

Entwicklungsstand und -tendenzen mobiler landtechnischer Aggregate unter Beachtung ihrer Automatisierung

Dozent Dr.-Ing. L. Kollar, KDT/Dr.-Ing. P. Oberländer, KDT

1. Einleitung

Die Automatisierung ist ein gesellschaftlicher Prozeß, in dessen Verlauf zunehmend intellektuelle und physische Leistungen des Menschen auf Automaten (Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik) übertragen werden [1]. Das Ziel der Automatisierung landwirtschaftlicher Prozesse besteht darin, einen möglichst großen Anteil intellektueller und physischer Leistungen auf Automaten zu übertragen.

Damit Prozesse automatisiert werden können, ist neben einer qualitativen Beschreibung ihres Verlaufs vor allem eine quantitative Beschreibung (Ermitteln des mathematischen Prozeßmodells) erforderlich. Erst auf der Grundlage der quantitativen Beschreibung eines zu automatisierenden Prozesses können Automaten und Operationen, die zum Aufrechterhalten oder Verändern bestimmter Prozeßzustände erforderlich sind, einander zugeordnet werden [2, 3]. Hieraus wird ersichtlich, daß Automaten nur die Operationen auszuführen vermögen, die als entsprechende Befehle vorgebar oder speicherbar sind. Diese Beschränkung des Operationsvermögens von Automaten unterstreicht die Bedeutung der Verantwortung des Menschen und seine übergeordnete Funk-

tion [4] im Prozeß der Automatisierung sowie die Notwendigkeit, für bestimmte Prozesse in der Landwirtschaft prozeßspezifische — also auch landwirtschaftsspezifische — Automaten zu schaffen.

Das Entwickeln derartiger Automaten erfordert die Zusammenarbeit zwischen Betreibern und Herstellern von Landmaschinen sowie Herstellern von Automaten und darüber hinaus einen bestimmten Entwicklungsstand der Produktivkräfte und Produktionsmittel.

2. Zum Stand der Entwicklung mobiler Aggregate

Die Entwicklung der Maschinensysteme in der sozialistischen Landwirtschaft ist durch größer werdende Leistungen der Maschinen und Aggregate und durch bessere Abstimmung ihrer Leistungsparameter innerhalb der Maschinenketten der Produktionsverfahren gekennzeichnet. Die mittlere Leistung der Motoren für Traktoren wuchs seit dem Jahr 1965 in der DDR annähernd linear und im RGW sogar progressiv (Bild 1). Das führte zu einem Verringern des Traktorenbestands in der DDR, da der Anteil der Arbeit mit Traktoren je Flächeneinheit sich nur unwesentlich ändert und die Ackerfläche nur geringen Schwankungen unterliegt. Der Bestand an Getreide- und Hackfruchtermaschinen wird durch eine analoge Entwicklung charakterisiert (Bild 2). In den Ländern des RGW ist insgesamt auch weiterhin mit einem Anwachsen des Traktorenbestands zu rechnen. Das Einsatzgebiet der Traktoren wurde durch ihre Ausrüstung mit Zapfwellen sowie mit hydraulischer Hilfsenergie ständig erweitert. Die hydraulische Hilfslenkeinrichtung und die vollhydraulische Lenkung erleichtern dem Fahrer die physische Arbeit. Entsprechend dem Körpergewicht des Fahrers einstellbare, ergonomisch besser auf die Bedienung der Traktoren angeordnete Fahrersitze und Bedieneinrichtungen sowie schall-, staub- und schwingungsgeschützte Fahrerkabinen tragen zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen und zur Vermeidung bestimmter Berufskrankheiten bei. Diese Tendenzen sind inhaltlich auch auf Getreide- und Hackfruchtermaschinen zu übertragen.

Einrichtungen zur Zugkraftregelung, zur Zugkraftserhöhung, zum Verringern des Treibradschlupfs und zur Arbeitstiefenregelung gehören zur Standardausrüstung der Traktoren. Vergleichsuntersuchungen ergaben, daß bei der Regelung der Arbeitstiefe in Verbindung mit Einrichtungen zur Verringerung des Treibradschlupfs beim Pflügen bis zu 30% höhere Flächenleistungen erreicht werden konnten [6]. Darüber hinaus ist hauptsächlich bei schweren Traktoren der Einsatz unter Last schaltbarer Getriebe oder Kupplungen und bei selbstfahrenden mobilen Aggregaten ein verstärktes Anwenden hydraulischer Antriebe, die durch einfache Hebelbetätigungen zu betreiben sind, erkennbar. Mit der unter Last schaltbaren Kupplung beim Radtraktor K-700 konnten Steigerungen der Flächenleistung von 10 bis 15% erreicht werden [7]. Hierdurch kann die Fahrgeschwindigkeit einem unterschiedlichen

Zugkraftbedarf angepaßt werden, ohne beim Schaltvorgang die Fahrbewegung der mobilen Aggregate unterbrechen zu müssen.

