnische Fahrzeug mit der Bezeichnung M-6 Ursynow (Bild 1) wurde vom Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Ursynow und dem Institut für Flugzeugbau entwickelt. Es soll in Zukunft die in der Landwirtschaft eingesetzten Flugzeuge ablösen und bestimmte landwirtschaftliche Arbeiten bei schwierigen Fahrbahnverhältnissen ausführen. Das Fahrzeug erreicht eine Geschwindigkeit von 50 km/h und beim Versprühen von Chemikalien eine Flächenleistung von 15 bis 20 ha/h.

Das englische Schwebefahrzeug „Hoverpallet“ ist in erster Linie als handgeführter Lastentransporter mit einer Antriebsleistung von 5 und 8 PS konzipiert und wird darüber hinaus ebenfalls zum Versprühen von Chemikalien sowie für die Obst- und Gemüseernte und Rasenpflege eingesetzt. Es soll sich bereits in über 20 Ländern im Einsatz befinden /3/. Die Schwebefahrzeugentwicklung für landwirtschaftliche Zwecke konzentriert sich in England offenbar zunächst auf den Transport schwerer Lasten, bei dem das Zugmittel ein Traktor ist, der eine Reihe von Anhängern, ausgeführt als Schwebefahrzeuge, mit einer Ladefähigkeit von jeweils mehreren 1 000 kg bewegen soll.

Diese Beispiele kennzeichnen die Anfänge des Einsatzes. Es kann gegenwärtig nicht eingeschätzt werden, ob oder welche

Literatur

- 1/ Litinskij, S. A.: Automatisierung der Führung selbstfahrender Maschinen. Energija, 1966
- 2/ Litinskij, S. A.; Pensen, M. P.: Der Einfluß der Fahrgeschwindigkeit eines Schleppaggregates auf die Eigenschaften seiner Führung. Traktory i selchosmaschiny, 1969, Nr. 1
- 3/ Schabanow, W. M.: Automatisierung der Führung von Traktoren. Traktory i selchosmaschiny, 1970, Nr. 9
- 4/ Gelfenbein, S. P.; Swirschtschewskij, A. B.: Automatisierung der Führung von Traktoren. Moskau 1961
- 5/ Litinskij, S. A.: Untersuchung des automatischen Führungsprozesses des Traktors, Mechanisazija i elektrofizkacija socialisticheskovo selskovo chosjaistwa, 1958, Nr. 2
- 6/ Litinskij, S. A.: Technische Möglichkeiten der automatischen Führung von Schleppaggregaten. Vorträge WASHNIL 1958, Teil 2
- 7/ Dwali, R. R.; Margwelaschwili, O. W.; Nosadse, A. A.: Ein System der automatischen Führung eines Radtraktors. Materialien der Konferenz zu Fragen der Mechanisierung der Landwirtschaft in Gebirgsregionen. Selchostekhnika, ZNIITEI 1968
- 8/ Dwali, R. R., u. a.: Einrichtung für die automatische Führung eines Radtraktors. Sammlung „Mechanika Maschin“, Verlag „Mezniereba“, Tbilissi, 1969
- 9/ Dwali, R. R., u. a.: Fotooptischer Geber für die automatische Führung des Radtraktors. Autorenbericht Nr. 169303. Offizielles Bulletin des Komitees für Erfindungs- und Entdeckungswesen beim Ministerrat der UdSSR, Nr. 6, 1965
- 10/ Dwali, R. R.: Fotooptischer Geber für die automatische Führung eines Haupteinbauschleppers. Autorenbericht Nr. 167 078. Offizielles Bulletin des Komitees für Erfindungs- und Entdeckungswesen beim Ministerrat der UdSSR, Nr. 24, 1964
- 11/ Dwali, R. R., u. a.: Einrichtung für die automatische Führung der Bewegung eines Radtraktors. Autorenbericht Nr. 232636. Offizielles Bulletin des Komitees für Erfindungs- und Entdeckungswesen beim Ministerrat der UdSSR, Nr. 1, 1969

(Fortsetzung folgt)

A 8709

Bedeutung Schwebefahrzeuge für Landwirtschaftseinsatz gewinnen werden, es dürfte aber doch angesichts der aufgezeigten Entwicklungen von allgemeinem Interesse sein, wie Schwebefahrzeuge wirken, wie sie aufgebaut sind und welche technischen und energetischen Probleme, besonders im Vergleich zu Kraftfahrzeugen, bei ihrem Einsatz auftreten.

1. Etwas zur Entwicklung

Die Entwicklung von Fahrzeugen, die auf einem Luftpolster schweben, ist noch relativ jung. Bekannt wurden derartige Fahrzeuge unter den Bezeichnungen Schwebefahrzeuge, Luftkissenfahrzeuge oder Bodeneffektgeräte. Bekannt ist das Phänomen des Bodeneffekts, d. h. das Bilden tragfähiger Luftpolster, seit den zwanziger Jahren. Jedoch erst in den fünfziger Jahren begann besonders in England unter dem Einfluß der Vertikalluggergeräteentwicklung der Bau funktionsfähiger Schwebefahrzeuge.

Die bisherige Entwicklung konzentrierte sich hauptsächlich auf Geräte für den See-Einsatz. Eine zweite Gruppe von Schwebefahrzeugen wurde für den kombinierten Land-See-Einsatz bekannt. Schwebefahrzeuge für den ausschließlichen Landeinsatz wurden bisher entwicklungsseitig untergeordnet bearbeitet, weil sie als Straßenverkehrsmittel aufgrund der mit ihrer Konzeption gegebenen Eigenschaften (Lenkbarkeit, Leistungsanspruch, Staubeentwicklung u. a.) gegenwärtig und auch für die nächste Zukunft nicht in Frage kommen werden. Eine gewisse Wettbewerbsfähigkeit der Schwebefahrzeuge zu Kraftfahrzeugen bei Geländeeinsatz wurde aber bereits bei Entwicklungsbeginn aufgrund bestimmter Vorteile für möglich gehalten.