

1. Bedeutung der automatischen Lenkung des KS-6

Für den in sozialistischer Gemeinschaftsarbeit von Konstrukteuren der UdSSR und DDR gemeinsam entwickelten selbstfahrenden Rodelader KS-6 wurde im VEB Weimar-Kombinat eine Lenkautomatik (LA) entwickelt. Sie gewährleistet durch die mögliche hohe Arbeitsgeschwindigkeit bei guter Arbeitsqualität die volle Ausnutzung des KS-6 und die Einhaltung der agrotechnischen Forderungen, unabhängig von den Sichtverhältnissen (Nacht, Staub), den Ermüdungserscheinungen und der Geschicklichkeit des Maschinenfahrers. Der Maschinenfahrer wird darüber hinaus noch in die Lage versetzt, sich während der Arbeit auf dem Feld ganz auf die Überwachung und Bedienung der Teilsysteme der Maschine zu konzentrieren. Es konnte nachgewiesen werden, daß sich durch die Lenkautomatik die Leistungsfähigkeit des KS-6 um 15 Prozent erhöht.

2. Stand der Technik

In der Literatur sind über die automatische Lenkung von selbstfahrenden Rübenerntemaschinen nur wenige Angaben zu finden. Es mußte deshalb auf Angaben über die automatische Traktorlenkung zurückgegriffen werden [1/2/].

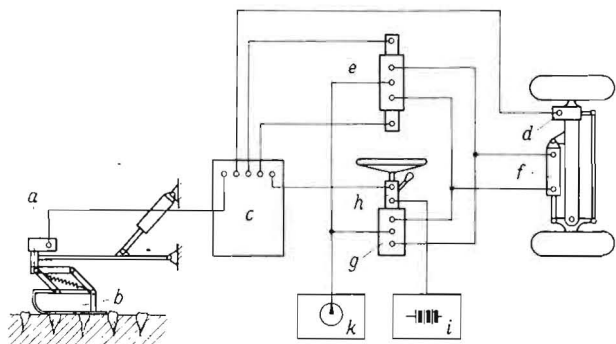
Umfangreiche Forschungsarbeiten ergaben, daß die Automatisierung des Lenkvorgangs des KS-6 entsprechend der Aufgabenstellung mit dem Kopierverfahren lösbar ist. Dabei wird die entsprechende Maschine automatisch entlang einer vorgegebenen Leitlinie — der Rübenreihe — gelenkt. Das Wenden am Feldende und das Überwachen während der Arbeit auf dem Feld übernimmt weiterhin der Fahrer der Maschine.

Verwendete Formelzeichen

s	Abstand des Tastpunktes von der Leitlinie in cm
K_R	Übertragungsfaktor in %/cm
U_1, U_2	induzierte elektrische Sekundärspannungen in V
U_{er}	Erregerspannung des Differentialtransformators in V
ΔU	Sekundärspannungsdifferenz in V
α	Stellwinkel der gelenkten Räder in Grad
$\dot{\alpha}$	Winkelgeschwindigkeit der Lenkbewegung in $^\circ/s$

* VEB Weimar-Kombinat, Hauptabteilung Forschung

Bild 1. Lenkautomatik für den selbstfahrenden Rodelader KS-6: a Meßwertgeber (induktive Gebereinheit) b Taster, c elektronischer Lenkautomatikregler, d Rückführungsgeber (induktive Gebereinheit), e elektrohydraulisches Wegeventil, f hydraulischer Lenkzylinder, g vollhydraulostatisches Handlenkaggregat, h Umschalteneinrichtung von Hand- auf Automatikbetrieb und zurück, i elektrisches Fahrzeugbordnetz, k Hydraulikantrieb



2.1. Einrichtungen zur automatischen Lenkung

Am häufigsten werden mechanisch-hydraulische Einrichtungen beschrieben. In Bearbeitung sind jedoch schon elektrohydraulische und elektromotorische Systeme. Aber erst mit der Einführung einer Rückführung in bezug auf die Geradeausfahrt durch M. Knight [3/], A. Garaniin [3, 4] und I. G. Loginov [3/5/] erhielt der Regelkreis die für eine selbstfahrende Landmaschine notwendige Stabilität. Allen diesen Systemen haftet jedoch der prinzipielle Mangel an, daß die mechanischen Bauelemente und elektrischen Kontaktelemente unter den landwirtschaftlichen Bedingungen schnell verschleiben.