Die gegenwärtig eingesetzten Maschinen und Aggregate zum Ausbringen von mineralischen Düngemitteln und anderen Chemikalien genügen noch nicht voll den an diese technischen Arbeitsmittel gestellten Anforderungen. Neben den Schwierigkeiten, die Aufwandsmengen von z. B. nur 100 l/ha gleichmäßig über Arbeitsbreiten bis zu 25 m zu verteilen [8, 9], wird die Verteilgenauigkeit in Fahrtrichtung sehr stark von den Änderungen der Fahrgeschwindigkeit — die bei mobilen Aggregaten infolge des Radschlupfs nicht zu vermeiden sind — bestimmt (Bild 3). Mit größer werdenden Fahrgeschwindigkeiten entstehen in Düsennähe zunehmende Luftbewegungen, und die Sedimentationsgeschwindigkeit besonders der kleineren Tropfen verringert sich, so daß diese Tropfen eine längere Verweilzeit in der Luft haben, infolge der Verdunstung noch kleiner

Bild 1. Entwicklung der Leistungen (a) und der Anzahl je 100 ha LN (b) von Traktoren in der DDR und im RGW im Zeitraum von 1960 bis 1975 (nach [5])

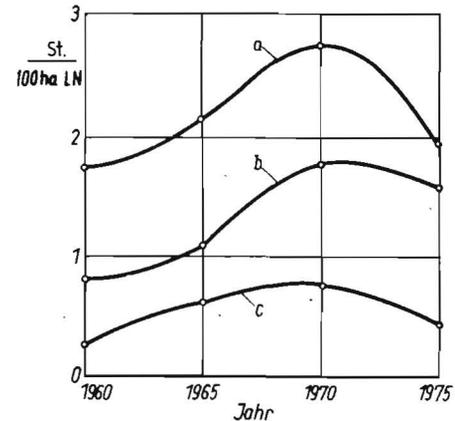
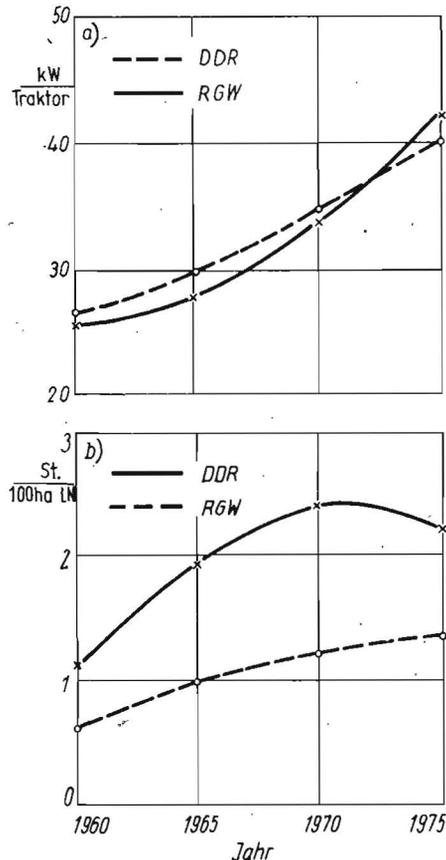
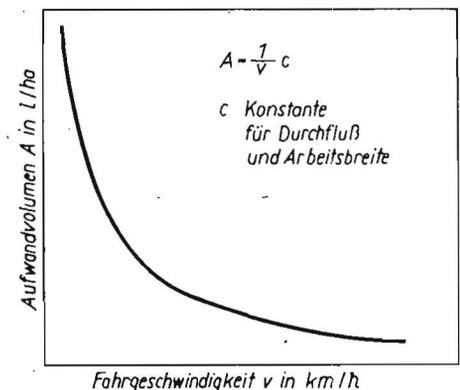


