

## Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [ 1 ] *Renius, K.Th.*: European tractor transmission design concepts (Konzepte Europäischer Schleppergetriebe). ASAE-paper No. 76-1526 (1976).
- [ 2 ] *Renius, K.Th.*: Langfristige Entwicklungstendenzen bei Traktoren. Vortrag 20.5.1977, Lehrstuhl Landtechnik und Baumaschinen der TU Berlin.
- [ 3 ] *Renius, K.Th.*: Neuere Getriebekonzeptionen für landwirtschaftliche Schlepper. Grundl. Landtechnik Bd. 24 (1974) Nr. 2, S. 41/46.
- [ 4 ] KHD: Firmenschriften zur Traktorenbaureihe DEUTZ DX 85, 90, 110, 140, 160. KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ AG, Köln, Frühjahr 1978.
- [ 5 ] DIN 323: Normzahlen und Normzahlreihen.
- [ 6 ] *Meyer, H. u. H.H. Coenenberg*: Welche Stufung der Fahrgeschwindigkeiten sollte der Schlepper haben? Landtechnik Bd. 14 (1959) Nr. 21, S. 710/13.
- [ 7 ] *Blumenthal, R.*: Getriebestufung für Ackerschlepper. Deutsche Agrartechnik Bd. 7 (1957) Nr. 1, S. 7/13.
- [ 8 ] • *Seifert, A.*: Ackerschlepper in "Hütte des Ingenieurs Taschenbuch" Maschinenbau (II), Teil B, 28. Aufl. Berlin: Verlag Ernst & Sohn 1960.
- [ 9 ] *Meyer, H.*: Probleme der Schlepperentwicklung. Grundl. Landtechnik Nr. 9 (1957) S. 10/19.
- [ 10 ] *Wendeborn, J.O.*: Zur Stufung der Fahrgeschwindigkeiten der Ackerschlepper. Landt. Forschung Bd. 17 (1967) Nr. 5, S. 129/34.
- [ 11 ] *Kühlborn, H.*: Fahrgeschwindigkeiten und Getriebestufungen der Ackerschlepper. Landtechnik Bd. 25 (1970) Nr. 7, S. 202/208.
- [ 12 ] *Lüpfert, U.*: Ermittlung und Anwendung von Lastkollektiven im Traktorenbau. Grundl. Landtechnik Bd. 23 (1973) Nr. 1, S. 7/10.
- [ 13 ] *Renius, K.Th.*: Last- und Fahrgeschwindigkeitskollektive als Dimensionierungsgrundlagen für die Fahrgetriebe von Ackerschleppern. Fortschritt-Ber. VDI-Z, Reihe 1, Nr. 49 Düsseldorf: VDI-Verlag 1976.
- [ 14 ] *Jenkins, A.J.*: Power and life investigations of the farm tractor drive components (Untersuchungen der Belastung und Lebensdauer der Ackerschlepper-Getriebeelemente). Transactions SAE Bd. 68 (1960) S. 49/52.
- [ 15 ] *Söhne, W.*: Ackerschlepper 1976. ATZ Automobiltechn. Z. Bd. 78 (1976) Nr. 9, S. 369/74.
- [ 16 ] *Renius, K.Th.*: Grundkonzeptionen der Stufengetriebe moderner Ackerschlepper. Grundl. Landtechnik Bd. 18 (1968) Nr. 3, S. 97/106.
- [ 17 ] *Renius, K.Th.*: Die neueren Getriebeentwicklungen bei Ackerschleppern. VDI-Z Bd. 115 (1973) Nr. 11, S. 930/36.

---

## Mikroelektronik – Trends und Einsatzmöglichkeiten

Von Hermann Speckmann und Wolfgang Paul,  
Braunschweig-Völkenrode\*)

Mitteilung aus dem Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft,  
Braunschweig-Völkenrode

DK 62-53:621.3

In den vergangenen Jahren war die Entwicklung auf dem Gebiet der Elektronik gekennzeichnet durch die immer dichter werdende Integration von Schaltkreisen in einem Bauteil. Herausragendes Beispiel für diese Großintegration ist der Mikroprozessor, der sich heute schon bis zum Ein-Chip-Mikrocomputer auf der einen Seite und bis zu Elementen mit der Leistungsfähigkeit von Miniprozessoren auf der anderen Seite fortentwickelt hat. Mit dieser Entwicklung dringt Rechner-Intelligenz immer mehr aus dem Gebiet der reinen Datenverarbeitung in Einsatzgebiete der Meß-, Steuer- und Regeltechnik ein und wird damit auch für Anwendungen in der Landtechnik interessant. Im Beitrag wird auf die Einsatzmöglichkeiten der Mikroelektronik, auf Kosten, Voraussetzungen und Trends eingegangen.

### 1. Einleitung

Mit dem Eindringen der Mikroelektronik in die Meß- und Automatisierungstechnik befindet sich diese "technologische Schlüsselbranche" in einem Innovationsschub, der durch den zunehmenden Einsatz von Mikrocomputern gekennzeichnet ist. In der Automatisierungstechnik geht es dabei um die Aufgabe, charakteristische Zustandsgrößen eines Prozesses zu erfassen und als elektrisches Analogon darzustellen, die so gewonnenen Daten zu verarbeiten und die Ergebnisse anzuzeigen oder zur Steuerung von Anlagenteilen zu verwenden. Auf diese Weise sollen Produktionsprozesse oder Arbeitsabläufe überwacht, gesteuert oder geregelt werden. Zweck der Automatisierung sind so grundlegende Ziele wie Einsparen von Energie, besseres Nutzen der Rohstoffe, Humanisieren der Arbeitsverhältnisse, Steigern der Produktivität, Verbessern von Produkten, Vermindern von Umweltbelastungen oder Verbessern der Kommunikation z.B. zwischen Mensch und Maschine.

