

Der bewährte Traktor ZT300 wird weiterentwickelt und u. a. mit Kriechganggetriebe, verstärkter Zapfwelle zum Antrieb gezogener Landmaschinen ausgerüstet und die Produktion einer Hangvariante vorbereitet.

Zur weiteren Rationalisierung der Transport- und Umschlagtechnik wird die Produktion von Ladern sowie von Spezialanhängern zum Ausbringen von Dung wesentlich erhöht.

Bei der Rinder- und Schweineproduktion zielt ein ganzer Komplex von Vorhaben darauf, die Mechanisierung der Arbeitsprozesse voranzubringen und dabei die zum Teil noch körperlich schwere Arbeit weiter zu verringern.

Auf dem Gebiet des Anlagenbaus ist die Arbeit auf die Sicherung des wissenschaftlich-technischen Höchststands der Anlagenkomplexe orientiert. Besondere Bedeutung haben dabei Getreidemühlen, Mischfutterwerke, Silos, Anlagen zur Reinigung, Lagerung und Aufbereitung des Getreides, Kartoffelaufbereitungs-, -lagerungs- und -vermarktungsanlagen, Anlagen zur Milchgewinnung und -verarbeitung sowie Tierproduktionsanlagen.

Zur Sicherung einer hohen Einsatzfähigkeit der Landtechnik — besonders für die Getreide- und Futterernte — wird die Ersatzteilproduktion im Fünfjahrplanzeitraum weiter gesteigert.

Nachdrückliche Anstrengungen gibt es für die positionsbezogene Lösung bei Schwerpunktersatzteilen. Analog sind für alle Neu- und Weiterentwicklungen Maßnahmen zur Erhöhung ihrer Lebensdauer und Verschleißminderung festgelegt.

Die Strategie der komplexen sozialistischen Rationalisierung und Intensivierung des Landmaschinenbaus für den Zeitraum 1981—1985 zielt auf die Sicherung eines hohen Leistungsanstiegs. Die Steigerung der Arbeitsproduktivität wird in mehr als 80% durch Maßnahmen aus Wissenschaft und Technik untersetzt. Von besonderer Bedeutung ist dabei die schnelle und breite Anwendung der Mikroelektronik, der Robotertechnik sowie die Erhöhung des Leistungsvermögens des eigenen Rationalisierungsmittelbaus. Der Einsatz der Mikroelektronik konzentriert sich vor allem auf die Erhöhung der Leistung und Zuverlässigkeit der Erzeugnisse, die Durchdringung der Handhabungsprozesse einschließlich der technologischen Vorbereitung sowie auf die Regelungs- und Steuerungsaufgaben an Werkzeugmaschinen zur Erhöhung der Effektivität.

Schwerpunkte bei der Entwicklung und Einführung neuer Technologien und hochproduktiver materialsparender Verfahren bilden u. a.

der Einsatz von Stahlfeinguß, das Pulverschmieden, Kaltfließpressen, Gaskarbonitrieren und Pulverböreren von Verschleißteilen, das elektrostatische Beschichten mit Anstrichstoffen, der Einsatz neuer Schneidstoffe sowie neue Schweiß- und Schneidverfahren.

Der Beschluß des Politbüros des ZK der SED zur Entwicklung des Landmaschinenbaus bis 1985 und danach stellt eine neue große Bewährungsprobe für das Kollektiv der Landmaschinenbauer dar und erfordert, das bewährte Zusammenwirken mit der sozialistischen Landwirtschaft noch enger und fruchtbarer zu gestalten.

Hervorragende Leistungen, u. a. in der Entwicklung von selbstfahrenden Landmaschinen für die Getreide- und Futterernte sowie von Anlagen für die industriemäßige landwirtschaftliche Produktion, sowie viele andere Ergebnisse trugen dazu bei, die Unterschiede zwischen Stadt und Land in unserer Republik mehr und mehr zu überwinden. Aufbauend darauf werden die Landmaschinenbauer der DDR, geführt und mobilisiert von der zielklaren Wirtschaftsstrategie der Partei der Arbeiterklasse, das höhere Schrittmaß der 80er Jahre zu ihrer ureigensten Sache machen.

