

4. Zusammenfassung

Die Ermittlung technischer Daten bei Schlepperarbeiten ist unerlässlich für die Bildung von Modellen des Schleppereinsatzes und hilft dabei, Ansatzpunkte für Verbesserungen zu finden. Im Vergleich mit der herkömmlichen Datenerfassung mit Analogbandgeräten versprechen Datenerfassungssysteme, die autark auf dem Schlepper installiert sind, vorteilhafter zu sein. Im Rahmen dieses Beitrages wurde ein solches System vorgestellt und anhand von Versuchsergebnissen über die bisherigen Erfahrungen beim praktischen Einsatz berichtet.

Es zeigte sich, daß Systeme dieser Art noch nicht sicher genug sind, um im Dauereinsatz auf landwirtschaftlichen Betrieben ge-

nutzt zu werden. Erfolgreicher ist der Einsatz bei gezielten Versuchen unter kontrollierten Bedingungen. Die dort noch auftretenden Probleme sind überwiegend in der Sensortechnik begründet. Erste Versuche wurden bei den landwirtschaftlichen Arbeiten Pflügen und Fräsen durchgeführt. Es wurde der Einfluß der Arbeitsgeschwindigkeit untersucht und Möglichkeiten für eine Kostenreduzierung dargestellt.

Erfolgversprechend scheint der Einsatz des Datenerfassungssystems zu sein bei der Überprüfung der Wirksamkeit technischer Verbesserungen wie z.B. dem Einsatz elektronischer Hilfsmittel. Bei der Arbeit mit einer Fräse zeigen sich Ansatzpunkte, die Anzeige des Drehmoments an der Zapfwelle zu nutzen, um bei befriedigendem Arbeitseffekt kostengünstig zu arbeiten.

Meßwerterfassungs- und -verarbeitungssysteme für den mobilen Feldeinsatz

Von Syed Ismail, Otto Balcarek und Klaus Burkhardt, Stuttgart-Hohenheim*)

DK 631.372:531.76/.78:681.3

Bei Feldversuchen ist die sofortige Verfügbarkeit von Ergebnissen wichtig, da hiervon oft die nächste Versuchseinstellung oder Wiederholung abhängt. Seitherige Meßwerterfassungs- und -verarbeitungssysteme sind aber für den mobilen Einsatz auf dem Schlepper ungeeignet.

Hier werden drei Varianten eines neu entwickelten digitalen Meßwerterfassungs- und -verarbeitungssystems beschrieben, das die obigen Forderungen erfüllt und durch Anpassung der Software für die verschiedensten Untersuchungen eingesetzt werden kann.

1. Einleitung

Bei der Untersuchung von landwirtschaftlichen Geräten im Feldeinsatz müssen oft sehr unterschiedliche physikalische Größen gemessen werden. Dazu werden verschiedene Meßwertaufnehmer (Sensoren) verwendet, die die jeweiligen Größen entweder in analoge elektrische Signale (z.B. Dehnungsmeißstreifen für die Kraftmessung) oder in digitale Signale (z.B. Impulsgeber für die Geschwindigkeitsmessung) umwandeln. Die Meßwerte müssen erfaßt, weiterverarbeitet und ausgewertet werden. Häufig ist das Erfassen, Weiterverarbeiten und Auswerten von Meßdaten der aufwendigste Teil einer Forschungsarbeit, insbesondere wenn es sich um Untersuchungen bei Feldarbeiten handelt.

Gegenwärtig werden die anfallenden Daten zumeist nicht sofort auf dem Feld weiterverarbeitet und ausgewertet, da die verfügbaren Meßwertverarbeitungssysteme zu umfangreich und deshalb für einen mobilen Einsatz z.B. auf dem Schlepper ungeeignet sind. Die Meßwerte werden daher üblicherweise mit Registriergeräten aufgezeichnet und später im Labor weiterverarbeitet und ausgewertet.

*) Dr.-Ing. S. Ismail und Dipl.-Ing. O. Balcarek sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl für Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion (Leiter: Prof. Dr.-Ing. A. Stroppel) des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim; Dipl.-Ing. K. Burkhardt ist Leiter der Meßabteilung am gleichen Institut.

Da die Feldversuche mit landwirtschaftlichen Geräten im allgemeinen sehr zeitaufwendig, nicht beliebig wiederholbar und witterungsabhängig sind, wäre es sehr vorteilhaft, die Daten schon vor Ort weiterverarbeiten und gegebenenfalls auswerten zu können, um so fehlerhafte Messungen und Versuchseinstellungen sofort zu erkennen und eventuell durch Wiederholungen zu korrigieren. Deshalb wurden im Rahmen zweier DFG-Projekte¹⁾ drei einfach zu handhabende Meßwertverarbeitungssysteme entwickelt, die für landtechnische Forschungsarbeiten auf dem Feld eingesetzt werden können.

Bei den angesprochenen Forschungsprojekten werden unter anderem die wahre und theoretische Geschwindigkeit des Schleppers, der Kraftstoffverbrauch, die Kräfte zwischen Schlepper und Pflug und die Arbeitsbreite des Pfluges gemessen. Die Meßwerte können mittels der entwickelten Meßwertverarbeitungssysteme sofort weiterverarbeitet und ausgewertet werden, so daß man beispielsweise an den entsprechenden Anzeigegeräten den Schlupf, die Flächenleistung, den flächenbezogenen Kraftstoffverbrauch, die mittleren Kräfte, die spezifischen Pflugwiderstände usw. ablesen kann. Natürlich können diese Werte auch registriert werden.

Die in diesem Aufsatz vorgestellten Meßwertverarbeitungssysteme wurden unter folgenden Gesichtspunkten entworfen:

1. Möglichkeit der Erfassung analoger und digitaler Signale
2. Möglichkeit der Durchführung einer statistischen und dynamischen Meßwertanalyse
3. Flexibilität hinsichtlich der Verarbeitung und Auswertung der Meßwerte und der Darstellung der Ergebnisse
4. Möglichkeit zur Speicherung und Wiedergewinnung der Ergebnissdaten
5. Möglichkeit des Datenaustausches mit anderen Computersystemen
6. Möglichkeit der Stromversorgung durch die Schlepperbatterie.

