

# Zur Anwendung moderner Mittel und Methoden bei der Meßwertgewinnung und -verarbeitung als Voraussetzung für die Automatisierung landtechnischer Arbeitsmittel

Dozent Dr. sc. techn. D. Troppens, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik  
 Dr. agr. habil. K. Baganz, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## 1. Einleitung

Eine wichtige Voraussetzung für die Realisierung der Automatisierung sind die Informationen über den Ablauf der Prozesse in den landtechnischen Arbeitsmitteln, die nach entsprechender Bewertung für die Auslösung von Veränderungen genutzt werden können. Im Ergebnis der Entwicklung der Mikroelektronik und bei der Prüfung der Anwendbarkeit der vielfältigen Möglichkeiten mußte immer wieder festgestellt werden, daß vor allem an den Schnittstellen zwischen den zu automatisierenden Objekten und den Elektroneinheiten, die die Informationen aufbereiten und Steuer- oder Regelbefehle auslösen, Probleme bei der Realisierung entstehen [1]. Das betrifft die Schnittstellen sowohl bei der Meßwertgewinnung als auch bei den Stelleinrichtungen. Im folgenden Beitrag soll speziell auf die Probleme und Ansätze zu ihrer Lösung für den ersten Fall eingegangen werden.

## 2. Probleme bei der Entwicklung von Meßeinrichtungen

Ein Problem ist die unzureichende Kenntnis der Prozesse, die automatisiert ablaufen sollen. Die Unkenntnis kann vielfach nur durch experimentelle Untersuchungen abgebaut werden, d. h., es sind geeignete Meßeinrichtungen erforderlich. Diese können sich von den in der Automatisierungstechnik zur Anwendung gelangenden Meßeinrichtungen unterscheiden, denn ein höherer Aufwand ist möglich, und die Lebensdauer kann auf den notwendigen Untersuchungszeitraum notfalls beschränkt bleiben. Andererseits ist in der experimentellen Forschung eine sehr hohe Genauigkeit wünschenswert, da man erst nach der Auswertung der Untersuchungen abschätzen kann, wie hoch die Genauigkeit für die Automatisierungsmittel gewählt werden muß. So ist es seit etwa 20 Jahren üblich, elektronische Geräte für die experimentelle Forschung einzusetzen, und man hat diese unter Nutzung der Mikroelektronik immer mehr vervollkommen. Andererseits wurde versucht, möglichst mit einfachen mechanischen bzw. hydraulischen und pneumatischen Mitteln Steuer- und Regelaufgaben zu lösen, um eine höhere Zuverlässigkeit zu erstellen. Diese ist aber oft nur durch den gewohnten Umgang mit dieser Technik bedingt. Eine derartige Konstellation begrenzt jedoch die Möglichkeit bei der Automatisierung der Prozesse in komplizierteren Systemen, und der mechanische Aufbau ist bei einer noch so hohen Vollkommenheit der begrenzende Faktor bezüglich Zuverlässigkeit, Material- und Energieaufwand, Dynamik u. a. Die Entwicklung von elektrischen Einrichtungen für die Informationsgewinnung mit hoher Zuverlässigkeit, d. h. oft mit guter Anpassung an die Arbeitsbedingungen in landtechnischen Arbeitsmitteln, wurde nicht zielstrebig genug verfolgt. Die Anforderungen an derartige Baugruppen sind in

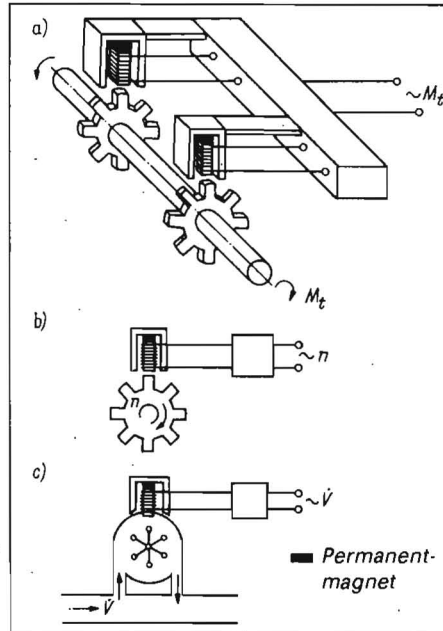


Bild 3. Temperaturmeßwandler  
 a) mit Halbleiterelement (Transistor)  
 b) Schaltung zur Erzeugung einer linearisierten Kennlinie des Halbleiterfühlers nach a) [5]  
 c) prinzipieller Aufbau eines Platindünnschichtfühlers