A 3369

Notwendige Voraussetzungen für die durchgängige Komplexautomatisierung selbstfahrender Erntemaschinen

Dipl.-Ing. K. Kielhorn, KDT/Dipl.-Ing. G. Spaethe, KDT/Dipl.-Ing. R. Schuch, KDT
Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Weimar-Werk

1. Einleitung

Für den gegenwärtigen Fünfjahrplanzeitraum 1981—1985 und darüber hinaus wurden auf der Grundlage der Beschlüsse des X. Parteitag der SED die Schwerpunktaufgaben für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft zur weiteren Erhöhung der Produktion und ihrer Effektivität festgelegt [1].

Eine weitere Ertragserhöhung und Qualitätsverbesserung von landwirtschaftlichen Produkten bedingt u. a. auch ein modernes, leistungsfähiges Erntemaschinensystem. Dabei erlangt der zielgerichtete Einsatz von Automatisierungsbaugruppen, vor allem im Zusammenhang mit der Entwicklung mehrreihiger selbstfahrender Erntemaschinen, eine besondere Bedeutung.

In diesem Beitrag soll auf einige Aspekte und Grundsätze eingegangen werden, die bei der Lösung von Automatisierungsaufgaben als Komplexlösung zu beachten sind [2].

2. Automatisierungseinrichtungen

Für selbstfahrende Erntemaschinen der 1. Generation kommen u. a. folgende Automatisierungsbaugruppen in Betracht:

- automatische Lenkung
- automatische Tiefenregelung der Arbeitsorgane
- automatische Durchsatzregelung
- automatische Fallhöhenanpassung des Verladeelevators an die Beladehöhe des Transportfahrzeugs

- automatischer Havarieschutz des Verladeelevators
- automatische Kontrolleinrichtung zur Überwachung des technologischen Prozesses
- mobile elektronische Beimengungstrennung.

Für spätere Generationen sind noch möglich:

- automatisches Wenden am Feldende
- Mehrmaschinenbedienung.

Die Entwicklung automatisierter selbstfahrender Erntemaschinen läßt sich in zwei Etappen einteilen. In der ersten Etappe sind für die Automatisierung u. a. folgende Probleme zu lösen:

- Schaffung von materiell-technischen und kadermäßigen Voraussetzungen für die Entwicklung bis zur Produktionsabsicherung in den Kombinat[3]
- Schaffung der Voraussetzungen für Bedienung, Wartung, Service usw. beim Anwender
- Vereinheitlichung der Automatisierungseinrichtungen als wesentliche Voraussetzung für Produktionsstückzahlen, Service usw.
- Sicherung des unabhängigen Einsatzes von Automatisierungseinrichtungen für unterschiedliche Ausrüstungsvarianten der Erntemaschinen mit Automatisierungseinrichtungen.

Die zweite Etappe in der Weiterentwicklung der selbstfahrenden Erntemaschinen wird

durch den konzentrierten Einsatz der Mikroelektronik (Mikroprozessorsysteme, Mikrorechner) gekennzeichnet sein. Dabei wird nur noch ein Ausrüstungsgrad an Automatisierungseinrichtungen vorherrschen, der eine umfassende Automatisierung der Steuer- und Regelvorgänge sowie eine automatische Überwachung des technologischen und technischen Gesamtprozesses beinhaltet.

Neben den automatischen Kontrolleinrichtungen werden auch automatische Sicherungseinrichtungen vom Mikrorechner bedient.

Durch die progressive Entwicklung der Mikroelektronik und die damit verbundenen Vorteile wird sich der Einsatz von hochintegrierten Speichersteuerungen, Mikroprozessorsystemen und Mikrorechnern schon in die 1. Generation vorverlagern.