Bild 2. Bestand an Erntemaschinen je 100 ha Anbaufläche der mit den Maschinen geernteten Kulturen [5]; a Rübenrodelader, b Kartoffelroder, c Mäh-drescher

Bild 3. Einfluß der Fahrgeschwindigkeit von Applikationsmaschinen für Pflanzenschutzmittel auf das auszubringende Volumen (qualitativ)



Tafel I. An mobilen landtechnischen Aggregaten signalisierte Betriebsdaten

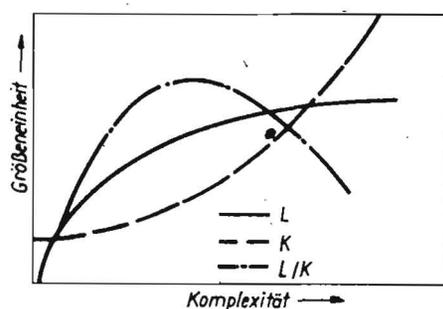
signalisierte Betriebsdaten	Typ		T-150 K	K-700	E 512	SK-5 SK-6	E 280	KS-6 ¹⁾
	MTS-80	ZT 300						
Antriebsmaschine								
Öldruck	x	x	x	x	x	x	x	x
Havarieöldruck			x	x				x
Kühlwassertemperatur	x	x	x	x	x	x	x	x
Havariewassertemperatur			x	x			x	x
Öltemperatur			x	x				
Öldruck im Turbolader				x			x	
Verschmutzung des Ölbadluftfilters		x						
Drehzahl der Kurbelwelle	x	x	x	x	x	x		
Ladung der Batterie	x	x	x	x	x	x	x	x
Luftdruck in der Luftdruckanlage	x			x			x	
Betriebsstunden	x	x	x		x			x
Arbeitsmaschine								
Getriebschmierung		x	x	x				
Drehzahl der Zapfwellen		x	x					
Trommeldrehzahl					x	x		
Bunkerfüllung					x	x		
Verstopfung des Schütters						x		
Verstopfung der Förderschnecke						x		

1) Störstellenanzeige USAK-13 zur Kontrolle der Arbeitsbewegung und -geschwindigkeit der Rode- und Förder-elemente

werden und die Verteilgenauigkeit weiter ungünstig beeinflussen [10]. In vielen Anwendungsfällen wird deshalb das Vielfache des erforderlichen Wirkstoffs ausgebracht, um bei den auftretenden Verteilungsschwankungen zu gewährleisten, daß auch an den Stellen geringster Dosierung genügend Wirkstoff angelagert wird, um den biologischen Erfolg zu sichern [9]. Außer dem Gesichtspunkt der Umweltbelastung tritt hierbei die Frage der Wirtschaftlichkeit stärker in den Vordergrund. In der DDR werden z. B. jährlich rd. 23 000 t chemische Unkrautbekämpfungsmittel auf rd. 3,4 Mill. ha LN ausgebracht [5]. Aus den hier aufgeführten Gründen scheint es weniger empfehlenswert zu sein, automatische Einrichtungen zur Konstanthaltung der Fahrgeschwindigkeit anzustreben. Günstigere Ergebnisse sind zu erwarten, wenn die je Zeiteinheit auszubringenden Aufwandmengen entsprechend dem Wert der jeweils vorhandenen Fahrgeschwindigkeit gesteuert werden. Nicht so ausgeprägt, jedoch der Tendenz entsprechend, gilt das auch bei Drillmaschinen für die Verteilung des Saatgutes in der Reihe und die Ablage des Saatgutes in der Tiefe [11]. Zur Kontrolle und Überwachung des Regimes mobiler Aggregate dienen bewährte funktionserprobte Anzeigeelemente mit Trend- oder Grenzwertanzeigen (Tafel I). In einzelnen Fällen werden neben den optischen Signalen auch akustische genutzt. Geräte zur Anzeige von bestimmten Arbeitsergebnissen, wie z. B. des Erfolgs der Bodenkrümelung oder -lockerung beim Pflügen, des momentanen Kraftstoffverbrauchs der Verbrennungsmotoren oder anderer mobiler Aggregate, der Körnerverluste beim Mähdrusch, der Aussaatmasse beim Drillen und der Tiefe der Ablage des auszubringenden Gutes, werden serienmäßig noch nicht zur Verfügung gestellt. Derartige Ausrüstungen sind aber zur Verbesserung der Effektivität bei der Arbeit mit mobilen Aggregaten eine erste Voraussetzung. Das gilt nicht nur für die Verbesserung der Ausnutzung der Aggregate, sondern gleichermaßen für die Erhöhung der Einsatzsicherheit und damit der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit. Dieser Aspekt erscheint deshalb Bedeutung zu erlan-