Allein schon an der Vielzahl der anzustrebenden Ziele und deren Wichtigkeit läßt sich erkennen, daß die bisweilen geäußerte Vermutung, bei den mikroelektronischen Bauteilen handle es sich um "Jobkiller", einer übergreifenden Betrachtung nicht standhält. Es ist jedoch zu sehen, daß die Qualität der vom Menschen zu verrichtenden Arbeit durch den Mikrocomputer entscheidend geändert wird, und zwar in Richtung auf Überwachung statt Routine-tätigkeit und in Richtung auf einen relativ hohen Anteil an Anwendungen für Forschung und Entwicklung. Im Beitrag soll deshalb versucht werden, einige grundsätzliche Entwicklungen und Prinzipien der Mikroelektronik darzustellen und auf ihre Auswirkungen zu untersuchen, um Kriterien für den Einsatz auch in der Landtechnik zu gewinnen.

---

\*) *Dipl.-Ing. H. Speckmann und Dr.-Ing. W. Paul sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Batel) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.*

## 2. Struktur der mikroelektronischen Systeme

Die grundlegende Struktur eines elektronischen Systems, so wie es hier interessiert, kann man aufteilen in Informationserfassung, Informationsverarbeitung und Informationsausgabe. Zusätzlich benötigt man für das System eine Stromversorgung sowie für die zentrale Informationsverarbeitung die entsprechenden Programme (Software). Die Anteile an den Kosten eines elektronischen Systems werden in [1] geschätzt auf nur 25 % als Kosten für die Hardware der Informationsverarbeitung (Mikrocomputer), dagegen auf 35 % für die Hardware von Sensoren, Aktoren und Stromversorgung und auf 40 % für Softwarekosten. Diese einzelnen Teile eines elektronischen Systems werden im folgenden besprochen.

### 2.1 Sensoren

Die mit den Mikrocomputern gewonnene große Verarbeitungskapazität für eine Vielzahl von Daten und Rechenschritten kann nur dann sinnvoll genutzt werden, wenn auch eine entsprechende Vielfalt und Vielzahl von preiswerten und kompatiblen Sensoren zur Verfügung stehen. Der Sensor muß dabei den zu messenden Zustand (meist nichtelektrischer Art) in ein elektrisches Signal umwandeln. Das elektrische Signal sollte aufbereitet werden (Verstärkung, Temperaturkompensation etc.) und wird anschließend oftmals digitalisiert. Erst in aufbereiteter Form steht das Signal einem Mikrocomputer zur Verfügung. Für die Abbildung der zu messenden nichtelektrischen Größen auf elektrische Größen bedient man sich verschiedener physikalischer Effekte.

Zur Temperaturmessung nutzt man z.B. die positive oder negative Widerstandsänderung von Halbleitermaterial bei Temperaturänderungen. Heißleiter und Kaltleiter gibt es für die verschiedensten Meßbereiche in den unterschiedlichsten Ausführungen. Typische Einsatzgebiete sind z.B. die Überwachung der Kühlwasser- und Öltemperatur von Verbrennungsmotoren, die Steuerung der Laugtemperatur bei Waschmaschinen und die Regelung von Trocknern. Weitere Beispiele sind die Präzisionsmessung der Temperatur durch Fieberthermometer und die Überwachung der Milchtemperatur während des Melkvorganges zur Steuerung der Melkroutine und zur Erkennung der Brunst. Neben der Temperaturmessung werden die Sensoren auch nach dem Prinzip des Hitzdraht-Anemometers zur Messung von Geschwindigkeiten sowie unter Abwandlung der Methode zur Füllstandsüberwachung eingesetzt.

Strahlungsintensitäten, insbesondere solche des sichtbaren Lichtes, werden mit fotoelektrischem Halbleitermaterial gemessen. Fotodioden sind für eine Vielzahl von Wellenlängen und Intensitäten erhältlich. Einsatzgebiete sind neben den zahlreichen Anwendungsgebieten in der Fotoindustrie z.B. die Messung von Wärmestrahlung, die Nachrichtenübermittlung durch Infrarotstrahlung oder die Überwachung von Brennern. Einsatzgebiete sind ferner die Helligkeitsregelung von Gewächshäusern oder der Aufbau von Lichtschranken. In ausgeweiteter Form dienen Sensorfelder zur Mustererkennung. Integrierte optische Reflexsensoren eignen sich zum Zählen, Sortieren und zur Oberflächenabtastung.

Die Position wie auch die Bewegung von Gegenständen läßt sich mit verschiedenen physikalischen Prinzipien erfassen. Zu nennen sind hier beispielsweise das Dopplerprinzip auf Ultraschall-, Mikrowellen- oder Infrarotbasis zur Erfassung von Bewegungen in verschiedenen Abständen, der Hall-Effekt zur Erfassung von Drehzahlen und Positionen, aber auch zur Messung von Füllständen oder Durchflüssen und Kapazitätsänderungen z.B. bei Feldplatten-Potentiometern zur Anzeige von linearen Verschiebungen oder von Winkelpositionen. Einsatzgebiete sind Drehzahlüberwachungen, Geschwindigkeitsmessungen, Abtastungen von Drehwinkelpositionen oder Verwendung als Endschalter. Ein Beispiel für eine integrierte Anwendung von solchen Sensoren ist das Anti-Blockiersystem für Bremsen im Automobilbau.

Zur Messung der relativen Luftfeuchtigkeit gibt es Feuchte-sensoren, die auf der Basis von Widerstandsänderungen, Kapazitätsänderungen oder der Messung der Feuchthermometer- bzw. Taupunkttemperatur arbeiten. Einsatzgebiete sind die Messung der Feuchtigkeit in Klimaanlage oder Gewächshäusern, aber auch die Messung der Gutsfeuchte bei Trocknern.

Die Messung von Mengen und Mengenströmen ist bei den bisherigen Prinzipien schon angesprochen worden. Neben speziellen Niveaufühlern für Füllstände von Flüssigkeiten werden zunehmend auch Durchflußfühler für Flüssigkeiten und Gase entwickelt. Auch Schüttgüter sollten so zu erfassen sein. Anwendungen sind z.B. die Steuerung des Benzindurchsatzes, die Erfassung von Luftmengen oder die exakte Applikation von Spritzmitteln mit einer zusätzlichen Messung der Fahrgeschwindigkeit.