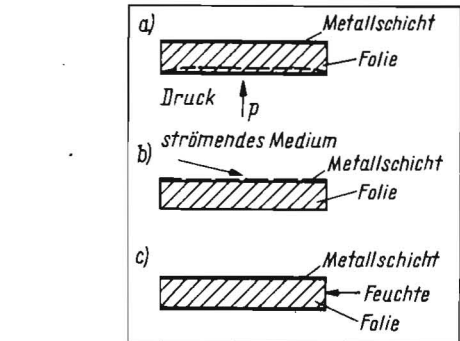
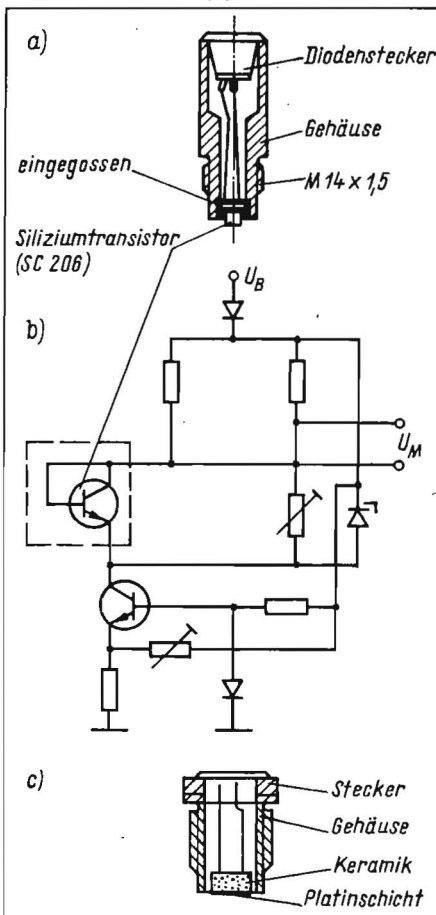


Bild 2. Meßwandler mit dem Aufbauprinzip Folie-Metallschicht [4]  
 a) zur Druckmessung  
 b) zur Strömungsgeschwindigkeitsmessung  
 c) zur Feuchtemessung

Bild 1. Meßwandler nach dem Induktionsprinzip  
 a) zur Drehmomentmessung [2]  
 b) zur Drehzahlmessung [3]  
 c) zur Volumenstrommessung [3]

anderen Industriezweigen nicht so wesentlich verschieden, so daß Entwicklungen aus diesen Bereichen bei geringfügiger Anpassung bzw. auf der Grundlage des gleichen Prinzips verwendet werden können. Universell einsetzbare Sensoren, d. h. Meßwertempfänger mit elektrischem Ausgang bei evtl. bereits aufbereiteter Meßinformation (s. a. [1]), haben den Vorteil, daß sie in großer Stückzahl produziert werden können und einen Entwicklungsstand aufweisen, der eine hohe Zuverlässigkeit garantiert, und daß trotzdem ein zumutbarer Preis zustande kommt.

## 3. Beispiele für moderne elektronische Meßwertempfänger

Beispiele für Entwicklungen von Meßwählern für Sensoren sind in den Bildern 1 bis 3 dargestellt. Für Versuchszwecke, aber auch im Maschinenbau und im Ausland sind folgende Meßwertempfänger zur Anwendung gelangt:

- Druck-, Kraft- und Wegaufnehmer der Dehnungsmeßstreifen-Technik (DMS-Technik) bzw. induktive (differentialtransformatorische) Meßwandler, deren Eigenschaften (Abmessungen, Zuverlässigkeit, Preis u. a.) noch günstiger gestaltet werden können, wie es international übliche Aufnehmer beweisen (Bild 2a)
- Drehmomentenaufnehmer mit DMS-Technik und drahtloser (schleifringfreier) Meßwertübertragung oder andere Lösungen, die noch einfacher aufgebaut werden können, wie z. B. das Phasenmeßverfahren mit Hilfe von Induktionsimpulsen von Zahnrädern auf der tordierten Welle (Bild 1a)
- Drehzahlmessung über frequenzanaloge Impulssignale (ähnlich dem bereits bei ei-

nigen Landmaschinen verwendeten Meßprinzip oder gemäß Bild 1b)