2.2. Die Meßwertfassung beim Kopierverfahren

Zum Kopieren bereits geköpfter Rübenreihen, wie es für den KS-6 erforderlich ist, sind mechanische Taster [6/], fotoelektrische Verfahren [7/] und Verfahren auf der Basis hochfrequenter elektromagnetischer Wellen [8/] bekannt geworden. Die beiden letztgenannten Verfahren erfordern einen hohen technischen und ökonomischen Aufwand und werden gegenwärtig noch in der Forschung weiter untersucht.

3. Aufbau und Funktionsbeschreibung

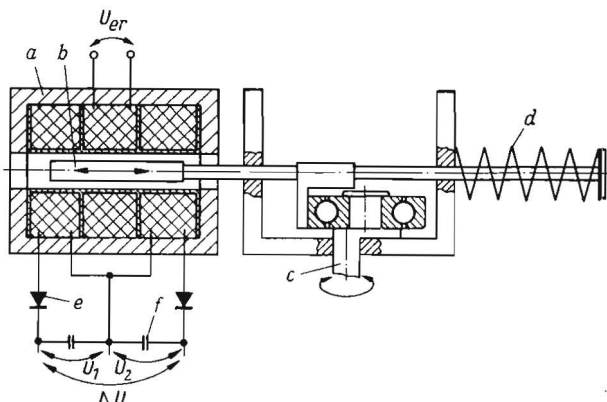
Für den KS-6 wurde eine Lösung auf elektrohydraulischer Basis mit mechanischem Taster gewählt. Der Aufbau der LA geht aus Bild 1 hervor. Durch ihre Ausführung ist eine universelle Anwendbarkeit für andere, insbesondere selbstfahrende Landmaschinen, Traktoren und Maschinen verschiedener Anwendungsgebiete mit ähnlichen Aufgabenstellungen gewährleistet.

3.1. Mechanische Taster

Bei der LA des KS-6 werden zwei mechanische Taster verwendet. Sie tasten vor den gelenkten Rädern des KS-6 parallel nebeneinander den Verlauf der 2. und 5. Rübenreihe ab. Durch die Verwendung von zwei Tastern wird eine größere Sicherheit des Kopiervorgangs bei Fehlstellen sowie eine Mittelwertbildung zwischen dem Verlauf der beiden Rübenreihen erreicht. Die Mittelwertbildung erfolgt elektrisch. Es kommt dadurch nicht zum Herausdrücken von stark versetzt gewachsenen Rüben, wie z. B. bei mechanisch starr gekoppelten Tastern.

Bild 2. Schema einer induktiven Gebereinheit

U_{er} Erregerspannung, U_1, U_2 sekundärseitig induzierte Spannungen; ΔU sekundärseitige Spannungsdifferenz; a Differentialtransformator, b Tauchkern, c Exzenter zur Einleitung der Drehbewegungen, d Rückholfeder zur Kompensation der mechanischen Lose, e Diode, f Kondensator



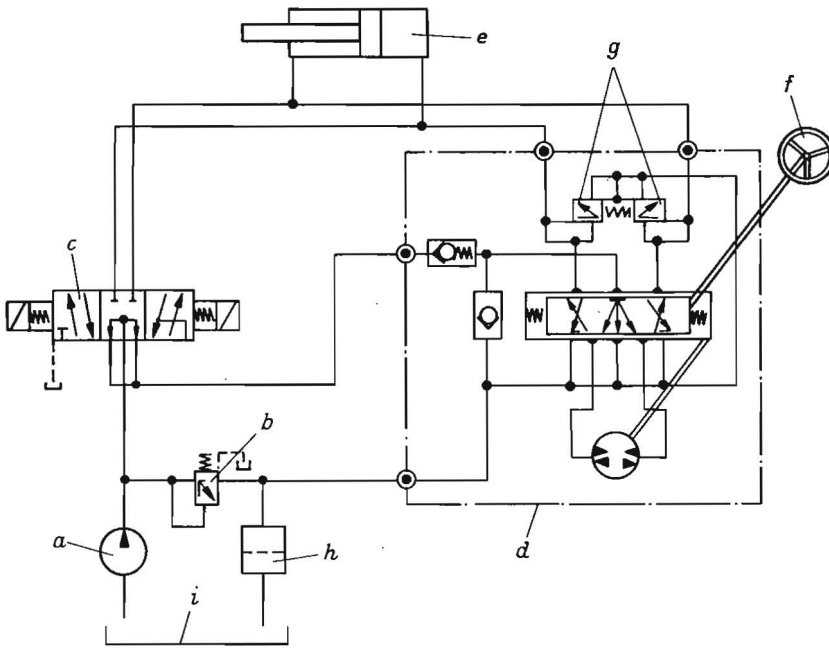


Bild 3. Hydraulischer Funktionsschaltplan:
 a Pumpe, b Druckbegrenzungsventil, c elektro-hydraulisches Wegeventil, d vollhydrostatisches Handlenkaggregat, e hydraulischer Lenkzylinder, f Lenkrad, g Schockventile zum Schutz der gesteuerten hydraulischen Leitungen, h Rücklaufilter, i Hydraulikölbehälter