gen, weil trotz geringer Anzahl von eingesetzten mobilen Aggregaten (Bilder 1b und 2) die Kosten für die Instandhaltung angewachsen sind, obwohl mit den mobilen Aggregaten nicht immer die vom Hersteller angegebenen Kampagneleistungen erreicht werden. Einige der gegenwärtig in der Landwirtschaft eingesetzten modernen mobilen Aggregate haben von der energetischen Ausstattung her bereits Voraussetzungen, die höhere Leistungen bei besserer Qualität der Arbeitsergebnisse zulassen [12]. Die Ursachen dafür, daß diese Reserven noch nicht ausgenutzt werden, liegen u. a. in dem begrenzten Leistungsvermögen des Menschen und in der unzureichenden Abstimmung der Kontroll-, Überwachungs- und Verstell-einrichtungen auf die energetischen Möglichkeiten der mobilen Aggregate bei Beachtung der Eigenschaften des Menschen zur Wahrnehmung der Funktion eines Reglers begründet. Selbst bei modernen leistungsstarken mobilen Aggregaten (z. B. Mährescher E 512, Radtraktoren T-150 K, K-700 und K-700 A) obliegt das gesamte Betriebsregime (Auswahl von Fahrgeschwindigkeit und Motordrehzahl sowie Einstellen und Bewerten des jeweiligen Arbeitsprozesses) den subjektiven Erfahrungen und Möglichkeiten des Fahrers. Damit Fahrer mobiler Aggregate von notwendigen Hilfsprozessen entlastet werden, erfolgt zunehmend eine Ausrüstung mit

Bild 4. Verhältnis zwischen Leistungseigenschaften L und Kosten K in Abhängigkeit von der Komplexität (qualitativ) [22]



- Einrichtungen zum Erleichtern körperlich anstrengender Arbeiten bei der Bedienung häufig zu verstellender Baugruppen oder bei Veränderung der Lage bestimmter Baugruppen (hydraulische und elektrohydraulische Steuerungen)
 - Einrichtungen zur Verbesserung der Arbeitsgüte
 - Einrichtungen zur besseren Ausnutzung bzw. weiteren Erhöhung der Leistung.
- Diese Maßnahmen werden einzeln, meistens jedoch im Komplex, wie z. B. bei Mähreschern zum hydraulischen Steuern der Schnitthöhe und der Haspellage, zum Ein- und Ausklappen der Körnerübergabeschnecke sowie zum kontinuierlichen Verstellen der Dreschtrommel-drehzahl angewendet.
- Die bisher vorgenommene nachträgliche Ausrüstung mobiler Aggregate mit Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik ist nicht problemlos. Folgende Faktoren erschweren u. a. die unmittelbare Anwendung von Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik:
- Nachträglich angebrachte Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik führen oft zu neuen Störungen im Prozeßablauf, weil sie sich meist nur mit konstruktiven Veränderungen anbringen lassen [13, 14, 15], die nicht immer organisch in die Konstruktion eingefügt werden können.
 - Die zu automatisierenden Prozesse verlaufen in vielen Fällen nicht optimal, da noch nicht alle Baugruppen infolge begrenzter oder auch fehlender theoretischer Grundlagen optimal gestaltet werden können [14, 15, 16].
 - Die oft auf der Grundlage fehlender Prozeßkenntnisse ausgewählten Meßgrößen und die daraus gewonnenen Meßwerte geben die zu beeinflussenden Zusammenhänge nicht ausreichend genau wieder [17, 18, 19, 20].
 - Die Meß- und Stellglieder sowie Regler wurden bisher meist für determinierte Störgrößeneinflüsse bemessen, jedoch treten unter Praxisbedingungen häufiger Störungen mit stochastischem Verlauf auf [21].
- Diese und weitere sich aus den in Abhängigkeit von Ort und Zeit sehr ändernden Eigenschaften des Bodens, der auszubringenden Chemikalien und der zu bearbeitenden Kulturen ergebende Probleme erfordern eine Berücksichtigung der Automatisierung mobiler Aggregate bereits bei ihrem Entwurf. Das gilt nicht nur für technische, sondern vor allem auch für ökonomische Belange, da zwischen Kosten und Leistung eines mobilen Aggregats ein Kompromiß gefunden werden muß (Bild 4).