Drucksensoren basieren meistens auf dem Piezoeffekt des eingesetzten Halbleitermaterials. Sie sind erhältlich für die unterschiedlichsten Druckbereiche. Neben dem Druck werden damit auch häufig abgeleitete Größen wie z.B. die Beschleunigung gemessen. Einsatzgebiete sind Waagen, Öldruckmessungen in Motoren oder Hydraulikanlagen und Luftdruckmessungen.

Insgesamt kann gesagt werden, daß es schon heute eine Vielzahl von billigen und robusten Sensoren gibt, die auch in der Landtechnik ihre Einsatzgebiete finden. Jedoch sind viele dieser Sensoren noch nicht kompatibel für eine nachfolgende Mikrocomputerauswertung. Der Einbau in entsprechende Meßschaltungen (z.B. Brückenschaltungen) und die nachfolgende Verstärkung, Kompensation und Digitalisierung sind in vielen Fällen noch zu leisten. Es ist jedoch klar der Trend zu erkennen, auch fertige, mikrocomputerkompatible Sensoren zu entwickeln, bei denen die nachfolgenden Schritte der Verstärkung etc. mit im Meßkopf integriert sind. Da insbesondere die Kraftfahrzeugtechnik und die Haushaltsgerätechnik auch am Einsatz dieser Sensoren interessiert sind, ist davon auszugehen, daß schon in nächster Zukunft die oben angesprochenen Sensoren, für die sicher nicht eine vollständige Aufzählung der Möglichkeiten gegeben wurde, in entsprechend preiswerter und robuster Form bei hoher Zuverlässigkeit mikrocomputerkompatibel zur Verfügung stehen. Es ist zu vermuten, daß der weitere Einsatz der Mikroelektronik mit der Neu- und Weiterentwicklung der Sensoren eng verknüpft sein wird.

### 2.2 Mikrocomputer

Ein Mikrocomputer ist als Einheit aus technischen Bausteinen und Programmen (Hardware und Software) ein frei programmierbarer elektronischer Rechner. Er hat alle Merkmale der bisherigen großen Computer, nur hat er eine etwas kleinere Leistungsfähigkeit und einen sehr viel geringeren Preis. Die Vorsilbe Mikro bezog sich zwar ursprünglich auf die Baugröße, in obigem Zusammenhang kann man sie aber auch auf den Preis (nicht auf die Leistungsfähigkeit) beziehen. Der Mikrocomputer besteht aus standardisierten Bauelementen, deren Verwendung für die verschiedenen Aufgabenstellungen durch eine entsprechende Software erreicht wird. Im folgenden werden zum besseren Verständnis die wichtigsten Elemente des Mikrocomputers besprochen, und es wird ein kleiner Einblick in die Ausführungsformen gegeben. Auf die Problematik der Programmierung kann hier nur kurz eingegangen werden.

#### 2.2.1 Hardware

Die Hardware des Mikrocomputers, siehe auch gestrichelt eingerahmter Teil in Bild 1, besteht aus Mikroprozessor, Arbeitsspeicher (Programmspeicher und Datenspeicher) und den Eingabe/Ausgabeelementen. Der Mikroprozessor als der zentrale Teil des Mikrocomputers beinhaltet das Rechenwerk und das Steuerwerk. Das Rechenwerk führt alle arithmetischen und logischen Operationen aus, das Steuerwerk sorgt für die Koordination und die Programmausführung. Die Verbindung zu den peripheren Geräten, wie Sensoren auf der Eingangsseite und Stellglieder oder Anzeigen auf der Ausgabeseite, wird durch die Ein- und Ausgabebausteine