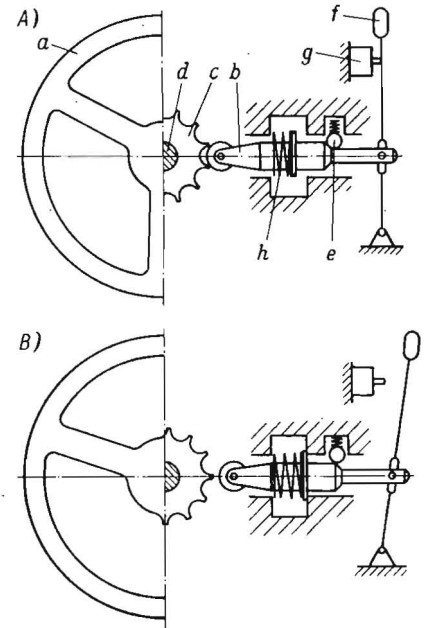


Bild 4. Schemu der Umschaltvorrichtung:
 A) Automatikbetrieb; B) Handbetrieb;
 a Lenkrad, b Schaltbolzen, c Bastrad, d Lenkwelle, e Kugel für Rastung, f Handhebel, g elektrischer Schalter, h Rückholfeder

Jeder Taster ist um die Vertikale schwenkbar und besitzt zwei unabhängig voneinander an Parallelogrammen aufgehängte Tastkufen. Sie werden durch Federkraft angedrückt, wodurch ein guter Bodenschluß garantiert ist. Das ist besonders wichtig bei ebenerdig geköpften Rüben und bei hartem Boden. Über umherliegendes Unkraut, Steine, große Kluten u. ä. gleiten die Kufen hinweg, ohne Fehllenkungen herbeizuführen.

3.2. Ausleger

Mit dem Ausleger werden die beiden Taster hydraulisch in die Arbeits- oder Transportstellung gebracht. Ein Spornrad in Verbindung mit einer mechanischen Schwimmstellung garantiert in Arbeitsstellung immer einen guten Kontakt der Taster mit der Feldoberfläche.

3.3. Induktive Gebereinheiten

An jedem Taster und an einem gelenkten Rad hefindet sich je eine induktive Gebereinheit. Sie wandeln die von den Tastern erfaßten seitlichen Abweichungen s des KS-6 vom Verlauf der Rübenreihen und den augenblicklichen Lenkwinkel α der gelenkten Räder in eine elektrische Größe (elektrische Spannung) um. Ihren schematischen Aufbau zeigt Bild 2. Die Primärseite des Differentialtransformators wird mit Wechselstrom ($24 \cdot \cdot \cdot 42 \text{ V}$, $\sim 3,5 \text{ kHz}$) erregt. Bei Geradeausfahrt sind die Spannungen U_1 , U_2 am Ausgang der Sekundärseite gleich. Durch Verdrehen des Exzenters der induktiven Gebereinheit verschiebt sich der Kern im Differentialtransformator und sekundärseitig werden unterschiedliche Spannungen induziert.

3.4. Elektronischer Lenkautomatikregler

Der elektronische LA-Regler /9/ /10/ ist nach dem ursamat-System in Einschubweise aufgebaut und besteht aus folgenden Baugruppen:

- Transverter
- Summierbaustein
- Schaltverstärker

3.4.1. Transverter

Der Transverter erzeugt die Erregerspannungen für die induktiven Gebereinheiten. Es kann für die Meßwertgeber und den Rückführungsgeber zwischen den Spannungen 24 V; 36 V; 40 V und 42 V getrennt gewählt werden. Dies ist wichtig für die Einstellung des für jeden Maschinentyp (z. B. Mähdröschler, Traktor) unterschiedlichen Übertragungsfaktor K_R .

3.4.2. Summierbaustein

Im Summierbaustein erfolgt der Soll-Ist-Vergleich zwischen den Meßwert- und Rückführungsgebersignalen. Wird ein bestimmter Schwellwert erreicht, verläßt den Summierbaustein ein O-Signal für Geradeausfahrt oder ein L-Signal für Rechts- oder Linksfahrt. Durch Verändern des Schwellwerts lassen sich drei Empfindlichkeitsstufen einstellen und damit die Nachführgenauigkeit der automatisch gelenkten Maschine beeinflussen. Eine Erhöhung der Nachführgenauigkeit bedingt aber eine Verschlechterung der Stabilität. Ein D-Glied im Regelkreis bewirkt eine Vorverlagerung des Abschaltpunkts und verringert den negativen Einfluß der Totzeitglieder.