3. Tendenzen der zukünftigen Entwicklung

Da zukünftig noch leistungsstärkere mobile Aggregate die Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion mit prägen werden [23, 24], ist mit einem Anstieg der mittleren Arbeitsgeschwindigkeit bei weiterer Zunahme der mittleren Arbeitsbreiten zu rechnen. Motorleistungen um 365 kW für Traktoren, wie z. B. beim Radtraktor K-710, ermöglichen bei entsprechend dimensioniertem Fahrwerk selbst beim zugkraftaufwendigen Pflügen Arbeitsgeschwindigkeiten zwischen 10 km/h und 15 km/h. Darüber hinaus ist mit verstärkter Anwendung von selbstfahrenden mobilen Aggregaten in der Pflanzenproduktion zu rechnen, damit agrotechnische Forderungen und Termine als wichtige Voraussetzungen für gute Erträge und hohe Ackerkultur eingehalten werden.

Bei der Weiterentwicklung von mobilen Ag-

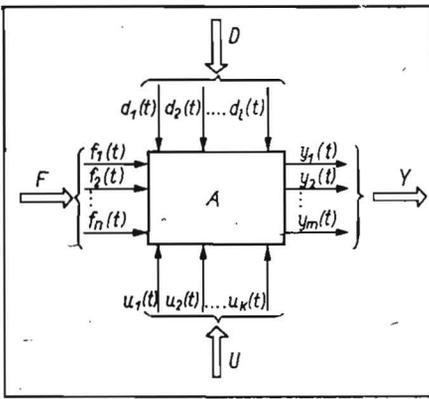


Bild 5. An einem mobilen Aggregat A wirkende Größen [25];
 $d_i(t)$, $f_i(t)$, $u_i(t)$, $y_i(t)$ Zeitfunktionen einzelner Größen
 D, F, U, Y Vektoren der Zeitfunktionen

gregaten ist davon auszugehen, daß sie komplizierte dynamische Systeme sind, die von vielen schwierig und oft auch gar nicht zu quantifizierenden Einflußgrößen bestimmt werden (Bild 5). Neben der Wirkung von mehreren Eingangsgrößen (Vektor F), den Arbeitsbedingungen, wird der Ausgang (Vektor Y) auch sehr von den Eigenschaften des mobilen Aggregats (Vektor D) selbst bestimmt. Die zur Beeinflussung des Ausgangsvektors Y notwendigen Steuergrößen (Vektor U) müssen entsprechend den Eingangsgrößen und Eigenschaften eines Aggregats ständig oder zu diskreten Zeitpunkten vorhanden sein.

Daraus und aus der Analyse des Entwicklungsstands mobiler Aggregate läßt sich ableiten:

— Bei modernen mobilen Aggregaten ist die Automatisierung für bestimmte Prozesse bereits bei der Konzeption vorzusehen. Diese funktionsnotwendige Automatisierung wird vom Entwicklungsstand der Technik bestimmt und muß langlebig sein. Anforderungen, die während der Projektierung nicht sofort erfaßt werden, sind an hergestellten Aggregaten meist kaum oder nur mit hohem Aufwand und ungenügenden Ergebnissen zu verwirklichen. Voraussetzung für die Langlebigkeit und optimale Funktion der Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik sind neben guter Prozesskenntnis gut aufeinander abgestimmte Baugruppen, die die Erfassung von Meßwerten und steuernde Eingriffe in den Prozeß bei sich durch den technischen Fortschritt bedingt ändernder Informationsverarbeitung zulassen.

— Die infolge der Verbesserung der Produktionsverfahren in der Landwirtschaft ständig entstehenden neuen höheren Anforderungen hinsichtlich Vervollkommnung der serienmäßig gefertigten mobilen Aggregate, vor allem im Bereich einer höheren Effektivität in der Informationsverarbeitung, sind über kontinuierlich wahrzunehmende funktionsverbessernde Maßnahmen der Automatisierung zu berücksichtigen.