1) Die Entwicklungsarbeiten wurden mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen der DFG-Forschungsprojekte "Optimierung Schlepper-Pflug" und "Frontpflug" durchgeführt. Dafür sei auch an dieser Stelle gedankt.

Der Aufbau der Meßwertverarbeitungssysteme ist sehr vereinfacht in **Bild 1** dargestellt. Mit Hilfe von Sensoren werden die zu messenden physikalischen Größen in elektrische Signale umgewandelt.

- Da die Sensoren nicht zur eigentlichen Meßwertverarbeitungsanlage gehören, werden sie in dieser Arbeit nicht behandelt.
- Nach der Messung dieser Signale durch den Mikrocomputer I (Slave) werden die gewonnenen Meßwerte von diesem Rechner aufbereitet. Anschließend werden die aufbereiteten Meßdaten einem Mikrocomputer II (Master) zur Verfügung gestellt, der sie dann weiterverarbeitet bzw. endgültig auswertet. Der Master-Computer hat außerdem Steuerungsfunktionen für den Slave-Computer und die Ausgabegeräte zu erfüllen. Mit ihm ist auch die Eingabe-Tastatur verbunden.

Im folgenden wird zuerst auf die Meßwertaufbereitung (Abschnitt 2.) und danach auf die Meßwertauswertung (Abschnitt 3.) in etwas allgemeinerer Form eingegangen. Im Anschluß daran (Abschnitt 4.) werden die entwickelten Meßwertverarbeitungssysteme im Detail erläutert.

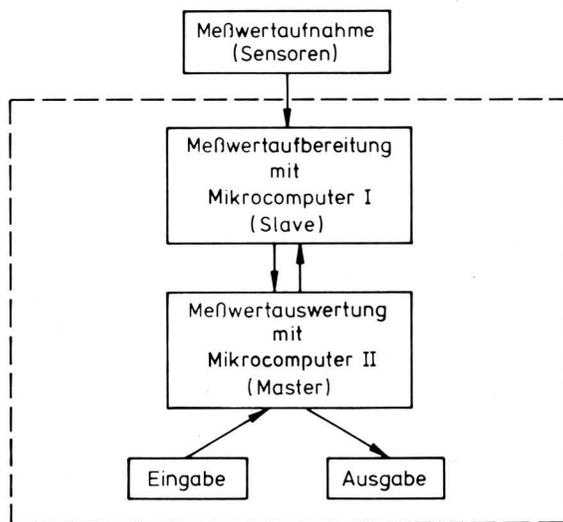


Bild 1. Prinzipieller Aufbau der Meßwertverarbeitungssysteme.

2. Meßwertaufnahme und -aufbereitung

Im technisch-wissenschaftlichen Bereich werden Meßwerte nach zwei Kriterien untersucht: nach ihrem zeitlichen Verhalten (dynamische Analyse) und nach ihrer Amplitudenverteilung (statistische Analyse). Dementsprechend wählt man je nach Zielsetzung die Auswertemethode.

Bei der dynamischen Analyse interessiert das Zeit- oder Frequenzverhalten des Untersuchungsobjektes. Das Objekt wird dabei als schwingungsfähiges Gebilde interpretiert, dessen Verhalten sich durch ein System von Differentialgleichungen beschreiben läßt, wie z.B. Feder-Masse-Systeme oder Regelkreise. Bei einem Regelkreis interessiert z.B. die Übergangsfunktion als Antwort auf einen Sprung des Sollwertes sowie das Verhalten bei Einwirkung von Störgrößen. Bei Feder-Masse-Systemen ermittelt man z.B. mit Hilfe der Fourier-Analyse die Resonanzfrequenzen.

Bei der statistischen Analyse interessiert das Amplitudenverhalten der Meßwerte (ohne Berücksichtigung des zeitlichen Ablaufs). Die Auswertung erfolgt mit statistischen Verfahren, um Mittelwerte, Spitzenwerte, Standardabweichungen und ähnliche statistische Größen zu ermitteln. Für eine vorläufige schnelle Auswertung von Messungen bei landtechnischen Untersuchungen auf dem Felde genügen diese statistischen Daten zur Beschreibung der Vorgänge. Deshalb wurden in den hier beschriebenen Meßwertverarbeitungssystemen entsprechende Verfahren realisiert. Grundsätzlich ist es

aber nur eine Frage des Mikrocomputer-Programmes (Software), welche Verfahren der Meßwertverarbeitung sich durchführen lassen, so daß die Geräte (Hardware) mit Hilfe entsprechender Programme z.B. auch für die dynamische Analyse einzusetzen sind.

Bevor die Meßwerte aufbereitet werden können, müssen sie erfaßt werden. Je nachdem, in welcher Form die Meßsignale vorliegen (analog oder digital), verwendet man unterschiedliche Verfahren für die Meßwertaufbereitung.

2.1 Erfassung analoger Signale

Zur Ermittlung von Mittelwerten einer wichtigen statistischen Größe müssen die analogen Meßwerte zunächst über die Meßdauer integriert werden. Hierfür gibt es drei gebräuchliche Verfahren: Bestimmung über analoge Integrierer, Spannungs-Frequenz-Wandler mit nachfolgendem Zähler, Analog-Digital-Wandler mit nachfolgendem Rechner.

Analoge Integrierer sind zwar schaltungstechnisch einfach zu realisieren, versagen jedoch aufgrund von Drifterscheinungen, wenn über längere Zeit (einige Minuten) integriert werden soll. Diese kamen deshalb für die vorgesehene Aufgabe von vornherein nicht in Betracht.

Mit Spannungs-Frequenz-Wandlern und nachfolgenden Zählern können sehr genaue Integrierer gebaut werden, die keiner Beschränkung hinsichtlich der Integrationszeit unterliegen. Nachteilig ist, daß eine weitere Auswertung des Meßsignals, z.B. Ermittlung von Spitzenwerten, nicht möglich ist.

Digitalrechner, welche analoge Signale nach Umsetzung in speziellen A/D-Wandlerbausteinen aufnehmen können, ermöglichen neben der Mittelwertbildung durch Integration eine weitergehende Auswertung (Maxima, Minima, Standardabweichung, u.a.) nach vielen gewünschten Kriterien. Voraussetzung ist allerdings, daß der A/D-Wandler einschließlich erforderlicher Rechenzeit schnell genug ist, um auch die höchsten vorkommenden Frequenzen im Meßsignal erfassen zu können. Da bei den meisten Feldexperimenten die vorkommenden Frequenzen sehr niedrig sind (meist unter 10 Hz), ist dies leicht zu erreichen. Moderne A/D-Wandler benötigen nur wenige zusätzliche Bauelemente und erlauben es, bei geringem Aufwand hohe Genauigkeiten zu erzielen.