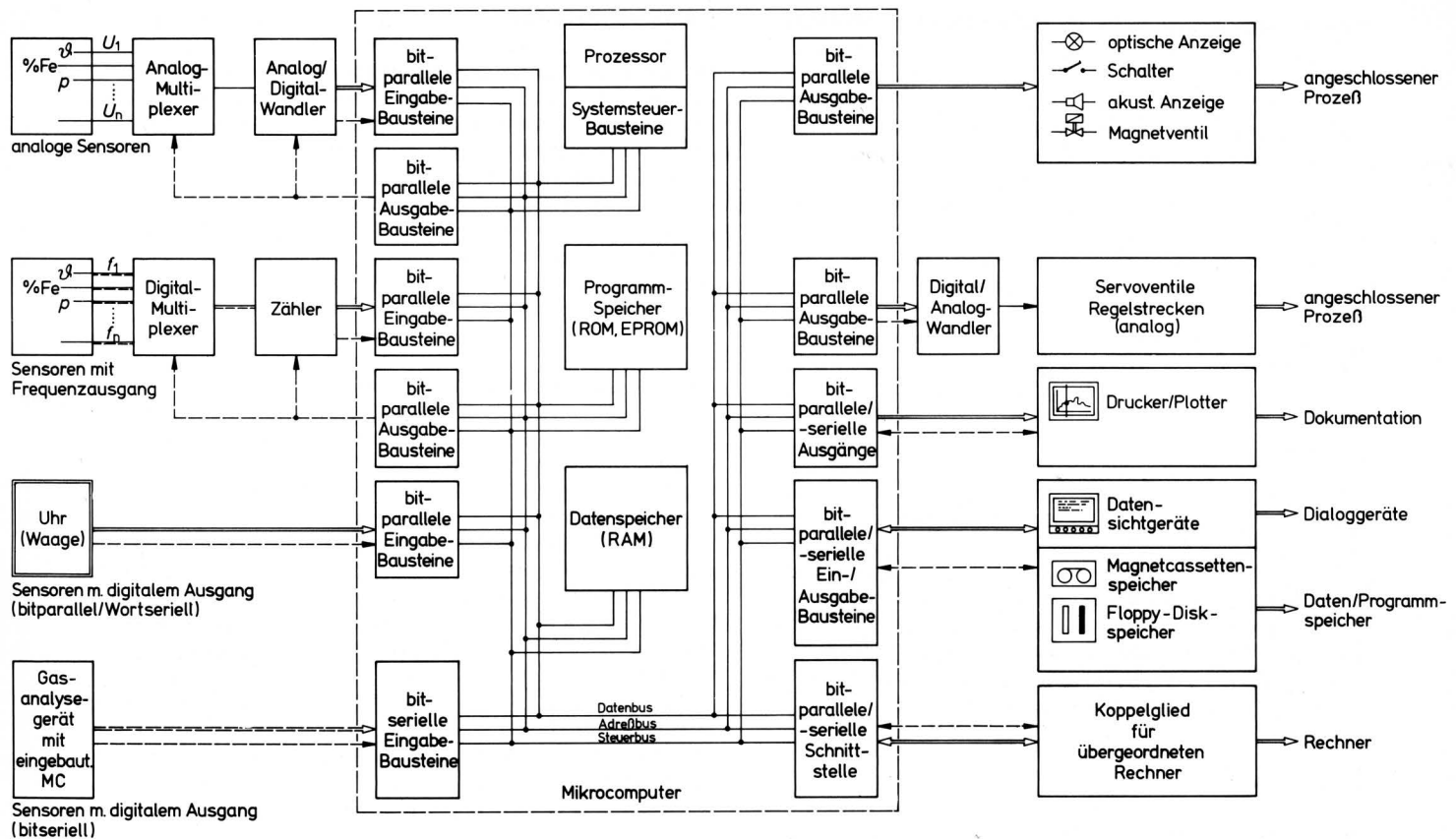


Bild 1. Blockschaltbild eines umfangreichen Mikrorechnersystems.

hergestellt. In der überwiegenden Zahl der Fälle arbeiten die Ein- und Ausgabeelemente digital, einige wenige jedoch auch analog. Im Arbeitsspeicher schließlich werden feste und veränderliche Daten gespeichert. Bei den festen Daten handelt es sich meist um das Programm, welches in Festwertspeichern verschiedener Art (ROM: Read Only Memory) hinterlegt wird. Aus diesen Speichern kann nur gelesen werden. Der Inhalt dieser Speicher ist festgelegt und geht auch bei Ausfall der Stromversorgung nicht verloren. Variable Daten, die sich während des Programmablaufes ändern, werden in Schreib-Lese-Speichern (RAM: Random Access Memory) zwischengespeichert. Diese Speicherinhalte sind während des Programmablaufes beliebig änderbar. In ihnen werden die Zwischenergebnisse hinterlegt.

Die Bauformen der Mikrocomputer sind recht unterschiedlich. Man unterscheidet je nach der parallelen Verarbeitungskapazität im Mikroprozessor in 4-bit-, 8-bit- und 16-bit-Mikrocomputer. Der Schwerpunkt liegt zur Zeit noch bei den 8-bit-Mikrocomputern. Je nach den Anforderungen an die Kapazität von Speichern und Ein-Ausgabe-Elementen sind diese erhältlich als Ein-Chip-Mikrocomputer, als Ein-Platinen-Mikrocomputer oder als Baugruppensystem auf Platinenbasis. Dementsprechend sind Preise zwischen 100,- DM und 5000,- DM anzusetzen. Für den Einsatz in Schaltungen der Meß- und Regeltechnik sind die Kosten, wie die Beispiele aus dem Automobilbau und der Haushaltsgerätektechnik zeigen, eher am unteren Rand der Skala anzuordnen.

### 2.2.2 Software

Der frei programmierbare Mikrocomputer mit seinen Standardbausteinen wird erst durch die anwendungsspezifische Software einsatzbereit. Das Programm ist eine problemangepaßte Lösung, das vom Anwender nach seinen speziellen Erfordernissen zu entwickeln ist. Er benötigt dazu, wenn von einer eher spielerischen Entwicklung

abgesehen wird, ein Mikrocomputerentwicklungssystem (Kosten ca. 50000,- DM). Ein solches Mikrocomputerentwicklungssystem ist ebenfalls ein Mikrocomputer, der jedoch mit seinen Programmen und Peripheriegeräten speziell auf die Anforderungen beim Erstellen und Testen von anwenderspezifischen Lösungen ausgelegt ist. Typische Peripheriegeräte sind z.B. ein Bildsichtgerät zum Dialog mit dem Mikrocomputerentwicklungssystem, ein PROM-Programmiergerät zum Erstellen von Festwertspeichern, eine Floppy-Disk-Einheit zur Hinterlegung von Daten, ein kleiner Drucker zur Protokollierung sowie eine Adapterschaltung zum simultanen Austesten von Programm und Hardware.

Die Erstellung der Software für eine spezielle Aufgabenstellung umfaßt mehr als die reine Programmierung. Ein Ablauf sieht meist wie folgt aus. Nach Festlegung der Aufgaben und des Zieles der späteren Gesamtschaltung und nach Festlegung der Eingabe-Ausgabe-Bedingungen mit der (schon vorhandenen oder doch in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium sich befindlichen) Peripherie wird die Programmiersprache ausgewählt. Man kann sich bei der Programmierung bei den meisten Systemen auf einen Assembler oder auf einen Compiler für BASIC, FORTRAN oder eine fortranähnliche Sprache stützen. Eine gewisse Tendenz zu höher organisierten Sprachen ist nicht zu übersehen, obwohl gerade beim Mikrocomputer die Vorteile des Assemblers bei zeitkritischen Prozessen oder speicherplatzaufwendigen Programmen zum Tragen kommen. Das Programm wird geschrieben und über ein Dateiverwaltungsprogramm (Editor) im Mikrocomputerentwicklungssystem hinterlegt. Das in der Quellfassung hinterlegte Programm wird mit dem in Frage kommenden Übersetzer kompiliert und in einigen ersten iterativen Schritten unter Zurückgreifen auf die Quellfassung in erneuten Übersetzungsläufen formal in Ordnung gebracht. Das Programm wird dann mit evtl. benötigten, in Dateien hinterlegten Standardroutinen zusammengebunden und entrelativiert. Unter Entrelativieren ist die Anpassung des Programmes mit seinen zunächst auf Null bezogenen Adressen auf die spe-



zielle Adreßkonfiguration des Mikrocomputers mit seinen Festwertspeichern (ROMs) und Schreib-Lese-Speichern (RAMs) zu verstehen. Der Mikrocomputer wird dann mit der Anwenderperipherie zusammengeschaltet und über die Adapterschaltung Zug um Zug getestet. Die Adapterschaltung wird vom Mikrocomputerentwicklungssystem durch eine entsprechende Software unterstützt, so daß das bis hierhin fertige Programm Schritt für Schritt ablaufen und gestoppt werden kann. An den Haltepunkten ist es möglich, die bis dahin angefallenen Zwischenergebnisse abzufragen und zu überprüfen. Die Testroutine geht bis hin zum Zusammenspiel von Software und Hardware nahezu unter Echtzeitbedingungen. Während des Testens ist ein wiederholtes Zurückgreifen auf eines der weiter oben beschriebenen Entwicklungsstadien und ein fortlaufendes Verbessern die Regel. Das Entwickeln von Programmen ist ein iterativer Prozeß, besonders auch auf der Ebene des gemeinsamen Testens von Programm und Schaltung.