Da gegenwärtig noch keine verallgemeinerungsfähigen Zahlen für die Wertanteile der Funktionseinheiten der Meß- und Stelltechnik sowie der Informationsverarbeitung bei der Automatisierung landwirtschaftlicher Prozesse vorliegen, wurden für sie ähnliche Verhältnisse unterstellt, wie sie aus der Industrie bekannt

sind [26]. Danach ist zu erwarten, daß Funktionseinheiten der Meßtechnik 50 %, der Stelltechnik 35 % und der Informationsverarbeitung 15 % vom Gesamtwert der Aufwendungen zur Automatisierung landwirtschaftlicher Prozesse erreichen können. Hieraus folgt, daß sowohl aus technischen als auch aus ökonomischen Gründen der Informationsgewinnung und Informationsnutzung große Bedeutung zukommt. Diese Zusammenhänge verdienen deshalb besondere Bedeutung, weil durch die stürmische Entwicklung der Mikroelektronik Funktionseinheiten der Informationsverarbeitung zu erwarten sind, die die Gebrauchseigenschaften der landtechnischen Aggregate entscheidend verbessern können [27, 28]. Weiterhin ist mit einer bestimmten Grundausstattung der mobilen Aggregate mit sich wiederholenden Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik, hauptsächlich für den Bereich der funktionsnotwendigen Automatisierung, eine Fertigung größerer Stückzahlen zu erwarten, die die Wirtschaftlichkeit ihrer Produktion verbessert. Das schließt allerdings eine Systematisierung über Art und Leistungsgrenzen sowie zu verwendende Hilfsenergie ein.

4. Zusammenfassung

Ausgehend vom Begriff und Ziel der Automatisierung werden die in der Pflanzenproduktion eingesetzten mobilen Aggregate hinsichtlich ihrer zu erwartenden Entwicklung eingeschätzt. Bei der Erhöhung der Gebrauchseigenschaften sind funktionsnotwendige sowie funktionsverbessernde Maßnahmen der Automatisierung bereits bei der Konzeption der mobilen Aggregate vorzusehen. Änderungen an funktionsnotwendigen Elementen bei bereits serienmäßig gefertigten mobilen Aggregaten sind schwierig vorzunehmen, während funktionsverbessernde Änderungen aus verfahrenstechnischen Abläufen notwendig werden können und mit vertretbarem Aufwand durchzusetzen sind.

Literatur

[1] Klaus, G.; Liebscher, H.: Wörterbuch der Kybernetik. Berlin: Dietz-Verlag 1976, S. 82.
 [2] Kollar, L.: Automatisierung in der Landwirtschaft. Berlin: VEB Verlag Technik 1977, S. 18—23.
 [3] Kollar, L.: Automatisierungsprobleme in der Landwirtschaft. Jahrestagung der WGMA „Automatisierungstechnik“ 1978. WGMA, Berlin (1978) S. 38—80.
 [4] Töpfer, H.; Kriesel, W.: Wandlungsprozesse bei Automatisierungssystemen mit Mikrorechnern. messen — steuern — regeln 21 (1978) H. 6, S. 302—307.
 [5] Statistisches Jahrbuch der DDR 1978. Berlin: Staatsverlag der DDR 1978, S. 153—192, 16*
 [6] Schneider, W.: Vollautomatischer Tiefenregler für Traktoren mit Anbaugeräten. Dt. Agrartechnik 14 (1964) H. 9, S. 420—423.
 [7] Krupp, G., u. a.: Vorrichtung zum Schalten unter Last am Traktor K-700. agrartechnik 25 (1975) H. 1, S. 19—22.
 [8] Speelmann, L.: Die gleichmäßige Verteilung von Spritzbrühen auf unebenem Gelände ist mit den heutigen Spritzbalken- und Düsenkonstruktionen meistens unbefriedigend. Grundlagen der Landtechnik 23 (1973) H. 1, S. 25—27.
 [9] Heyde, H.; Kühn, G.: Landmaschinenlehre. Band 2. Berlin: VEB Verlag Technik 1976, S. 182—216.
 [10] Schmidt, M.: Technische Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltfreundlichkeit bei Pflanzenschutzverfahren. Landtechnik 33 (1978) H. 3, S. 114—117.