3. Betrachtungen zur Systemlösung

3.1. Vereinheitlichungsprinzipie

Die für die Komplexautomatisierung selbstfahrender Erntemaschinen in Frage kommenden Automatisierungsbaugruppen (Elektronikbaugruppen) werden meist in zeitlich versetzter Reihenfolge und auch im Rahmen der Wissenschaftskooperation dezentral bearbeitet. Das bedingt eine vorgegebene, nach Vereinheitlichungsprinzipien aufbauende technische Realisierungskonzeption zur Gewährleistung einer einheitlichen Systemlösung.

Die Festlegung von elektrischen Signalpegeln

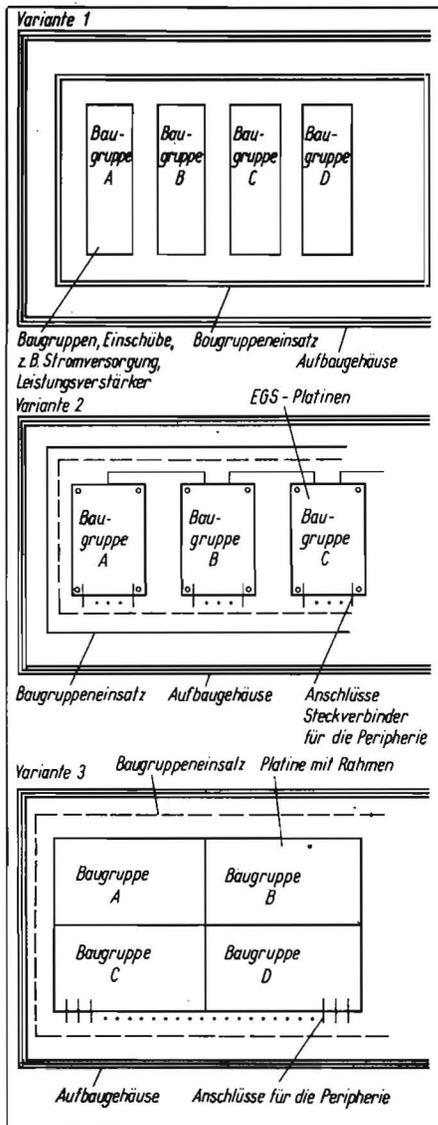


Bild 1. Varianten des Einheitlichen Gefäßsystems (EGS)

und anderen statischen und dynamischen Kenngrößen garantiert später das problemlose funktionelle Zusammenwirken der verschiedenen Baugruppen. Die Anwendung von Einheits-Funktionsbaugruppen gewährleistet u. a. einen hohen Anteil an elektronischen Wiederholteil-Baugruppen und einen vertretbaren Umfang des Ersatzteilsortiments.

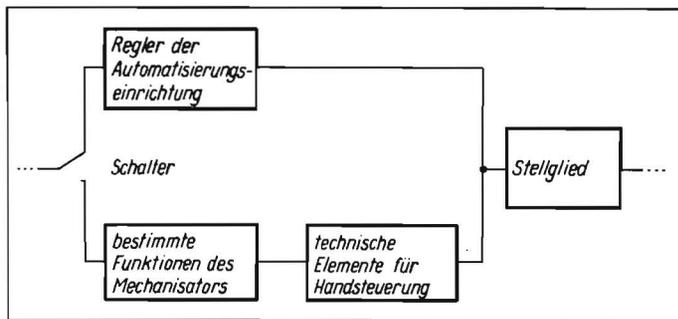
Aus der Analyse der Automatisierungsbaugruppen wurden u. a. folgende Forderungen an die technische Gesamtkonzeption abgeleitet:

- Betriebsspannung U_N 24/28 V
- (von Drehstrom-Lichtmaschine)
- zulässige Toleranz der Betriebsspannung 15 %
- zulässige überlagerte Störgröße 5 % des Nennwerts der Gleichspannung
- IP 54
- Hydraulikdruck 16 MPa.