Die Erfahrung zeigt, daß auf eine Möglichkeit zum gleichzeitigen Testen von Software und Hardware unter Echtzeitbedingungen großer Wert zu legen ist. Es sind nur selten formale logische Fehler, wenn ein Programm nicht die erwünschte Funktion hat. Es sind vielmehr oftmals in der Anwenderhardware liegende spezielle Zeitbedingungen oder Besonderheiten, die beachtet werden müssen, um die Funktion sicher zu stellen. Die nach dem Austesten des Programmes folgende Programmierung der Festwertspeicher und deren Installation in die fertige Schaltung ist die abschließende Arbeit beim Entwickeln eines Mikrocomputersystems.

### 2.3 Aktoren

Die von den Sensoren aufgenommene und von den Mikrocomputern verarbeitete Information muß zur Erzielung eines Effektes wieder nach außen gegeben werden. Typische Aktoren sind z.B. optische Darstellungen, akustische Warnsignale, elektrische Schalter oder auch fertige Stellglieder und Servokomponenten. Ebenso wie bei den Sensoren läßt auch bei den Aktoren der Grad der Mikrocomputerkompatibilität noch zu wünschen übrig.

Bei den optischen Signalgebern geht man von den einfachen Lumineszenzdiolen (Warnlampenprinzip) mehr und mehr zu optischen Meßwertgebern und zu alphanumerischen Anzeigen über. Optische Meßwertgeber sind z.B. aus dem Automobilbau für die Anzeige von Drehzahl und Geschwindigkeit bekannt. Die einer Bedienungsperson so übermittelte Information ist ungleich größer als das nur für Grenzfälle gedachte Aufleuchten einer Warnlampe. Nur mit solcher Information über wichtige Prozeßgrößen läßt sich bei stark wechselnden Einsatzbedingungen vom überwachenden Menschen ein Optimum einstellen. Aber auch alphanumerische Anzeigen, etwa zur Anzeige von Betriebsarten, zur gezielten Anzeige von Sonderzuständen oder zur Übermittlung von Meßwerten sind in modernen Meßwarten und Bedienungspulsten im Vordringen. Nicht zuletzt auch bei integrierten Überprüfungs- und Diagnosesystemen können definierte Aussagen auf diesen Anzeigen erscheinen.

Neben der optischen Anzeige für die Bedienungsperson ist die direkte Ansteuerung von Stellgliedern in Regelsystemen der zweite Schwerpunkt bei den Aktoren. Elektronische Schalter und Stellglieder sind zur Steuerung sehr unterschiedlicher Leistungen erhältlich. Sie werden mit mikrocomputergerechtem Ansteuerpegel teilweise auch mit galvanischer Entkopplung geliefert. Einsatzgebiete sind die Ansteuerung nachfolgender elektromechanischer oder elektrohydraulischer Bauelemente oder auch die Einstellung einer gewünschten elektrischen Leistung. Beispiele aus dem Automobilbau wie optimale Benzineinspritzung bei richtigem Zündzeitpunkt und gegebener Luftdrosselung je nach Drehzahl und Betriebstemperatur oder das bereits zitierte Antiblockiersystem zeigen die Einsatzfähigkeit und Leistungsfähigkeit auch bei schwierigen Umweltbedingungen. Der Einsatz von mikrocomputerkompatiblen Servoelementen wird gerade auch wegen des Bedarfes im Automobilbau sich weiter ausweiten und erscheint für viele Aufgaben in der Landtechnik möglich.

### 2.4 Stromversorgung

Mit der vermehrten Anwendung elektronischer Systeme steigen auch die Anforderungen an deren Stromversorgung. Verlangt werden muß sowohl für die Sensoren als auch für die elektronische Datenauswertung eine gut geregelte Spannungsquelle mit ausreichender Belastbarkeit wegen der relativ instabilen Umweltbedingungen. Besonders die neueren getakteten Netzgeräte, welche ausreichend angeboten werden, erfüllen die Bedingungen bei kleinen Verlusten und geringem Bauvolumen. Ein Engpaß besteht in diesem Sektor nicht, obgleich auch hier eine stürmische Weiterentwicklung der technischen Möglichkeiten stattfindet.

### 2.5 Beispiel eines Mikrorechnersystems

In Bild 1 ist exemplarisch das Blockschaltbild eines umfangreichen Mikrorechners gezeigt, der auf seiner Eingangsseite mit den verschiedensten Sensoren ausgerüstet ist. Neben Sensoren mit analogem Ausgang, deren Signale über Analog-Multiplexer auf die Eingänge eines Analog-Digital-Wandlers geführt und so dem Mikrorechner mitgeteilt werden, sind Meßwertaufnehmer mit Impulsausgängen angeschlossen. Bei diesen ist das Meßsignal in digitaler Form in den unterschiedlichen Impulsfolgefrequenzen enthalten. Diese Signale lassen sich wesentlich einfacher über Digital-Multiplexer auf Zählstufen zur Übergabe an den Mikrorechner weiterleiten. Aufwendigere Sensoren für den betrachteten Mikrocomputer können z.B. elektronische Waagen oder Uhren mit bitparallelem digitalem Ausgang oder komplexe, mit eigenen Mikrorechnern ausgerüstete Gasanalysegeräte darstellen, die über standardisierte bitserielle Schnittstellen angeschlossen sind.