- Geschwindigkeitsmessung mit Hilfe von Schall- bzw. elektromagnetischen Wellen nach dem Doppler-Prinzip (Verkehrsradar)
- Durchflußmessung bei Flüssigkeiten mit Hilfe von frequenzanaloger Signalerzeugung über Flügelrad (oder ähnlich gestaltete Elemente), dessen Drehzahl gemessen wird (Bild 1c) [3]
- Weg- und Winkelmessung über inkrementale Geber bzw. optoelektronische Meßprinzip
- Temperaturmessung mit Hilfe von Halbleiter- oder Platinfolietemperaturfühlern (Bild 3) anstelle von Thermoelementen oder Platindrahtfühlern
- Feuchtemessungen bei Gasen mit Fühlern aus speziellen hygroskopischen Folien (Gundaufbau nach Bild 2c), während für Gutfeuchtemessungen immer noch befriedigende Lösungen für hohe Gutfeuchten (> 40 %) gesucht werden
- Körnerverluste mit Hilfe vibroakustischer Aufnehmer.

In den Bildern 1 bis 3 werden Wandlerprinzipie für moderne Sensoren dargestellt, die einen einfachen und zuverlässigen Aufbau haben und befriedigende Ergebnisse bringen können, wenn sie mit elektronischen Meßwertaufbereitungseinheiten gekoppelt werden. Damit können auch die digitalen Ausgangssignale erzeugt werden, die für die Mikroprozessoransteuerung erforderlich sind. Bei traditioneller Analogsignalerzeugung sind Analog-Digital-Umsetzer (AD-Wandler) zwischenzuschalten.

#### 4. Beispiele lösbarer Automatisierungsaufgaben

Auf der Basis der vorgestellten Meßwertaufnehmer sind z. B. folgende Aufgaben der Steuerungs- und Regelungstechnik in der Landtechnik (bei eventueller Einbeziehung des Menschen in der ersten Realisierungsstufe) lösbar, wenn es gelingt, Rechenprogramme zur Ableitung der Ausgangsgrößen zu finden:

- Durchsatzregelung bei Mähdreschern  
Meßgrößen: Verluste am Schüttler, Drehmomente, Drehzahlen, Fahrgeschwindigkeiten u. a.
- Regelung der Antriebseinheit zur Erzielung eines optimalen Kraftstoffverbrauchs  
Meßgrößen: Drehzahlen, Drehmomente, Regelstangenweg, Drücke, Fahrgeschwindigkeit, Schlupf u. a.
- Regelung der Arbeitstiefe von Bodenbearbeitungswerkzeugen  
Meßgrößen: Drehzahlen, Fahrgeschwindigkeiten, Drehmomente, Kräfte, Arbeitstiefe, Bodenrelief u. a.
- Lenkung von Fahrzeugen  
Meßgrößen: Wege, Winkel, Signale von Leiteinrichtungen, Fahrgeschwindigkeit u. a.
- Steuerung der Futterdosierung  
Meßgrößen: Tiermasse, Milchmenge, Masse der Futterkomponenten, Fördergeschwindigkeit u. a.
- Steuerung und Kontrolle des Melkprozesses  
Meßgrößen: Zeit, Milchfluß, Vakuumdrücke u. a.
- Steuerung von Transport- und Umschlagprozessen  
Meßgrößen: Zeit, Transportgeschwindigkeit,

Bild 5 Schematische Darstellung der Mikrorechnerplatte für landtechnische Automatisierung aus dem Institut für Radioelektronik Sofia (VRB)

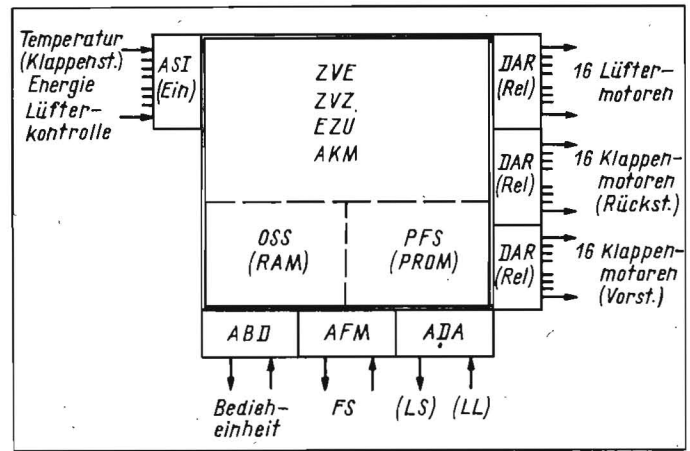
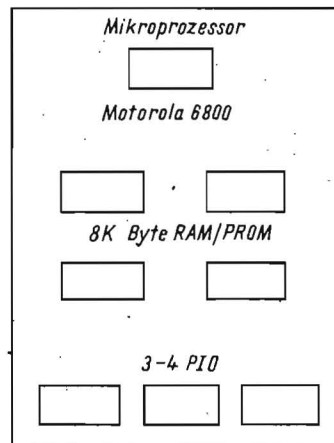