Wegen der Vorteile der mit A/D-Wandlern ausgerüsteten Mikrorechner wurden diese bei den entwickelten Meßwertverarbeitungssystemen zur Erfassung der analogen Signale verwendet. Die wichtigsten Auswahlkriterien für die erforderlichen A/D-Wandler sind das Auflösungsvermögen, die Linearität, deren Temperaturkonstanz, die Wandlungszeit und in Verbindung mit Mikroprozessoren die Kompatibilität zum Prozessor. Um veränderliche Meßwerte hinreichend genau zu erfassen, sollte die Wandlungszeit 5- bis 10mal kürzer sein als die Periodendauer der höchsten vorkommenden Signalfrequenz. Eine Wandlungszeit von 10 ms oder eine maximale Abtastfrequenz von 100 Hz dürfte für landtechnische Messungen deshalb ausreichend sein. Die Auflösung eines A/D-Wandlers ist durch die Anzahl seiner Binärstufen (bits) gekennzeichnet. Ein 12 bit-A/D-Wandler löst den Meßbereich in $2^{12} = 4096$ Stufen auf. Um diese Auflösung voll auszunutzen, sollte der Eingangsspannungsbereich (Meßbereich) des A/D-Wandlers möglichst gut an die Meßsignalspannungen angepaßt werden.

2.2 Erfassung digitaler Signale

Digitale Signale, die in Form von Impulsen vorliegen (von Impulsgebern zur Drehzahl-, Geschwindigkeit-, Kraftstoffverbrauchsmessung u.ä.), können zwar unmittelbar vom Rechner gezählt werden, jedoch ist es sinnvoller, hierzu spezielle Zählerbausteine zu verwenden, die auf das Mikrocomputersystem abgestimmt sind. Der Rechner wird dadurch von den Zählaufgaben entlastet. Diese Zählerbausteine können auch als Zeitgeber oder zur Zeitmessung eingesetzt werden, so daß mit ihnen auch eine Frequenz- oder Periodendauermessung möglich ist.

Digitale Signale, die unmittelbar als binär codierte Meßwerte vorliegen (wie z.B. von Winkelencodern), können über entsprechende Parallel-Ein-/Ausgabe-Bausteine vom Rechner erfaßt werden. Diese Bausteine werden auch zum Abfragen von Schalterstellungen und zur Ausgabe von Informationen (Leuchtanzeigen, Drucker, usw.) verwendet.

2.3 Meßwertaufbereitung mittels Mikrocomputer

Eine schnelle Meßwertaufnahme und -aufbereitung ist mit in BASIC programmierten Kleinrechnern nicht möglich, da bei dieser Programmiersprache jeder Programmschritt zunächst im BASIC-Interpreter übersetzt werden muß und dafür Zeit benötigt wird. Außerdem ergeben sich in vielen Fällen Schnittstellenprobleme und A/D-Wandler nicht anschaltbar sind. Deshalb wird hier ein sogenannter Ein-Chip-Mikrocomputer vorgeschaltet, der in Maschinensprache programmiert wird. Dieser Mikrocomputer, der hier Slave-Computer genannt wird, dient zur Meßwertfassung und zur Meßwertaufbereitung und steuert die Eingebauweise wie A/D-Wandler und Zählerbausteine.

Er summiert die analogen Meßwerte, ermittelt die Anzahl der aufsummierten Meßwerte und bestimmt die Meßdauer. Das notwendige Programm des Slave-Computers ist in einem Speicherbaustein (EPROM) abgelegt, dessen Inhalt auch beim Ausschalten des Systems erhalten bleibt. Programmänderungen sind durch Austausch des Speicherbausteins möglich.

3. Komponenten zur Meßwertauswertung und Dialogmöglichkeiten des Meßwertverarbeitungssystems

Die vom Slave-Mikrocomputer aufbereiteten Meßwerte müssen einer endgültigen Verarbeitung zugeführt werden, damit der Benutzer die gewünschte Information erhält. Diese Aufgabe übernehmen in BASIC programmierbare Kleinrechner, hier Master-Computer genannt, wobei verschiedene Typen möglich sind. Am Master-Computer sind die gewünschten Ausgabegeräte wie Bildschirm, Drucker und evtl. Plotter zur Darstellung der Ergebnisse angeschlossen. Um die Ergebnisse jederzeit wieder zur Verfügung zu haben, können sie, abhängig vom Typ des Master-Computers, auf einem Diskettenlaufwerk, einem Kassettenrecorder oder auf Magnetstreifen gespeichert werden. Außer den Daten werden auf diesen Massenspeichern auch die Programme hinterlegt. Da beim Ausschalten der Anlage die Speicherinhalte verlorengehen, müssen beim erneuten Inbetriebnehmen die Programme wieder in den Master-Computer geladen werden.

Eine weitere wichtige Aufgabe des Master-Computers ist die Steuerung des Slave-Computers und damit die Steuerung des Meßablaufs. Von hier aus wird vorgegeben, wie lange gemessen werden soll, welche Meßkanäle abgefragt, welche Daten übernommen werden sollen usw.

Die Kommunikation zwischen Master- und Slave-Computer, d.h. die Steuerung und die Datenübernahme, geschieht über einen Parallel-Ein-/Ausgabe-Baustein, wie er schon in Abschn. 2.2 erwähnt wurde.

Die Bedienung des Gesamtsystems erfolgt mit einer Tastatur in interaktiver Weise, d.h. der Computer fragt den Benutzer, welche Funktion als nächste durchgeführt werden soll, und der Benutzer antwortet durch Betätigung einer entsprechenden Taste. Durch diese Dialogtechnik ist es möglich, daß das Meßwertverarbeitungssystem auch ohne Kenntnis einer Programmiersprache und ohne computerspezifisches Wissen bedient werden kann.

Im folgenden Abschnitt werden die entwickelten Meßwertverarbeitungssysteme im einzelnen beschrieben.