3.4.3. Schaltverstärker

Die L-Signale des Summierbausteins werden in je einem Schaltverstärker soweit verstärkt, daß sich durch sie ein elektrohydraulisches Wegeventil direkt ansteuern läßt.

3.5. Hydraulikkreislauf

Das elektrohydraulische Wegeventil für die LA ist in den hydraulischen Lenkkreislauf des KS-6 eingefügt (Bild 3).

Eine Umschaltvorrichtung gewährleistet, daß entweder nur das elektrohydraulische Wegeventil in Betrieb ist oder das vollhydrostatische Handlenkaggregat, keinesfalls aber beide gleichzeitig. Um die Stabilität des Regelkreises zu gewährleisten, müssen die Fördermenge der Hydraulikpumpe, die Größe des hydraulischen Lenkzylinders und die Länge des Lenkhebels an der Lenkachse so aufeinander abgestimmt sein, daß etwa eine Stellgeschwindigkeit der gelenkten Räder

von $\alpha = 20^\circ$ eingehalten wird. Dieser Wert ist nach eigenen Untersuchungen auch für extreme Handlenkbedingungen ausreichend.

3.6. Umschalteinrichtung und Sicherheitstechnik

Mit der Umschalteinrichtung (Bild 4) wird von Hand- auf Automatikbetrieb und zurück geschaltet. Das Einschalten der LA geschieht mit einem Handhebel an der Lenksäule. Um auszuschalten, braucht nur das Lenkrad gedreht zu werden. Durch die Verwendung eines vollhydrostatischen Handlenkaggregats mit rotierendem Steuersystem ohne innere Anschläge /11/ konnte die Forderung des Arbeitsschutzes, ein bei Automatikbetrieb stillstehendes Lenkrad zu garantieren, realisiert werden. Damit kann jederzeit durch Eingreifen ins Lenkrad ohne zusätzliche Handgriffe oder Überlegungen sofort auf Handlenkung übergegangen werden, so daß die notwendige Schutzgüte und der erforderliche Bedienungskomfort gewährleistet sind. Auch bei Ausfall der Stromversorgung der LA schaltet sich der Automatikbetrieb sofort ab.

4. Zusammenfassung

Ausgehend vom Stand der Technik wird eine für den selbstfahrenden Rodelader KS-6 entwickelte Lenkautomatik beschrieben. Sie weist gegenüber anderen Systemen von automatischen Lenkungen folgende Vorzüge auf:

- geringer Verschleiß durch Vermeidung mechanischer Übertragungsglieder und elektrischer Kontakte
- universelle Anwendbarkeit, z. B. beim Mähdescher, Rübenköpflader, Traktor u. a.
- Einstellmöglichkeit des Übertragungsfaktors K_R in einem großen Bereich

— die LA trägt wesentlich zur Erfüllung der agrotechnischen Forderungen durch den KS-6 bei.

Die Funktionsweise und der Aufbau der LA werden erläutert.

Literatur

- 1/ Herrmann, G.: Literaturübersicht = Elektronische Traktorenlenkung. FuER Gotha, 1964 (unveröffentlicht)
- 2/ Graef, K.: Literaturstudie Nr. 2 — Automatische Lenkung mobiler landwirtschaftlicher Aggregate. IMH, Potsdam-Bornim, 1967 (unveröffentlicht)
- 3/ —: Automatisation fahrbarer Geräte in der Landwirtschaft. Centre National d'Etudes et d'Experimentation de Mechanisme Agricole. Bulletin d'Information, Antony (1966) Nr. 97/98, S. 23 bis 43 und (1966) Nr. 99 S. 27—37.
- 4/ Gelfenbeyn, S. P.: Die Automatisierung der Traktorbewegungen. Techn. v. sel'sk. choz. Moskva 20 (1960) H. 1, S. 25—27
- 5/ Loginov, J.: Der automatische sowjetische Traktor. Machine motori agricoli, Bologna (1959) H. 10, S. 35—37
- 6/ Marehant Chitrey: Automatische Steuerung der Bodenschare von Zuckerrübenerntemaschinen. Agric. Engng. Re.Slave 11 (1963) H. 3, S. 188—200
- 7/ —: Steuereinrichtung für Bodewerkzeuge für Rübenerntemaschinen. DWP 34 952. Kl. 45c, 25/00 Erfinder: M. Gunkel.
- 8/ Kaschurko / Sakalvo / Fedorov u. a.: Untersuchung der Radiowellenmethode für die Automatisierung der Prozesse von Bearbeitung und Ernte von Zuckerrüben. Sammelband: Untersuchung und Ausarbeitung neuer Arbeitsorgane Landwirtschaftlicher Maschinen. Gemeinschaftsarbeiten von UkrNIISCHOM und WISCHOM Ausg. VI. Moskau 1969, S. 106—111
- 9/ Schernes, B.: Elektronischer Regler mit ursamat-Schaltverstärker zur automatischen Lenkung von Fahrzeugen entlang einer Leitlinie. messen, steuern, regeln 13 (1970) H. 3, S. 45/46
- 10/ Schernes, B.: Automatische Fahrzeuglenkung. Deutsche Agrartechnik 20 (1970) H. 5, S. 221
- 11/ Freist, M. / H. Darrakewitsch / J. Trommler: Vollhydraulische Fahrzeuglenkungen. Kraftfahrzeugtechnik (1972) H. 7, S. 212—215