Bild 4. Konfiguration eines Mikrorechners (K 1510) für die Belüftung eines Lagers; ZVE zentrale Verarbeitungseinheit, ZVZ, EZU Interrupt-Ergänzungsbausteine, OSS Operativspeicher, AKM Akkumodul zur „Notstromversorgung“ des OSS, PSF Festwertspeicher, ASI Anschlußsteuerung für Interface Si 1.2, DAR Digitalausgabe für Relais, ABD Anschlußsteuerung für Bedieneinheit, ADA Anschlußsteuerung für daro-Geräte, AFM Anschlußsteuerung für Fernschreibmaschine



keiten, Drehzahlen, Drehmomente, Kräfte, Endlagen u. a.

- Klimaregelungen, Trocknungsanlagenregelungen

Meßgrößen: Temperaturen, Feuchtigkeitswerte von Luft und Gütern, Luftströme, Gutströme u. a.

Neben diesen traditionellen Steuerungs- und Regelungsprozessen innerhalb einer Maschine, eines Maschinensystems und einer Anlage werden auch solche Aufgaben, die mit Hilfe von EDVA bereits mehr oder weniger gut gesteuert wurden, durch Anwendung der Mikroelektronik schneller und bequemer lösbar, wenn die notwendigen Da-

ten (resultierend aus Meßwerten) eingegeben werden können, z. B. Planung und Leitung, Abrechnung, Steuerung der Instandhaltung über Diagnosedaten u. a.

#### 5. Meßwertaufbereitung mit Mikroprozessoren

War man bei der bisherigen Steuerung und Regelung, besonders bei automatisierten Lösungen, bestrebt, möglichst wenige Meßdaten zu verwenden, um die technische Realisierung überschaubar zu gestalten und deshalb auch Kompromißlösungen in Kauf nahm, so kann man eine Qualitätsverbesserung bzw. eine noch befriedigendere Lösung durch den Mikroprozessor gerade dadurch erzielen, indem mehr Informationen ausgewertet werden.

##### 5.1. Allgemeiner Aufbau eines Mikroprozessors

Mit dem Bauelement „Mikroprozessor“ steht eine digitale Recheneinheit zur Verfügung, die die schnelle Abarbeitung umfangreicher Verarbeitungs- und Entscheidungsalgorithmen ermöglicht. Von den in der DDR angebotenen Mikroprozessoren mit einer Wortbreite von 8 bit (8 bit = 1 Byte, entspricht dem Zahlenbereich  $0 \dots 2^8 = 0 \dots 256$ ) wird der wenig leistungsfähige U 808 zweckmäßig auf langsam ablaufende Steuer- und Regelaufgaben beschränkt (z. B. Klimatisierung, Belüftung), während der Mikroprozessor U 880 für das

Tafel 1. Ausgewählte Kennwerte von Robotron-Mikrorechnern

Leistungsmerkmal	K 1510	K 1520	K 1620
Mikroprozessor	U 808	U 880	K 2662
Befehlsausführungsdauer	12,6 ... 46,2 µs	1,6 ... 9,2 µs	3,0 ... 17,4 µs
adressierbarer Speicher	16 K Byte	64 K Byte	64 K Byte
Wortbreite	8 bit	8 bit	16 bit
Befehlsanzahl (einschl. Modifikationen)	48 (222)	158 (696)	(rd. 400)
Unterbrechungssystem	8 Ebenen (markierbar)	1 Ebene (unmarkierbar); „unbegrenzte“ vektororganisierte Unterbrechungsmöglichkeit (markierbar)	5 vektororganisierte Ebenen (davon 1 DMA-Ebene)
Arbeitsregister	7	14 in 2 unabhängigen Blöcken sowie 2 spezielle 16-Bit-Indexregister	8
Datenbehandlung	8 bit	16, 8, 4, 1 bit	16, 8 bit

gesamte Spektrum der Automatisierungsaufgaben einsetzbar ist.