Die derart gewonnenen Daten werden über entsprechende bitparallele oder bitserielle Ein- und Ausgabebausteine vom Prozessor des Mikrorechners gesteuert aufgenommen und im Rechner weiterverarbeitet. Die gewonnenen Ergebnisse lassen sich optisch (Lampen oder alphanumerische Anzeigen) übermitteln oder werden direkt zum Eingreifen in den bearbeiteten Prozeß verwendet (Schalten von z.B. Relais oder Magnetventilen). Werden die Signale über Digital-Analog-Wandler ausgegeben, so lassen sich Elemente wie Servoventile, aber auch komplette Regelsysteme mit elektrischem Sollwerteingang (wie z.B. Klimaschränke, -anlagen) mit dem Mikrorechner führen.

Neben diesen rein prozeßspezifischen Ein- und Ausgängen kann ein Mikrorechnersystem ebenfalls Komponenten von normalen Datenverarbeitungsanlagen umfassen, beispielsweise Drucker und Plotter zur Darstellung der Ergebnisse. Für den Dialog Mensch – Maschine werden häufig Datensichtgeräte eingesetzt. Zur Hinterlegung der Programme und Speicherung größerer Datenmengen kommen Magnetbandkassetten und Floppy-Disk-Speicher zum Einsatz. Für die gerade in der Meß- und Regeltechnik eingesetzten kleineren Bauausführungen bis hin zum Ein-Chip-Computer kommen diese Erweiterungen jedoch nur selten in Frage.

## 3. Mögliche Anwendungen und Entwicklungen

Nachfolgend wird exemplarisch an einigen Beispielen aus der Außenwirtschaft und der Innenwirtschaft eine Projektion der Mikrocomputerentwicklung auf die Landwirtschaft gegeben. Die Beispiele erheben weder Anspruch auf Vollständigkeit noch geben sie nach Meinung der Autoren unbedingt zu erwartende zukünftige Entwicklungen wieder. Teilweise sind aber ähnliche Entwicklungen schon angekündigt oder auf dem Markt.

Vielmehr sollen die Beispiele dazu dienen, mögliche Trends aufzuzeigen. Die Trends in Zusammenhang mit der modernen Mikroelektronik liegen bei der Erfassung einer größeren Zahl von Daten, bei der Verrechnung dieser Daten und bei der automatischen Verfolgung auch übergeordneter oder nur schwer zu bewertender Ziele.

Die Erfassung einer größeren Zahl von Daten bietet sich gerade in der Landwirtschaft an. Oftmals sind ja biologische Daten nicht direkt meßbar, sondern erst aus der Kombination verschiedener Hilfsdaten bestimmbar. Ferner unterliegen die hier anfallenden Daten häufigen zeitlichen und örtlichen Schwankungen. Neben der Erledigung von einfachen Aufgaben steht zunehmend das Verfolgen komplexer Ziele wie Minimierung des Betriebsmitteleinsatzes oder Erleichterung der Arbeit im Vordergrund. Sowohl bei der Kombination von Meßwerten als auch bei der Steuerung nach komplexen Zielsetzungen bedarf es der Erledigung von Rechenarbeit, die durch die Mikroelektronik in ausreichendem Maße gewährleistet ist.

### 3.1 Messung der Milchttemperatur

Als erstes Beispiel eines ausgeführten, relativ aufwendigen Mikrorechnersystems in der Landwirtschaft dient die in **Bild 2** skizzierte Anlage zur Messung der Milchttemperatur in einem Melkstand (Unicar-Anlage [2, 3]). Die Messung der Milchttemperatur dient zur Überwachung des Gesundheitszustandes der Tiere, zur Erkennung der Brunst sowie zur Anzeige für den Melkzustand.

In 20 mit den Melkzeugen verbundenen Unterstationen, die über Thermistoren die Temperatur der Milch in den 4 Zitzenbechern eines Melkzeugs in analoger Form messen, wird das temperaturproportionale Signal über Spannungs-Frequenz-Wandler in eine entsprechende Frequenz umgewandelt. Der Mikrorechner steuert mit Hilfe eines Digital-Multiplexers das Signal aus dem gewünschten Euterviertel an. Die Impulse werden auf einen Zähler gegeben, dessen Torzeit (Dauer des Zählens) ebenfalls vom Rechner bestimmt wird. Nach abgelaufener Meßzeit werden über ein Businterface die Daten des gewünschten Melkzeuges auf einen Bus (Datensammelleitung) geschaltet, der in diesem Fall die 20 Unterstationen mit dem Rechner verbindet. Aus dem Verlauf der Milchttemperatur gewinnt der Rechner Kenngrößen für den Melkvorgang und die Körpertemperatur des gemolkten Tieres und übermittelt diese über die gleiche Busleitung an eine Anzeige, die sich in jeder Unterstation befindet. Die Information steht somit dem Melker zur Verfügung. Die weitere Verarbeitung der Daten geschieht im betrachteten Fall in einem Prozeßrechner, der weiteren Versuchszwecken dient und an den diese Daten "on-line" übertragen werden.