Für den Vereinheitlichungsablauf der elektronischen Regel- und Steuereinheiten wurden folgende Arbeitsschritte herausgearbeitet:

- Vereinheitlichung des Gefäßsystems
- Vereinheitlichung der möglichen Wiederholteil-Baugruppen (z. B. Leistungsverstärker, Stromversorgung, Meßfühler)
- Vereinheitlichung der Schaltkreisfamilien

Bild 2 Vereinfachte Zuverlässigkeitsstruktur einer Automatisierungseinrichtung



(direkt kompatible Schaltkreisfamilien, z. B. TTL mit n-MOS¹⁾)

— Vereinheitlichung der Meß- und Signalverarbeitungsverfahren (Meßfühler und Regler, möglicher Einsatz von Mikroprozessoren). Als Gefäßsystem kommen in der 1. Generation Varianten des Einheitlichen Gefäßsystems (EGS) in Betracht (Bild 1):

Variante 1

EGS in Einschubtechnik

Dabei sind die Anschlüsse für die Peripherie, z. B. Akkumulator, Bedienteil, Magnetventil, Meßgeber u. a., abweichend vom EGS direkt mit dem Baugruppeneinsatz verbunden.

Die Variante 1 ist vorteilhaft während der Bearbeitung der Elektronikbaugruppen in den A-Stufen anwendbar.

Variante 2

EGS-Platinen untereinander fest verdrahtet für die jeweilige Regel- bzw. Steuereinheit der Automatisierungseinrichtung

Dabei sind die Platinen auf ein Grundblech über Abstandsbolzen aufgeschraubt. Der Baugruppeneinsatz reduziert sich auf den Befestigungsmechanismus zwischen Automatisierungseinrichtung und Aufbaugehäuse.

Variante 3

Gleichgroße EGS-Platinen für die jeweilige Regel- bzw. Steuereinheit jeder Automatisierungseinrichtung

Dabei sind die Abmessungen der Platinen bzw. Rahmen für alle Automatisierungseinrichtungen gleich, die Einfassung der Platinen erfolgt mit Hilfe von angenieteten Winkelrahmen. Der Baugruppeneinsatz beschränkt sich auf den Befestigungsmechanismus zwischen Automatisierungseinrichtung und Aufbaugehäuse.

Nach einer Ermittlung der ausgewogensten Variante muß Variante 3 der Vorzug gegeben werden. Die Entscheidung zwischen den Varianten 3 oder 2 wird aber auch durch die Vereinheitlichungsmöglichkeiten von Baugruppen und durch die spätere Produktionstechnologie wesentlich mitbestimmt.

3.2. Energetische Basis

Die Geschwindigkeit der Stellglieder beeinflusst die Dynamik der Regelvorgänge wesentlich. Verringert sich z. B. die vorgegebene Stellgeschwindigkeit infolge einer Abhängigkeit des hydraulischen Druckstroms vom Einschaltzustand anderer Automatisierungseinrichtungen, so können die Qualitätsparameter (z. B. Verluste) nicht eingehalten werden. Daher ergibt sich als Forderung:

Die hydraulischen Druckströme müssen hin-

sichtlich der Funktion der Automatisierungseinrichtungen voneinander unabhängig sein bzw. dürfen sich nicht gegenseitig beeinflussen.

Die Realisierung dieser Forderung muß in Abhängigkeit von Wirkungsgrad, Ökonomie und Zuverlässigkeit entschieden werden.

Die elektrische Hauptleistung für die Automatisierungseinrichtungen wird zum Betätigen der Steuerventile für die hydraulischen Stellglieder benötigt. Je Schaltzustand der einzelnen Automatisierungseinrichtungen tritt demzufolge ein stark diskreter Leistungsbedarf auf (der Leistungsbedarf eines elektrischen Stellgliedes beträgt etwa das 3fache der Leistung für die informationsverarbeitende Elektronik).

Schalten mehrere Automatisierungseinrichtungen gleichzeitig, so kann über den Leitungswiderstand vom Akkumulator zum Hauptgefäß-System ein Spannungsabfall auftreten, der zu Störungen in der Informationsverarbeitung der Regeleinrichtung führen kann. Daher ergibt sich als weitere Forderung:

Die Leitungsverbindung zwischen Akkumulator und Elektronik-Hauptgefäß ist kurz zu halten und im Querschnitt ausreichend zu dimensionieren.