4. Neu entwickelte Meßwertverarbeitungssysteme

Das Bild 2 zeigt das Blockschaltbild der entwickelten Meßwertverarbeitungssysteme. Die analogen Signale müssen im Spannungsbereich über eine Pegelanpassung den A/D-Wandlern angepaßt werden. Die A/D-Wandler, die Impulszähler und der Ein-Chip-Mikrocomputer (Slave) befinden sich auf einer Karte (gedruckte Schaltung), die im folgenden Integratorkarte genannt wird. Als Master-Computer kann jeder beliebige Kleinrechner verwendet werden, der über Parallel-Schnittstellen zur Kommunikation mit dem Slave-Computer verfügt. Die Aufgaben von Slave- und Master-Computer wurden schon in den vorherigen Abschnitten angesprochen. Es wurden drei verschiedene Rechner als Master-Computer eingesetzt und entsprechend drei verschiedene Meßwertverarbeitungssysteme entwickelt. Als Master-Computer wurden verwendet:

- HP 75 Taschencomputer (Fa. Hewlett Packard)
- ZX 81 Taschencomputer (Fa. Sinclair)
- Ein-Platinen-Computer (Fa. Kontron) in Verbindung mit einer Telemetrieanlage zur Datenfernübertragung auf einen NEC 8001 PC Tischcomputer (Fa. NEC).

Eine zentrale Stromversorgung speist alle am Schlepper befindlichen Komponenten. Im folgenden wird auf die einzelnen Bauteile in Bild 2 etwas näher eingegangen.

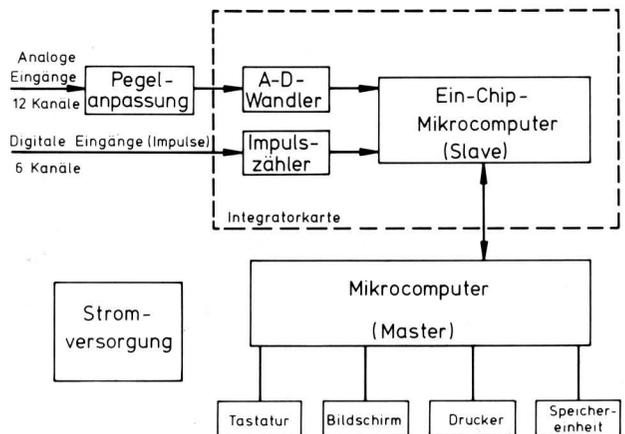


Bild 2. Blockschaltbild der Meßwertverarbeitungssysteme.

4.1 Pegelanpassung

Da die verwendeten A/D-Wandler einen Eingangsspannungsbereich von 0–2,5 V haben, die am Ausgang des Verstärkers für die Dehnungsmessstreifen anstehenden Signale aber im Bereich von –10 V bis +10 V liegen, muß eine Pegelanpassung vorgenommen werden. Mit der in Bild 3 gezeigten Operationsverstärkerschaltung (mit Operationsverstärker TL 083) erfolgt die entsprechende Pegelanpassung. Diese Schaltung ist bei den entwickelten Systemen insgesamt 12mal vorhanden, da 12 analoge Kanäle vorgesehen sind.

4.2 Integratorkarte

Das Bild 4 zeigt das Blockschaltbild der Integratorkarte. Sie enthält für Analogsignale drei A/D-Wandler-Bausteine vom Typ μ PD 7002 mit jeweils 4 Eingängen und einer Auflösung von 12 bit (die Genauigkeit entspricht 10 bit $\hat{=}$ 0,1 %). Die Wandlungszeit für die Umsetzung eines Meßwertes beträgt 10 ms.

Für die digitalen Signale (Impulse) werden zwei Zählerbausteine vom Typ 8253 verwendet. Jeder Baustein enthält drei 16 bit-Zähler, so daß insgesamt 6 Impulseingänge zur Verfügung stehen, wobei jeweils maximal $2^{16} = 65536$ Impulse gezählt werden können.

Wird diese Zahl überschritten, so wird dies an den nachfolgend beschriebenen Mikrocomputer gemeldet, so daß darüber hinaus weitergezählt werden kann.

Das Kernstück der Integratorkarte stellt ein Ein-Chip-Computer vom Typ 8039 dar. Dieser Baustein enthält einen vollständigen Mikrocomputer mit Taktgeber, einen 8 bit-Zeitgeber, einen Arbeitsspeicher (RAM) mit 128 byte und einer 8 bit-Parallel-Schnittstelle. Der ebenfalls in dem Baustein vorhandene Programmspeicher kann leider nicht benutzt werden, da dieser nur vom Hersteller programmiert werden kann. Aus diesem Grund muß noch ein externer Programmspeicher (EPROM) angeschlossen werden. Vorgesehen ist hier der Typ 2716 mit 2 kbyte Speicherplatz oder der Typ 2732 mit 4 kbyte Speicherplatz.

Des weiteren befinden sich noch einige Logikbausteine auf der Integratorkarte, die vorwiegend zur Auswahl der Bausteine durch den Ein-Chip-Mikrocomputer dienen.

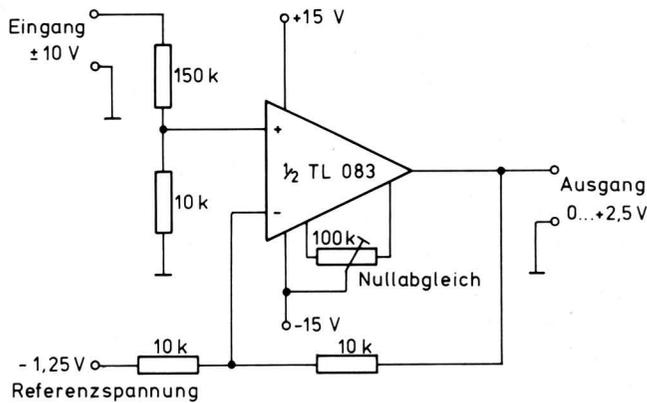


Bild 3. Schaltung zur Pegelanpassung für analoge Signale.