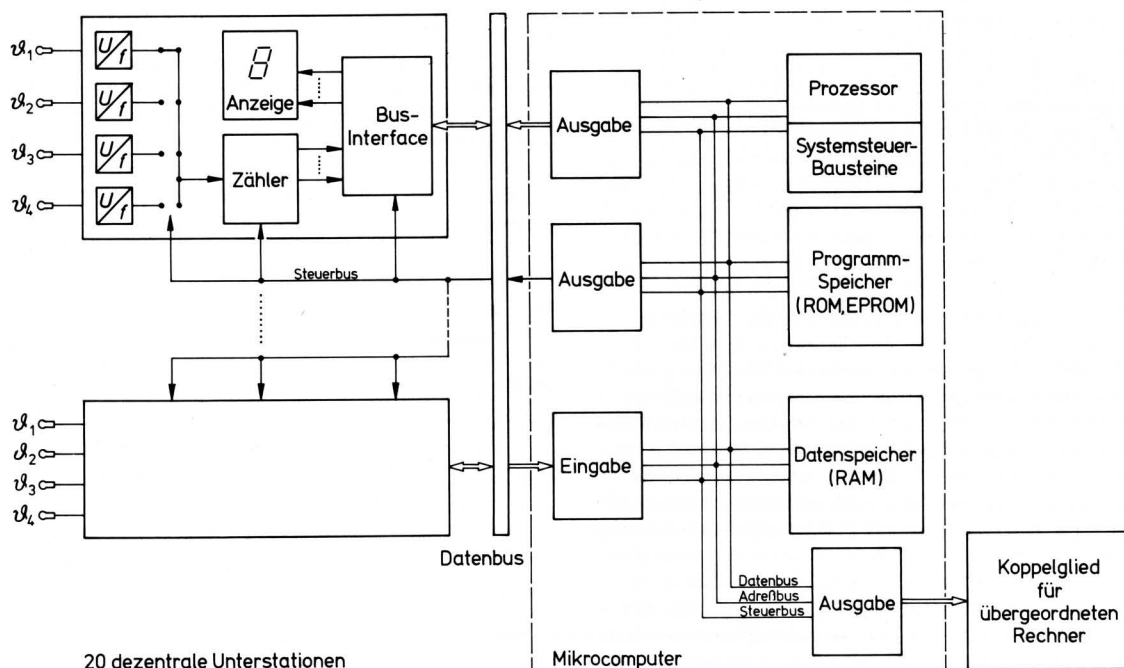
### 3.2 Fütterung von Milchkühen

Da die Futterkosten einen Großteil der Gesamtkosten bei der Haltung von Milchkühen ausmachen, wird zunehmend die Forderung nach einer individuellen leistungsbezogenen Fütterung der Tiere erhoben. Dies kann geschehen, indem der Energiebedarf jedes Einzeltieres erfaßt wird, die zugehörigen Mengen an Grundfutter und Kraftfutter unter Berücksichtigung verschiedener Nebenbedingungen (Verhältnis von Rohfutter zu Kraftfutter, Mindestanteil an Rohprotein etc.) errechnet werden und die so ermittelten Mengen in geeigneten Portionen zugeteilt werden.

Die technische Realisierung des individuellen Erkennens geschieht über ein Identifikationssystem. Die Mikroelektronik erfaßt z.B. die Hauptvariable für den Energiebedarf, die Milchmenge (Mengenmessung). Mit den weiteren Meßgrößen: Körpergewicht und Milchfettgehalt (die sich beide nur langsam ändern und deshalb eventuell von Hand eingegeben werden können) läßt sich der Energiebedarf des Tieres unter Ausschaltung von zufälligen Tagesvariationen recht genau errechnen. Der so errechnete Energiebedarf wird kostengünstig unter Beachtung der Fütterungsregeln auf die aktuellen Rationen an Grundfutter und Kraftfutter (mit bekannter Zusammensetzung) aufgeteilt. Die exakte Zuteilung ist wie die Erfassung ein Mengenproblem und läßt sich nach verschiedenen Prinzipien realisieren. Der Mikrocomputer übernimmt ferner die Portionierung der Tagesration sowie die Buchführung über die bisher verabreichten Mengen. Er überwacht die Herde gleichzeitig, indem er bei starken Abweichungen in der täglichen Milchmenge oder Futteraufnahme entsprechende Warnmeldungen abgibt.

### 3.3 Applikation von Pflanzenbehandlungsmitteln

Der zunehmende Einsatz von Düngemitteln und Pflanzenbehandlungsmitteln verlangt ein immer exakteres Ausbringen dieser Stoffe. Bei zu hoher Dosierung kommt es neben der nutzlosen Vergeudung der oftmals teureren Mittel auch häufig zu Schäden an der Kulturpflanze. Bei zu niedriger Dosierung bleibt die angestrebte Wirkung teilweise vollkommen aus. Auch ist neben der auf die Fläche bezogenen Aufwandmenge (Liter Pflanzenbehandlungsmittel pro Hektar) auch die Konzentration (Liter Pflanzenbehandlungsmittel pro Liter Wasser) unterschiedlich.



**Bild 2.** Blockschaltbild eines Mikrorechnersystems zur Messung der Milchttemperatur.

Eine konstante auf die Fläche bezogene Aufwandmenge bei eventuell variabler Konzentration mit der ebenfalls variablen Fahrgeschwindigkeit in Einklang zu bringen ist nicht einfach und wird in der Praxis nur unvollkommen über einen mühsamen Lernprozeß gelöst. Mit Hilfe der Mikroelektronik wäre es möglich, die Hauptvariable Fahrgeschwindigkeit exakt (über ein mitlaufendes Rad oder auch berührungslos über einige der oben geschilderten Prinzipien) zu erfassen. Die bei bekannter Spritzbreite pro Zeiteinheit überstrichene Fläche läßt sich so stets genau ermitteln und in die entsprechende Dosierung an Pflanzenbehandlungsmittel in der erwünschten Konzentration umsetzen. Unabhängig von der exakten Einhaltung der Fahrgeschwindigkeit ist so eine exakte Dosierung möglich. Gleichzeitig könnten über eine Erfassung der Windgeschwindigkeit entsprechende Warnsignale für mangelhafte Ausföhrung bzw. eine Gefährdung des Fahrers gesetzt werden.

### 3.4 Energieeinsparung bei Trocknern

Beim Betrieb von Trocknern gilt es, die Gutsfeuchte an verschiedenen Stellen zu messen und Menge und Temperatur der Trockenluft unter Berücksichtigung eventueller Rückföhrungen so einzustellen, daß die gewünschte Gutsfeuchte möglichst genau erreicht wird und gleichzeitig trotz wechselnder Eingangsbedingungen möglichst wenig Energie aufgewendet wird. Die direkte Messung der Gutsfeuchte ist oftmals nicht möglich. Über die mit der Gutsfeuchte verkoppelten Meßgrößen der Guttemperatur, Lufttemperatur und Luftfeuchte läßt sich aber auch recht exakt auf die eigentliche Meßgröße schließen. Die Meßwerte werden kombiniert und verarbeitet, so daß daraus je nach Bauart des Trockners und Beschaffenheit des Trockengutes die optimale Luftföhrung errechnet und eingestellt werden kann.