Diese Forderung gilt in Analogie auch für den Hydraulikkreis.

Die Leitungsverbindung zwischen Akkumulator und Elektronik-Hauptgefäß ist kurz zu halten und im Querschnitt ausreichend zu dimensionieren.

Diese Forderung gilt in Analogie auch für den Hydraulikkreis.

Diese Forderung gilt in Analogie auch für den Hydraulikkreis.

3.3. Rückwirkungskopplung der Automatisierungseinrichtungen untereinander

Zur Beurteilung der Rückwirkungskopplung der Automatisierungseinrichtungen wird der normale technologische Prozeß unter Einbeziehung des Feder-Masse-Systems der Erntemaschine betrachtet.

Keine normalen technologischen Prozeßzustände sind demzufolge z. B.

- Ausfall einer Automatisierungseinrichtung
- Havarie-Ausbewegung des Verladeelevators zur Verhinderung einer Kollision.

Durch theoretische Abschätzungen und experimentell gestützte Versuchsergebnisse konnte an einem Versuchsmuster einer selbstfahrenden Erntemaschine nachgewiesen werden, daß unter den in Frage kommenden Einsatzbedingungen keine das komplexe Zusammenwirken beeinträchtigenden gegenseitigen Beeinflussungen auftraten. Voraussetzung dazu war allerdings auch die Realisierung der o. g. Forderungen.

Durch theoretische Abschätzungen und experimentell gestützte Versuchsergebnisse konnte an einem Versuchsmuster einer selbstfahrenden Erntemaschine nachgewiesen werden, daß unter den in Frage kommenden Einsatzbedingungen keine das komplexe Zusammenwirken beeinträchtigenden gegenseitigen Beeinflussungen auftraten. Voraussetzung dazu war allerdings auch die Realisierung der o. g. Forderungen.

Durch theoretische Abschätzungen und experimentell gestützte Versuchsergebnisse konnte an einem Versuchsmuster einer selbstfahrenden Erntemaschine nachgewiesen werden, daß unter den in Frage kommenden Einsatzbedingungen keine das komplexe Zusammenwirken beeinträchtigenden gegenseitigen Beeinflussungen auftraten. Voraussetzung dazu war allerdings auch die Realisierung der o. g. Forderungen.

3.4. Systemzuverlässigkeit

Das Zuverlässigkeitsmodell z. B. einer automatisierten selbstfahrenden Erntemaschine besteht im wesentlichen aus in Reihe liegenden Baugruppen, wobei lediglich den Automatisierungseinrichtungen Handsteuerungen parallel zugeordnet sind [4] (Bild 2).

Zur Vereinfachung wird angenommen, daß der Mechanisator dieser Erntemaschine nur eine der Automatisierungseinrichtungen mit Hilfe der Handsteuerung ersetzen kann. Dazu ist es

1) n-MOS n-Metall-Oxid-Halbleiter-Technik; TTL-Kompatibilität Anpassungsfähigkeit einer Schaltungstechnik an TTL-Spannungspegel (wichtig für Austausch, Anpassung, Erweiterung usw.)

aber erforderlich, daß er nicht bereits mit der Normalbedienung der Erntemaschine überbeansprucht ist. Die Redundanz durch die Handsteuerung erstreckt sich nur auf die Regel- bzw. Steuereinrichtungen, d.h. der Mechanisator erhöht anscheinend die Verfügbarkeit der zuerst ausfallenden Einrichtung, indem die Wartezeiten bis zur Reparatur verkürzt werden. Die aus elektronischen Baugruppen bestehenden Regel- und Steuereinrichtungen haben aber im Vergleich zur Gesamtmaschine eine sehr hohe Verfügbarkeit (Werte $\geq 0,99$). Aufgrund dieser hohen Verfügbarkeitswerte kann die Gesamtverfügbarkeit der Erntemaschine mit Hilfe der Handsteuerung nur kleiner 1% verbessert werden (Reparaturzeiten verändern sich nicht!).