Das Programm beginnt mit der Frage, ob die Messung gestartet werden soll und bleibt solange in einer Warteschleife, bis die Messung vom Master-Computer freigegeben wird. Anschließend werden der Zeitgeber (im Mikrocomputer 8039), die Impulszähler und die A/D-Wandler gestartet. Während die Zähler entsprechend den einlaufenden Impulsen hochlaufen, werden vom A/D-Wandler in bestimmten Zeitintervallen die Analogsignale in digitale Meßwerte gewandelt. Diese Wandlung benötigt etwas Zeit. Deswegen wird in einer weiteren Warteschleife die Fertigmeldung der A/D-Wandler abgewartet. Danach werden die digitalisierten Meßwerte zu den vorherigen Werten addiert und der Meßwertzähler, der die Anzahl der Meßwerte zählt, hochgezählt. Wenn die Messung beendet ist, werden Zeitzähler und Impulszähler angehalten und sämtliche Zählerstände und die Summe der digitalisierten Meßwerte zum Master-Computer übertragen. Anschließend springt das Programm an den Anfang zurück und wartet, bis eine neue Messung erfolgen soll.

Wie das Flußdiagramm zeigt, können mit dem vorliegenden Programm im Augenblick nur Mittelwerte berechnet werden. Sollen andere Größen wie Maxima, Minima oder Standardabweichungen ermittelt werden, so muß das Programm des Slave-Computers entsprechend erweitert werden.

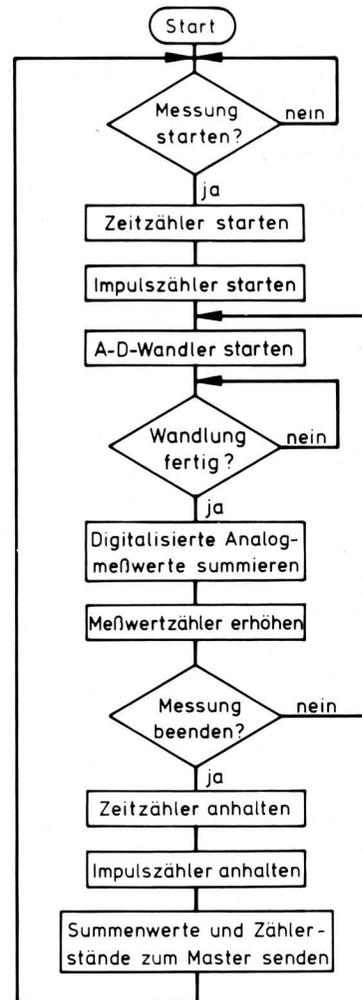


Bild 5. Flußdiagramm des Maschinenprogramms für den Slave-Computer.

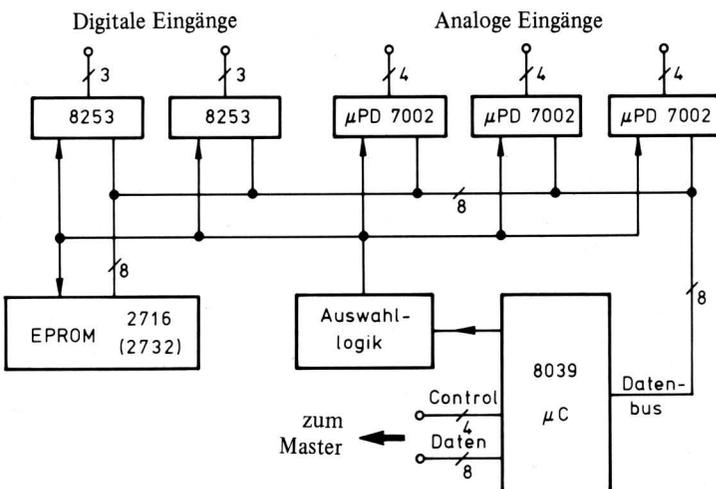


Bild 4. Blockschaltbild der Integratorkarte (Slave-Computer).

Das Flußdiagramm des auf dieser Karte installierten Programmes zeigt Bild 5. Dieses Programm ist in Maschinensprache für den 8039-Mikrocomputer geschrieben und befindet sich in einem Festwertspeicher (EPROM 2716 oder 2732).

4.3 Stromversorgung

Die Stromversorgung ist so ausgelegt, daß das Meßwertverarbeitungssystem mit 12 V von der Schlepperbatterie betrieben werden kann. Die für die Digitalbausteine erforderliche 5 V-Versorgung wird durch integrierte Spannungsregler unmittelbar von der 12 V-Spannung abgeleitet. Für die analogen Bausteine (Operationsverstärker) werden Spannungen von + 15 V und - 15 V benötigt. Hierzu werden entsprechende Gleichspannungswandler mit nachfolgenden Spannungsreglern eingesetzt.

4.4 Master-Computer

4.4.1 HP 75 Taschencomputer

Der HP 75 [1] ist ein batteriebetriebener Taschencomputer mit einer Flüssigkristallanzeige, einer Tastatur und einer Magnetstreifen Schreib- und -leseeinrichtung. Die Programmierung erfolgt in BASIC. Der BASIC-Interpreter ist in einem Festwertspeicher enthalten, der nach dem Einschalten sofort einsatzbereit ist. Die Programme und Daten gehen nach dem Ausschalten nicht verloren, da der Arbeitsspeicher weiter mit Spannung versorgt wird (CMOS-Bausteine). Die Programme und Daten können aber auch auf Magnetstreifen gespeichert und später wieder eingelesen werden.

Mit anderen Geräten arbeitet der HP 75 über eine Ringleitung (HP-IL: HP-Interface Loop) zusammen, Bild 6. Über diese Ringleitung sind eine Video-Schnittstelle zum Anschluß eines Monitors und eine Parallel-Schnittstelle (GPIO-Interface) zum Anschluß eines Druckers und des Slave-Computers mit dem HP 75 verbunden. Als Bildschirm dient ein 5-Zoll-Monitor, der zusammen mit einem Drucker zur Dokumentation der Ergebnisse in ein gemeinsames Gehäuse eingebaut ist. Der Drucker kann 24 Zeichen pro Zeile auf einen Normalpapierstreifen mit einer Geschwindigkeit von etwa 1 Zeile pro Sekunde drucken. Den wahlweisen Betrieb des Druckers bzw. des Slave-Computers an der gleichen Schnittstelle ermöglicht eine Steuerlogik.