Neben der Recheneinheit sind für ein arbeitsfähiges Mikrorechnersystem noch Speicher für das Programm und die Arbeitsdaten erforderlich. Entsprechend den Automatisierungsaufgaben wird für den Rechner ein EDV-Programm fest, d. h. nicht mehr variierbar, auf sog. Festwertspeicher PROM eingeschrieben. Für die variablen Arbeitsdaten stehen Operativspeicher RAM zur Verfügung, die ohne besondere Zusatzmodule bei Spannungsausfall ihre Information verlieren.

Der Datentransfer vom Prozeß zum Rechner (d. h. Meßwerte) und vom Rechner zum Prozeß (Steuerwerte) und zu den Anzeigegeäten (Bedienerinformationen) wird meist über PIO-Bauelemente abgewickelt.

Alle aufgeführten Baugruppen erfordern zusätzlich noch Stromversorgungseinrichtungen, meist mit unterschiedlichen Spannungen. Im Bild 4 ist der Aufbau eines Mikrorechners am Beispiel der Anwendung zur Steuerung der Belüftung eines Lagers dargestellt.

## 5.2. Realisierungsprobleme für Hard- und Software

Beim Einsatz von Automatisierungsmitteln auf Mikroprozessorbasis darf nicht übersehen werden, daß zu der gewohnten Hardware-Komponente, d. h. der Zusammenschaltung der genannten Baugruppen, als neue Aufgabe die Erstellung des erforderlichen

EDV-Programms, d. h. Softwarekomponente, kommt. Zur praktischen Anwendung stehen drei Möglichkeiten des Einsatzes dieser Baugruppen zur Verfügung:

- universelle Regler mit vom Hersteller programmierten Baugruppen  
Bei diesen Baugruppen wird sowohl die Hardware als auch die Software bereits fertig implementiert geliefert, so daß der Kunde nur die spezifischen Prozeßanpassungen zu lösen hat.
- industriell gefertigte Mikrorechner  
Bei diesen Geräten wird die Hardware vom Hersteller betriebsfertig montiert geliefert. Der Kunde hat die Softwarelösung und die Prozeßanpassung zu erarbeiten.
- Eigenbaulösungen  
Bei dieser Variante sind durch den Nutzer sowohl der Hardwareaufbau als auch die Programmierung und die Prozeßanpassung zu lösen.

Bei den für einen breiteren Einsatz vorgesehenen Universal-Lösungen bleiben gegenüber den Spezialausführungen Möglichkeiten ungenutzt. Aus reinen Kostenbetrachtungen ergibt sich dann häufig die Tendenz zur Eigenbaulösung. Wird aber in den Betrachtungen der notwendige Aufwand für Hardware- und Softwareentwicklung sowie für den Aufbau einer entsprechenden Hardware-Serienfertigung einbezogen, verschieben sich die Beurteilungsparameter. So bieten für landtechnische Anwendungen Baugruppensteckkarten aus den serienmäßigen Mikrorechnern der Baureihen K 1510 und

K 1520 (und für Sonderfälle K 1600) eine durchaus akzeptable Lösung. In Tafel 1 sind ausgewählte Kennwerte von Robotron-Mikrorechnern gegenübergestellt. Bei größeren Stückzahlen dürfte auch eine kostengünstigere „Landmaschinen-Mikrorechnerkarte“, wie sie z. B. als Einzelsteckkarte (Bild 5) im Institut für Radioelektronik Sofia (VRB) mit 1 Mikroprozessor (8 K Byte RAM + PROM und 3 PIO) entwickelt wurde, eine für den DDR-Landmaschinenbau vertretbare Lösung für eine Eigenentwicklung sein. Mit einem solchen „Standard-Rechner“ wäre nach den bisherigen Erfahrungen ein wesentlicher Teil der vorrangigen Aufgaben hinsichtlich der Speicherkapazität lösbar.