A 8895

Dipl.-Ing. M. Rüstig, KDT*
Ing. G. Mauer, KDT*

Hinweise und Erfahrungen zum Einsatz des Rodeladers KS-6

1. Richtige Saatbettbereitung, Aussaat und Pflege — Voraussetzung für gute Einsatzbedingungen zur Rübenerte

Die Erzielung optimaler Ergebnisse (Qualität und Leistung) beim Einsatz des hochproduktiven selbstfahrenden Rodeladers KS-6 ist nicht nur eine Frage der konstruktiven Auslegung der Maschine, der richtigen Einstellung und der Qualifikation des Bedienpersonals. Einen wesentlichen Einfluß üben — wie auch schon bei der bisherigen Erntetechnik — die Einsatzbedingungen zum Zeitpunkt der Ernte aus.

Die wichtigsten dieser Faktoren sind

- ebene Ackeroberfläche
- gleichmäßiger Rübenbestand
- unkrautarmer Bestand.

Nachfolgend sei nochmals auf einige unbedingt erforderliche Maßnahmen zur Bodenbearbeitung und Düngung verwiesen, die zum Teil von der Praxis noch nicht beachtet werden, wie sich bei der Erprobung der Einzelkornsämaschine A 697 in diesem Jahr in verschiedenen Gebieten der DDR zeigte.

Das sind insbesondere

- Ausbringung des Grunddüngers vor der Herbstfurche
- gute Pflugqualität, insbesondere gleichmäßiger Furchenanschluß, Einebnen der Ausflurfurchen sowie Beseitigen
- sonstiger Bodenunebenheiten

- Abschleppen des Ackers zum optimalen Zeitpunkt im Kreuzgang
- Einsatz der für den jeweiligen Bodenzustand zweckmäßigsten Kombination zur Saatbettbereitung mit dem Ziel, bei einer gut krümeligen Ackeroberfläche (3 bis 4 cm) die darunter liegende Bodenschicht nicht zu lockern, im Bedarfsfall bei lockeren Böden zusätzliches Verfestigen der unteren Bodenschicht
- Ausbringung des N-Düngers nach dem Pflanzenaufgang.

Bei Beachtung all dieser Faktoren war es möglich, trotz großer Ablageweiten (und damit geringerem Aufwand zur Standortzuweisung), sowohl einen gleichmäßigen hohen Endstand von 80 000 bis 100 000 Pflanzen zu erzielen, als auch für die weiteren Arbeitsgänge der mechanischen Pflege und auch der Ernte gute Voraussetzungen zu schaffen.

Obwohl bei der neuen Rübenerntetechnik in geringerem Maße als bei der bisherigen Technik Funktionsstörungen durch Unkraut auftreten, sollte die Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben nicht vernachlässigt werden.

Hier sei nochmals darauf hingewiesen, daß die z. Z. zur Verfügung stehenden Herbizide keine Allheilmittel sind und nach wie vor der mechanischen Unkrautbekämpfung, insbesondere vor dem Aufgang der Rüben, große Bedeutung zukommt.

Zu Funktionsstörungen und damit Verlustzeiten beim Einsatz der KS-6 kann es kommen, wenn der Bestand zur Ernte einen hohen Besatz an Melde aufweist, die besonders im

* VEB Bodenbearbeitungsgeräte Leipzig.
Betrieb des VEB Weimar-Kombinat