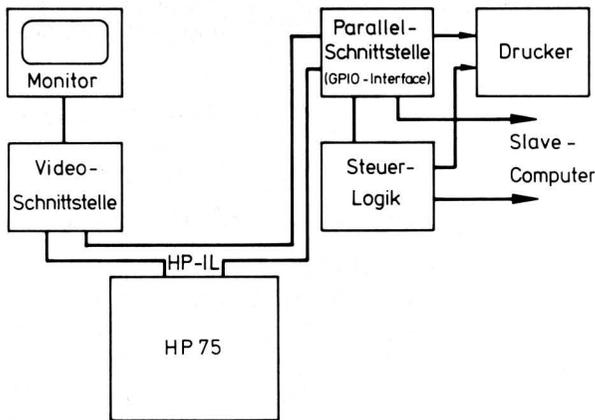


Bild 6. Blockschaltbild des Meßwertverarbeitungssystems mit HP 75 und peripheren Komponenten.

Der Start des Meßvorganges erfolgt im praktischen Einsatz durch eine separate Taste, die unmittelbar auf den Slave-Computer wirkt, da die Zeitverzögerung bei der Übertragung des Startsignals über die HP-IL-Ringleitung zu groß wäre. Bild 7 zeigt ein Foto des ausgeführten Systems.

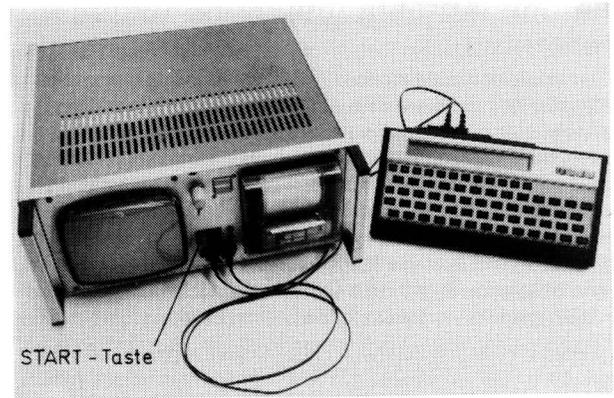


Bild 7. Ausgeführtes Meßwertverarbeitungssystem mit dem HP 75.

4.4.2 Sinclair ZX 81 Taschencomputer

Der ZX 81 [2] ist ein Rechner mit Folientastatur (Vorteil: staub- und wasserdicht). Er besitzt Anschlüsse für Kassettenrecorder als Speichereinheit und für ein Fernsehgerät zum Betrieb als Bildschirm. Außerdem können über eine Steckverbindung Erweiterungsbausteine angeschlossen werden. Da bei diesem Rechner keine für den vorgesehenen Anwendungsfall geeigneten Schnittstellen vorhanden sind, wurde eine zusätzliche Schnittstellenkarte entwickelt, die auf der einen Seite an den Systembus des Rechners angeschlossen ist. Die Schnittstelle zur Peripherie (Drucker, Slave-Computer) bildet ein Parallel-Ein-/Ausgabe-Baustein (Z 80 PIO). Für die Ansteuerung des Bausteins dient eine Adreß-Auswahllogik, bei der der Adreßbereich so eingestellt ist, daß kein Konflikt mit rechnerinternen Bausteinen oder anderen Erweiterungen entsteht. Mit Hilfe einer externen Speichererweiterung mit 6 kbyte, Bild 8, die nach [3] aufgebaut ist, wurde der Arbeitsspeicher auf 7 kbyte vergrößert, so daß genügend Speicherplatz für das Auswerteprogramm zur Verfügung steht. Der in Abschn. 4.4.1 erwähnte Monitor wird hier ebenso verwendet wie der 24-Zeichen-Drucker, wobei das Videosignal über eine Treiberstufe dem Monitor zugeführt wird.

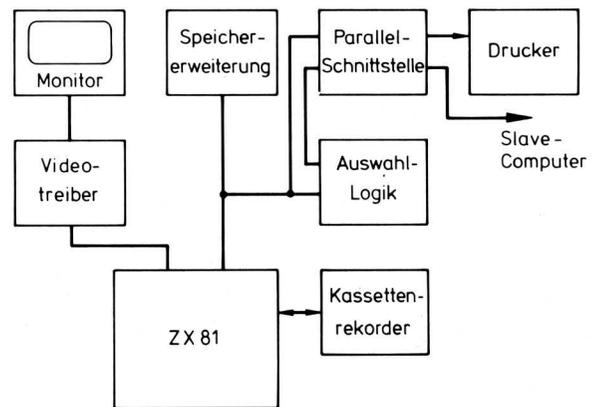


Bild 8. Blockschaltbild des Meßwertverarbeitungssystems mit ZX 81 und peripheren Komponenten.

Zum Abspeichern der Programme und Daten wird an den ZX 81 ein handelsüblicher Kassettenrecorder angeschlossen. Da beim Ausschalten des Systems das Verarbeitungsprogramm verlorengeht, muß dieses nach dem Einschalten erneut vom Kassettenrecorder geladen werden. Bild 9 zeigt eine Fotografie des ausgeführten Systems. Neben dem Kassettenrecorder ist die Tastatur des eingebauten ZX 81, der Monitor und der Drucker zu erkennen.

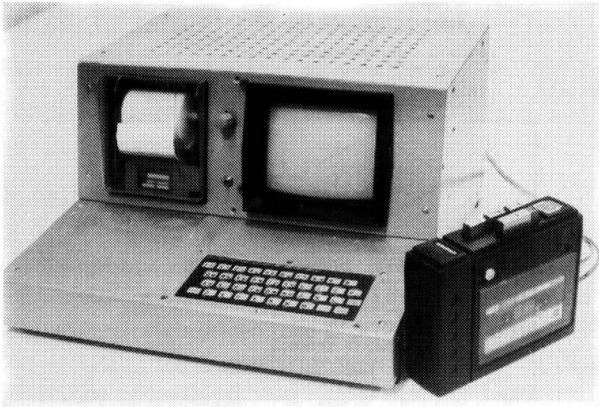


Bild 9. Ausgeführtes Meßwertverarbeitungssystem mit ZX 81 und Kassettenrecorder als Programm- und Datenspeicher.