Ein höherer Anstieg der Verfügbarkeit (auf $< 5\%$) würde erreicht werden, wenn die Handsteuerung die gesamte Automatisierungseinrichtung überbrückt. Dazu wären aber separate Stellglieder erforderlich, die den Aufwand wiederum aus ökonomischer Sicht nicht rechtfertigten.

Aus diesem Grund ist es sinnvoll und ökonomisch, für eine ausgefallene Automatisierungseinrichtung eine Arretierung des Stellgliedes in Arbeitsstellung vorzunehmen (außer für die automatische Lenkung). Diese Maßnahme überbrückt die gesamte Automatisierungseinrichtung und läßt i. allg. einen weiteren Einsatz der Erntemaschine mit verringerter Effektivität zu.

Nach diesen Voraussetzungen läßt sich das Zuverlässigkeitsmodell der Gesamtmaschine als reines Reihenmodell mathematisch einfach beschreiben.

3.5. Einsatzmöglichkeiten der Mikroelektronik
Der Einsatz von niedrig- und mittelintegrierten Schaltkreisen wurde in der Entwurfskonzeption jeder Automatisierungsbaugruppe vorrangig berücksichtigt und realisiert.

An dieser Stelle soll mehr auf die Einsatzmöglichkeiten von Mikroprozessorsystemen und Mikrorechnern eingegangen werden. Mikroprozessorsysteme lassen sich bevorzugt einsetzen bei

— einer Vielzahl zu realisierender Funktionen

- der Realisierung komplexer (komplizierter) Funktionen
- hoher Flexibilität der Funktionen
- hoher Anzahl der Eingangsdaten
- hoher Anzahl benötigter Zwischenspeicherungen.

Die technische Realisierung aller Automatisierungsbaugruppen mit einem Mikroprozessorsystem erfordert prinzipiell die Überarbeitung des Automatisierungsproblems. Es sind die notwendigen, dem Mikroprozessorsystem gerecht werdenden Informationsaufnahmen, ggf. neue Informationsquellen sowie -ausgaben, neu zu überdenken und zu konzipieren. Für einen ökonomischen Einsatz müssen die Möglichkeiten dieser neuen Technik genutzt werden.

Neben der Gebrauchswertverbesserung z. B. durch höhere Qualität und Leistung kann auch die Zuverlässigkeit der Gesamtmaschine gesteigert werden. Diese Zuverlässigkeitserhöhung bezieht sich nicht nur auf die elektronischen Baugruppen, sondern auch auf die mechanischen und hydraulischen Baugruppen. So wird z. B. durch eine Tendenzeinschätzung der Störgrößen durch das Mikroprozessorsystem und die damit verbundenen geringeren Operationen der Stellglieder der Verschleiß je Einsatzzeit geringer.

Der direkte Ersatz der bestehenden diskreten Informationsverarbeitung durch ein Mikroprozessorsystem ist i. allg. zwar technisch möglich (Programmierbarkeit des Automatisierungsproblems), bringt aber für die betrachteten Anwendungsfälle keine ökonomische Lösung, da dann das Mikroprozessorsystem mehr oder weniger nur als überorganisierter Schalter eingesetzt ist und die Möglichkeiten eines Mikroprozessorsystems nicht voll genutzt werden.

Für die Komplexautomatisierung von selbstfahrenden Erntemaschinen kommt daher einem mit Dateneingabe- und Datenausgabeeinheiten zu einem Mikrorechner erweiterten Mikroprozessorsystem mehr Bedeutung zu. In diesem Fall übernimmt der Mikrorechner die Prozeßsteuerung aller Automatisierungseinrichtungen und steht zusätzlich dem Mechanisator für einen Daten-Dialog zur Ver-

fügung. Solche Abruf-Daten können sein:

- allgemeiner technischer Zustand der Erntemaschine
- Bedienung (Bedienanweisung ist gespeichert)
- notwendige Wartungs- und Pflegearbeiten
- Fehlersuchhinweise
- Reparaturen (Reparaturanleitung ist gespeichert)
- erreichte Leistungen in der laufenden Schicht
- technologische Zeitelemente (z. B. T_1, T_4 usw.).