[11] Valge, A. M.: Optimizacija na AVM parametrov podveski sosnika cepnovoj sejalke (Optimierung der Parameter der Aufhängung von der Drillmaschine auf dem Analogrechner). In: Avtomatizacija mobil'nych sel'skochozjajstvennych agregatov. Ministerstvo sel'skogo chozjajstva RSFSR. Leningrad 1972, S. 20—24.
 [12] Iofinov, S. A.: Geräte zur Erfassung der Landmaschinen- und Traktorenarbeit. Dt. Agrartechnik 21 (1971) H. 2, S. 63—67.
 [13] Kühn, G.: Gründe und Möglichkeiten für die Anwendung der Regelungstechnik an Mähdreschern. Dt. Agrartechnik 18 (1968) H. 6, S. 280—285.
 [14] Gruner, W.: Probleme der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik in der Landwirtschaft. AdL der DDR. Sitzungsberichte XV (1966) H. 2, S. 1—28.
 [15] Timofeev, A. I.: Principal'nye osnovy upravlenija mobil'nymi sel'skochozjajstvennymi masinami (Prinzipielle Grundsätze der Lenkung mobiler landwirtschaftlicher Maschinen). Vestnik sel'skochoz. nauki. Moskva (1969) H. 12, S. 74—80.
 [16] Soucek, R.: Zu einigen Fragen des technischen Stands der Bodenbearbeitungsgeräte in der DDR und deren Weiterentwicklung. agrartechnik 24 (1974) H. 1, S. 23—29.
 [17] Tropfens, D.: Grundlagen der Meßtechnik bei Landmaschinenuntersuchungen. Dt. Agrartechnik 20 (1970) H. 5, S. 223—226.
 [18] Kühn, G.: Zur Messung der Körnerverluste am Dreschwerk von Mähdreschern. Dt. Agrartechnik 20 (1970) H. 6, S. 253—255.
 [19] Kühn, G.: Zur Kornabscheidung an Strohschüttlern von Mähdreschern. In: Vorträge eines Symposiums des Wissenschaftsbereiches Mechanisierung der Pflanzenproduktion zur Mechanisierung der Landwirtschaft aus Anlaß des 75. Geburtstages von Heinrich Heyde. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg 1978, S. 119—136.
 [20] Oberländer, P.: Modellierung des dynamischen Verhaltens von Kraftfahrzeugen unter dem Gesichtspunkt einer Fahrgeschwindigkeitsregelung. agrartechnik 28 (1978) H. 8, S. 369—371.
 [21] Michailov, N. N.: Rasčet effektivnosti avtomatičeskogo regulirovanija raboty mobil'nych sel'skochozjajstvennych masin (Berechnung des Nutzeffekts der automatischen Regelung der Arbeit mobiler Aggregate). Mech. i elektr. soc. sel'sk. choz. Moskva 21 (1963) H. 4, S. 19—23.
 [22] Chestnut, H.: Prinzipien der Systemplanung. München: Carl Hauser Verlag 1970, S. 16—20.
 [23] Perspektiven der Komplexmechanisierung der landwirtschaftlichen Produktion der RGW-Länder. Landtechnische Informationen 16 (1977) H. 6, S. 85—86.
 [24] Bernard, C.: Technische Grundlagen und Forschungsaufgaben bei der Mechanisierung der Bodenbearbeitung. In: Vorträge eines Symposiums des Wissenschaftsbereiches Mechanisierung der Pflanzenproduktion zur Mechanisierung der Landwirtschaft aus Anlaß des 75. Geburtstages von Heinrich Heyde. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg 1978, S. 6—11.
 [25] Lure, A. B.; Gromeccevsckij, A. A.: Rasčet i konstruirovanie sel'skochozjajstvennych masin (Berechnung und Konstruktion landwirtschaftlicher Maschinen). Leningrad: Mašinostroenie 1977, S. 7.
 [26] Müller, R.; Brack, G.: Auswirkungen des Einsatzes von Mikroprozessoren (Mikrorechnern) auf die Eigenschaften und die Projektierung von Automatisierungsanlagen. messen — steuern — regeln 20 (1977) H. 11, S. 589—590.
 [27] Kollar, L.: Automatisierung von Land- und Nahrungsgütermaschinen unter besonderer Berücksichtigung der internationalen Entwicklung der Mikroelektronik. Vortrag auf der Konstrukteurgtagung der KDT am 28. und 29. Juni 1978 in Leipzig.
 [28] Töpfer, H.: Zur Entwicklung der Automatisierungstechnik und sich daraus ergebende Schlußfolgerungen für die Landwirtschaft. TU Dresden, Sektion Informationsverarbeitung (unveröffentlicht). A 2492