4.4.3 Rechner 8001 PC mit Telemetriesystem

Bei der dritten Variante des Meßwertverarbeitungssystems besteht der Master-Computer aus zwei räumlich getrennten Einheiten. Ein Ein-Platinen-Computer (Z 80 M.-Computer), der auf dem Versuchsschlepper installiert ist, und ein Tischcomputer PC 8001 [4], der sich am Feldrand befindet, sind über eine Telemetriestrecke miteinander gekoppelt, **Bild 10**. Die Steuerung des Slave-Computers und die Meßdatenübernahme erfolgt von dem Ein-Platinen-Computer (Fa. Kontron), der mit einem Z 80-Mikroprozessor ausgestattet ist. Das in Maschinensprache geschriebene Programm befindet sich in einem Festwertspeicher (EPROM). Daran angeschlossen sind drei Ziffernanzeigen und eine Befehlseingabetastatur, über die auch der Start bzw. Stop der Messung erfolgt, **Bild 11**. Mit den Ziffernanzeigen können je nach Wunsch während der Meßfahrt Fahrgeschwindigkeit, Schlupf oder andere Größen angezeigt werden und nach der Meßfahrt die entsprechenden Mittelwerte. Zusätzlich werden nach Beendigung der Versuchsfahrt die während des Versuches vom Slave-Computer übernommenen Daten in serieller Form über eine Telemetriestrecke auf einen Computer NEC 8001 PC übertragen, der die Weiterverarbeitung vornimmt. Dieser Computer, **Bild 12**, steht geschützt in einem Fahrzeug am Feldrand und ist mit einem grafikfähigen 12-Zoll-Monitor, zwei Diskettenlaufwerken, einem DIN A4-Matrixdrucker und einem DIN A3-Plotter ausgestattet.

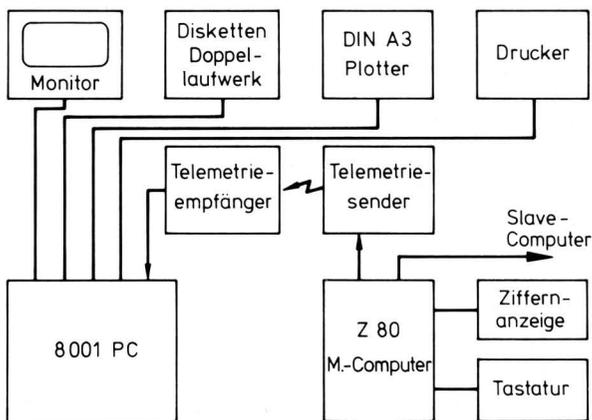


Bild 10. Blockschaltbild des Meßwertverarbeitungssystems mit PC 8001 sowie Z 80-Einplatinencomputer und peripheren Komponenten; Übertragung durch Telemetrieanlage.

Dieses System bietet den Vorteil, große Datenmengen speichern zu können und die Versuchsergebnisse sofort in Diagrammen oder Tabellen darzustellen.

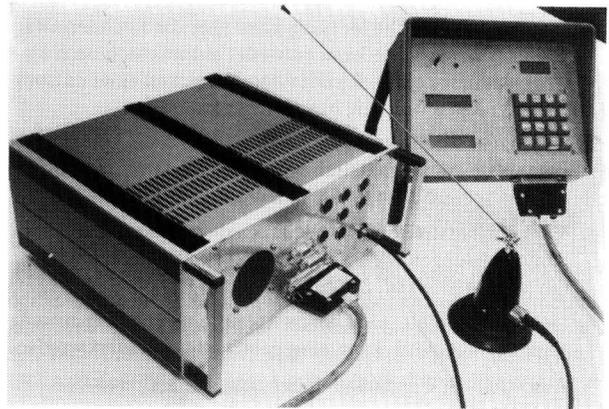


Bild 11. Am Schlepper befindliche Komponenten des Meßwertverarbeitungssystems bei Verwendung einer Telemetrieanlage.

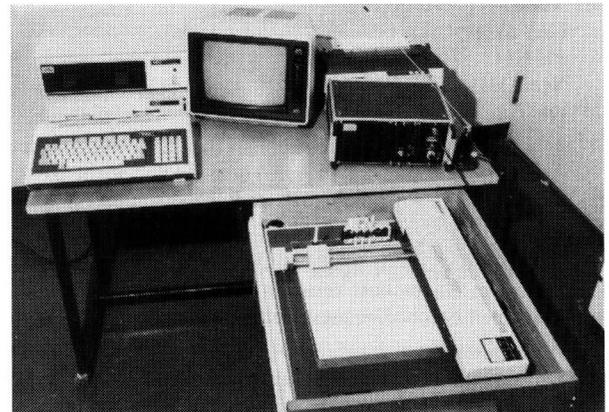


Bild 12. Stationärer Teil des Meßwertverarbeitungssystems mit Telemetrieempfänger, NEC-PC-Computer und Plotter.

4.5 Menü und Steuerfunktionen des Meßwertverarbeitungsprogramms

Eine ausführliche Beschreibung sämtlicher Programmteile zur Meßwertverarbeitung und -auswertung ist an dieser Stelle nicht möglich. Obwohl alle drei Rechner in BASIC programmiert werden, existieren dennoch große Unterschiede im Befehlssatz und auch in der Ausführung der einzelnen Befehle. Ebenso müssen die unterschiedlichen Schnittstellen im Programm entsprechend berücksichtigt werden. Beispielhaft für den Ablauf aller Programme wird hier deshalb nur ein sog. "Menü" beschrieben, mit dem sich der HP 75 nach dem Einschalten meldet:

1. Messung starten
2. Auf Magnetstreifen speichern
3. Vom Magnetstreifen lesen
4. Meßzeit
5. Ausdruck der Ergebnisse
6. Name des Datenfiles eingeben
7. Alte Daten auswerten
8. Start über Fernbedienung
9. Kalibrierung der Kraftmessung
10. Kalibrierung der Schlupfmessung
11. Anzeige der Ergebnisse.