Mit dem Mikrorechner (Mikroprozessorsystem) kann eine Vielzahl von Ist-Daten mit Sollwerten verglichen und verarbeitet werden, so daß die bisherigen Bemühungen zur meßtechnischen Kontrolle des technologischen Flusses auf die Kontrolle des technologischen und technischen Prozesses ausgeweitet werden können.

4. Zusammenfassung

Die Autoren machen in ihrem Beitrag auf einige Schwerpunkte und Aspekte bei der Entwicklung von Automatisierungs- und Elektronikbaugruppen für selbstfahrende Erntemaschinen aufmerksam. Neben den Vereinheitlichungsgrundsätzen und -prinzipien kommt den Betrachtungen über die Systemzuverlässigkeit und den technisch-ökonomischen Einsatzmöglichkeiten eines Mikrorechnersystems eine besondere Bedeutung zu. Aus den Untersuchungen ergeben sich Schlußfolgerungen, die bei der Entwicklung von Automatisierungseinrichtungen zu beachten sind.

Literatur

- [1] Honecker, E.: Bericht des ZK der SED an den X. Parteitag der SED. Berlin: Dietz Verlag 1981, S. 70 ff.
- [2] Kielhorn, K., u. a.: Automatisierungsprozesse an selbstfahrenden Erntemaschinen. Kombinat Fortschritt Landmaschinen, VEB Weimar-Werk, HA Forschung, Studie 3/79 (unveröffentlicht).
- [3] Mittag, G.: Aus dem Bericht des Politbüros an die 13. Tagung des ZK der SED vom 11./12. Dez. 1980. Berlin: Dietz Verlag 1980, S. 42.
- [4] Runki, P., u. a.: Ermittlung der Systemzuverlässigkeit. ILT Leipzig, Studie 1978 (unveröffentlicht). A 3320

Effektiver Einsatz von Dieselkraftstoff bei Transport und Umschlag in der Landwirtschaft

Prof. Dr. sc. agr. K. Mührel, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Für die Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse (TUL-Prozesse) werden knapp 50% des DK-Gesamtverbrauchs der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft eingesetzt. Am energieaufwendigsten sind die TUL-Prozesse in der Pflanzenproduktion. Hier werden mehr als 45% des DK für die TUL-Arbeiten verbraucht. Der Energieeinsatz für Transport und Umschlag ist in vergleichbaren Zeiträumen gegenüber dem Gutaufkommen schneller gestiegen (Tafel 1). Die Ursachen sind in einem höheren Transportaufwand zu suchen. Zu dem gestiegenen Transportaufwand haben die gesellschaftliche Entwicklung, betriebswirt-

schaftliche sowie technologische Maßnahmen, also objektive und subjektive Umstände beigetragen. Großen Einfluß haben die gestiegenen Transportentfernungen.

Hey und Huhn [1, 2] weisen eindeutige Abhängigkeiten der Transportentfernungen von der Betriebsgröße nach. Deutlich wird dabei, daß bei den Gutarten mit dem höchsten Massenanteil, also Futter, Stallung und Gülle (Tafel 2), ein starker Anstieg der Transportentfernungen mit offensichtlich exponentiellem Verlauf zu verzeichnen ist (Bild 1). Sonstige landwirtschaftliche Güter folgen li-

nearnen Abhängigkeiten mit leichten bis mittleren Anstiegen.

Der gestiegene Transportaufwand wird ebenfalls durch höhere Transportentfernungen verursacht. Sie resultieren aus steigenden Erträgen, einer zunehmend ungünstigeren Gutartenstruktur, wenig transportgünstigen Verfahren und schließlich aus der zunehmenden Arbeitsteilung. Ursächlich hängen damit auch der gewachsene Berufsverkehr und größere Feldfahrstrecken durch größere Schläge mit höherem DK-Einsatz zusammen.

Wenn im folgenden der effektive Einsatz von DK bei Transport und Umschlag in der