## Literatur

- [1] Töpfer, H.; Roth, M.; Kollar, L.: Zur Automatisierung landtechnischer Arbeitsmittel und Prozesse unter Beachtung der Mikroelektronik. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 10, S. 432-435.
- [2] Kolčin, A. V., u. a.: Datčki dlja tehničkogo diagnostirovanija traktorov i složnych s.-ch. mašin (Geber für die technische Diagnose von Traktoren und komplizierten Landmaschinen). Minsk: Vyšeišaja škola 1978.
- [3] Elema, H. M.: Elektronika in landbouwmachines (Elektronik in Landmaschinen). Bedrijfsontwikkeling, den Haag 13 (1982) 4, S. 342-327.
- [4] Fuchs, H.: Sensoren - Bindeglied zwischen Prozeß und Automatisierungseinrichtungen. messen - steuern - regeln, Berlin 25 (1982) 5, S. 277-278.
- [5] Maack, H.-H., u. a.: Verfahrens- und geräte-technische Aspekte der technischen Diagnostik. Maschinenbautechnik, Berlin 30 (1981) 8, S. 367-370. A 3860

# Technische und ökonomische Gesichtspunkte für automatisierungsgerechte Antriebskonzeptionen von Landmaschinen

Dr. sc. techn. E. Hlawitschka, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## 1. Einführung

Unter dem Aspekt der Einsparung von Material, Energie und Arbeitszeit gewinnen die Antriebe von Landmaschinen und landtechnischen Anlagen immer größere Bedeutung, wobei immer mehr auch die Belange der Automatisierungstechnik berücksichtigt werden müssen. Die rasche Entwicklung der Steuerungs- und Regelungstechnik, vor allem die Nutzung der Mikroelektronik, schafft Möglichkeiten, die konventionellen Antriebe, wie z. B. Dieselmotoren, Elektromotoren oder hydraulische und pneumatische Baugruppen, hinsichtlich ihrer quantitativen und qualitativen Merkmale wesentlich zu verbessern.

In Landmaschinen bewähren sich die hydraulischen Antriebe seit langem, und die Tendenz der weiteren Zunahme hydraulischer Geräte am Gesamtumfang der Maschine hält an. So beträgt z. B. der Hydraulikbesatz am Mähdrescher E 516 24 % gegenüber 4 % am Mähdrescher E 512. Sicher liegt eine Ursache für die immer häufigere Verwendung hydraulischer Geräte auch darin, daß neben reinen Antriebsaufgaben durch die Hydraulik auch praktikable Möglichkeiten der Steuerung und Regelung der

Arbeitsprozesse nachgeschalteter Arbeitsorgane geschaffen werden.

Nachfolgend sollen einige Gesichtspunkte genannt werden, die auf den allgemeinen Forderungen basieren, die die Automatisierung von Prozessen betreffen.

## 2. Technische Aspekte

Als wesentliche Voraussetzung zur Realisierung von Automatisierungsaufgaben gilt, daß die wichtigsten, den Antrieb kennzeichnenden Parameter bekannt und erfaßbar sein müssen. Bei der darauffolgenden Analyse des Antriebsproblems sind die Forderungen an die technischen Größen, z. B. an Drehmoment, Drehzahl, Wirkungsgrad, Energieverbrauch usw., und deren zulässige bzw. gewünschte Abweichungen vom Sollwert exakt und ohne Überspitzung zu formulieren. Überhöhte Forderungen führen meist zu komplizierten und teuren Lösungen. In der landtechnischen Praxis haben sich unkomplizierte Anlagen bewährt. Sie geben die beste Garantie für eine hohe Zuverlässigkeit des Gesamtaggregate. Durch eine gründliche Analyse der den Antrieb kennzeichnenden Parameter können die Art und der Umfang

der Automatisierungseinrichtung wesentlich beeinflußt werden.

Eine weitere Grundlage für die Automatisierung von Antriebssystemen ist die Forderung, daß die den Antrieb charakterisierenden Größen meßbar sind und gemessen werden können. Während die Meßbarkeit von technischen und physikalischen Größen der Antriebe meist gegeben ist, sind jedoch die Aufwendungen zur Erfassung bestimmter Größen sehr unterschiedlich. So ist z. B. das Messen der Drehzahl, der Stromstärke bei elektrischen Anlagen, des Drucks in Hydraulik- und Pneumatikanlagen usw. mit einfachen Meßgeräten möglich. Sobald jedoch Drehmomente, Kräfte, Massenströme, Beschleunigungen usw. bestimmt werden müssen, wachsen die Aufwendungen, und die Möglichkeiten der Automatisierung werden eingeschränkt. Daher besteht eine wichtige Aufgabe darin, zu entscheiden, ob die zu beeinflussende Größe direkt gemessen werden soll oder ob eine andere Größe, die in einem determinierten Zusammenhang zur ersteren steht, aber einfacher zu erfassen ist, als Signalgröße verwendet wird. Als Beispiel sei hier erwähnt, daß bei hydrostatischen Antrieben zwischen dem Druck und dem Dreh-