Aus den angebotenen Funktionen kann der Benutzer durch Eingeben der entsprechenden Zahl eine auswählen. Meistens folgt dann ein "Untermenü", mit dem unter weiteren Funktionen ausgewählt werden kann. Ausgehend vom "Hauptmenü" stehen folgende Funktionen zur Verfügung:

1. Messung starten: Die Messung kann über die Rechner tastatur gestartet werden. Sie kann entweder automatisch nach einer vorgewählten Zeit (s. 4.) oder durch Drücken einer entsprechenden Taste vorzeitig beendet werden.
2. Auf Magnetstreifen speichern: Hier können Meßwerte und Ergebnisse auf Magnetstreifen abgespeichert werden, um sie für eine spätere Auswertung zur Verfügung zu haben.
3. Vom Magnetstreifen lesen: Hier können Meßwerte von früheren Messungen wieder in den Rechner eingelesen werden, um sie auszuwerten, zu überprüfen o.ä.
4. Meßzeit: Die Zeit, nach deren Ablauf eine Messung automatisch beendet wird, kann eingegeben oder geändert werden.
5. Ausdruck der Ergebnisse: Ergebnisse können, wenn gewünscht, nach jeder Messung ausgedruckt werden. Wenn die hierfür benötigte Zeit nicht zur Verfügung steht, kann der Ausdruck aber auch erst nach einer beliebigen Zahl von Messungen vorgenommen werden. Dadurch kann ohne Zeitverlust die nächste Messung begonnen werden. Die Meßwerte vorheriger Messungen bleiben erhalten.
6. Name des Datenfiles eingeben: Die Meßwerte werden in sog. Files abgespeichert, was einem bestimmten Speicherplatz auf einem Datenträger (hier: Magnetstreifen) entspricht. Der Name für ein Datenfile kann eingegeben, geändert oder gelöscht werden.
7. Alte Daten auswerten: Hier können Daten, die von Magnetstreifen eingelesen wurden (s. 3.) oder die von vorherigen Messungen stammen und noch im Rechnerspeicher stehen, ausgewertet werden.
8. Start über Fernbedienung: Auf dem Feld wird der Rechner mit einem Staubschutz versehen. Die Messung kann deshalb über einen Fernbedienungsschalter gestartet werden. Sonst wie 1.
9. Kalibrierung der Kraftmessung: Hier können Umrechnungsfaktoren (mV/kN) für die Kraftmessung eingegeben werden.
10. Kalibrierung der Schlupfmessung: Entsprechend 9. Umrechnungsfaktoren für den Schlupf.
11. Anzeige der Ergebnisse: Wie 5. nur statt des Ausdrucks erfolgt eine Anzeige auf dem Bildschirm.

Bild 13 zeigt das Flußdiagramm des Programmteils, mit dem eine Messung gesteuert wird. Dies entspricht einem Aufruf von Funktion 1 des Hauptmenüs.

Zuerst werden die Schnittstellen zur Integratorkarte initialisiert. In einer Schleife wird dann gewartet, bis die Starttaste betätigt wird. Darauf wird der Zeitzähler gestartet. Das Startkommando wird an die Integratorkarte übermittelt und löst dort die Messung aus, wie in Abschn. 4.3 beschrieben. In einer doppelten Schleife wird nun gewartet, bis entweder die Stoptaste betätigt wird oder die gewünschte Meßzeit abgelaufen ist. Wenn eine dieser Bedingungen erfüllt ist, wird das Meßprogramm der Integratorkarte angehalten und die Meßwerte werden zum Master-Computer übertragen. Falls im Hauptmenü die sofortige Auswertung gewählt wurde, erfolgt diese mit entsprechendem Ausdruck oder Anzeige. Andernfalls springt das Programm unmittelbar zum Anfang und wartet auf die erneute Betätigung der Starttaste.

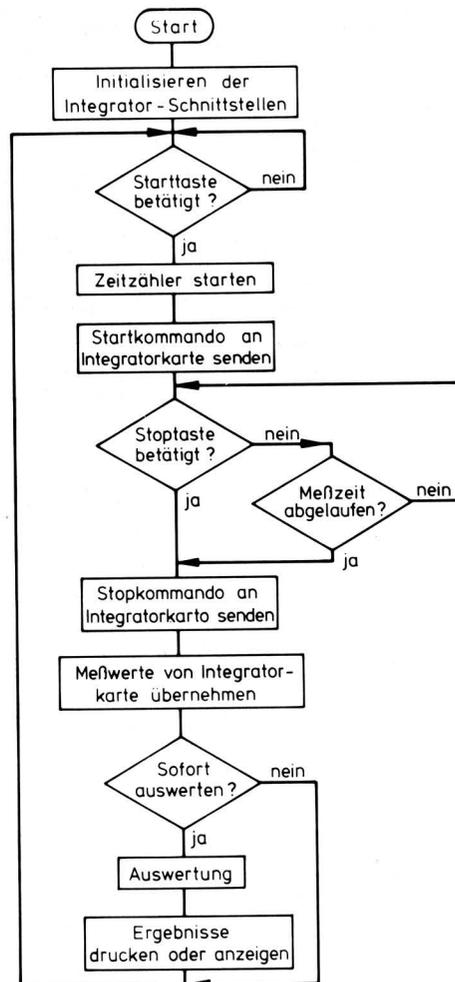


Bild 13. Flußdiagramm des Programmteils zur Durchführung einer Messung.

5. Zusammenfassung

In diesem Aufsatz werden drei verschiedene Varianten eines mobilen Meßwertverarbeitungssystems vorgestellt. Durch die Verwendung moderner elektronischer Bauelemente war ein kompakter Aufbau möglich, so daß eine Unterbringung auf dem Schlepper keine Schwierigkeiten bereitet. Schon während der laufenden Versuche kann man damit Ergebnisse erhalten und eine Auswertung vornehmen.

Zur Meßwertaufnahme sind genügend analoge und digitale Eingänge vorhanden, so daß sich ein breites Anwendungsgebiet für die landtechnische Forschung ergibt. Eine Anpassung an die spezifischen Anforderungen bestimmter Untersuchungsobjekte ist durch Modifikation der Software (Programme) leicht durchführbar. Die Versuchsdurchführung wird somit wesentlich effizienter und flexibler gestaltet.

Schrifttum

- [1] Fa. Hewlett-Packard, HP 75 Benutzerhandbuch.
- [2] Fa. Sinclair, ZX 81 BASIC Programmierhandbuch.
- [3] ZX 81 a la carte, FUNKSCHAU (1983) H. 12, S. 71/74 und H. 13, S. 69/73.
- [4] NEC, Micro Computer, User's Manual.