### 3.5 Klimatisierung von Fahrerkabinen

Der Schutz des in der Landwirtschaft tätigen Menschen vor Staub und Lärm verlangt bei geschlossener Fahrerkabine unbedingt auch deren Klimatisierung. Das Klima ist hier definiert als physikalischer Zustand, der durch Lufttemperatur, Luftfeuchte, Einstrahlung und Luftgeschwindigkeit bestimmt wird. Im Feld dieser Einflußgrößen gibt es einen Bereich, der als angenehm empfunden wird. Es gilt, einen Zustand in diesem Behaglichkeitsbereich unter wechselnden Umweltbedingungen in der Kabine einzuhalten. Auch hier geht der Lösungsweg von der Messung der relevanten Größen in der Kabine und in der Außenluft aus. Die Daten werden verrechnet und Leistung und Luftdurchsatz eines Klimagerätes werden so eingestellt, daß ein Zustand im Behaglichkeitsbereich erreicht wird. Wie bei den obigen Beispielen gilt, daß ein Mensch das jeweils angestrebte Ziel nur unvollkommen erreichen würde. Der Mensch hat keine ausreichenden Sensoren für alle notwendigen Meßgrößen. Er wäre darüber hinaus mit der dauernden Verfolgung dieser Indikatoren bei sich ändernden Umweltbedingungen überlastet. Schließlich ist es ihm in einem mehrdimensionalen Entscheidungsraum kaum möglich, exakte Kontrollmaßnahmen vorzunehmen. Entsprechend sehen auch seine Ergebnisse aus: als intuitive Lösungen oftmals recht gut, als exakte Lösungen jedoch mangelhaft. Der Einsatz der Mikroelektronik kann hier im angedeuteten Sinne eine Hilfe sein.

## 4. Zusammenfassung, Ausblick

Die zukünftigen Einsatzgebiete der Mikroelektronik in der Landtechnik lassen sich den Bereichen Messen, Steuern, Regeln und Überwachen zuordnen. Diese Aufgaben stellen sich insbesondere da, wo man es mit zeitlich oder örtlich veränderlichen Bedingungen zu tun hat. Die dabei zu lösenden Teilaufgaben sind das Erfassen von Kenngrößen, das Verrechnen, Speichern und Auswerten der Meßwerte sowie das Anzeigen, Schalten oder Stellen als Reaktion auf den Systemzustand. Durch die so erhöhte Informationsdichte wird eine zielgerichtete Föhrung der Prozesse ermöglicht, besonders für die immer aktueller werdenden komplexen Zielsetzungen wie Erleichterung der Arbeit, Minimierung des Einsatzes an Arbeitskraft, Energie und Rohstoffen oder auch für die Forderung nach immer exakterem Arbeiten und individuell angepaßten Applikationen.

Bei einer Projektion der genannten, mit der Mikroelektronik lösbaren Aufgaben auf mögliche Anwendungsfälle in der Landwirtschaft läßt sich feststellen, daß bei der Erledigung der verschiedenen Teilaufgaben am ehesten beim Erfassen der relevanten Zustandsgrößen ein Engpaß auftritt. Hier gilt es eventuell durch Kombination verschiedener Hilfsgrößen auf das eigentliche Merkmal zu schließen. Die Entwicklung gerade auf dem Sensormarkt ist jedoch noch in vollem Gange, so daß fortlaufend mit Neuerungen zu rechnen ist. Insbesondere in der Automobiltechnik und der Haushaltsgertetechnik findet sich eine Vielzahl von übertragbaren Anwendungsfällen, welche die Entwicklung und den Einsatz der Mikroelektronik auch in der Landtechnik beeinflussen werden.

Die mit der hohen Integrationsdichte der Mikroelektronik verbundene hohe Zuverlässigkeit und hohe Wirtschaftlichkeit wird durch einige wenige Standardbausteine erreicht. Erst durch entsprechende Programmierung dieser Bausteine entsteht die eigentliche Funktion. Es ist deshalb auch der Trend zu erkennen, daß die früher so ausgeprägte Arbeit für den Aufbau von Schaltungen abgelöst wird, ohne jedoch ganz zu verschwinden. Es entsteht dadurch ein Zeitgewinn bei der Realisierung einer Schaltung, jedoch muß damit auch eine leichte Kopierbarkeit in Kauf genommen werden.

Mit den großen Fähigkeiten moderner Mikrocomputerbauelemente wird ein Trend zur Erfassung vieler Meßwerte einhergehen. Digitalisierung schon im frühen Stadium der Meßwerterfassung wird angestrebt. Statt umfangreicher Verkabelungen werden Bussysteme die Vorteile einer Zentralelektronik voll zum Tragen bringen. Es soll jedoch nochmals betont werden, daß gerade auf dem wichtigen Gebiet der Sensoren noch Entwicklungsarbeit geleistet werden muß, um auch hier eine Anpassung an die Leistungsfähigkeit der Mikrocomputer zu erreichen. Da viele Industriezweige ebenfalls an der Lösung ähnlicher Meß- und Regelprobleme interessiert sind, wie sie in der Landtechnik auftauchen, dürfte die stürmische Entwicklung der Mikroelektronik fortschreiten und für die Landtechnik eine Vielzahl interessanter Anwendungsmöglichkeiten eröffnen.

### Schrifttum

- [ 1 ] *Pommer, A.*: Mikrocomputerperipherik. Siemens Bauteile Report Bd. 17 (1979) Nr. 1, S. 25/28.
- [ 2 ] *Rosegger, S. u. D. Schlönsen*: Das Unicar-System als methodisches Instrument zur Erarbeitung von Grunddaten für die Milchviehhaltung. Berichte über Landwirtschaft, SH 191 (1975) S. 451/64.
- [ 3 ] *Paul, W. u. H. Speckmann*: Die Messung der Milchtemperatur als Mittel zur Überwachung der Tiergesundheit und zur Steuerung des Milchentzuges. Grundl. Landtechnik Bd. 29 (1979) Nr. 6, S. 201/207.