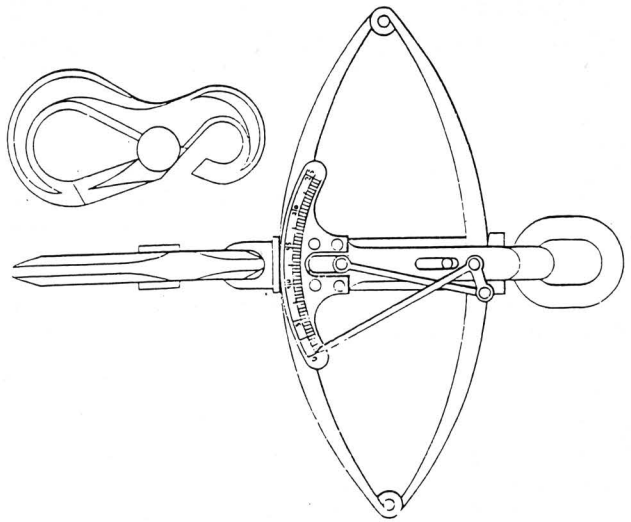


PC-Einsatz in der Meßtechnik bei Feldversuchen

Von Norbert Fröba, München*)

DK 621.317

In Verbindung mit Meßwertaufnehmern kann ein Personalcomputer mit eingebauter Analog/Digital-Wandlerkarte als Universalmeßgerät eingesetzt werden. Seine große Datenverarbeitungskapazität macht es möglich, die bislang übliche zeitliche und örtliche Trennung zwischen Versuchsdurchführung und rechenaufwendiger Versuchsauswertung zu überwinden. So kann unmittelbar nach Ablauf eines Feldversuchs aufgrund der gewonnenen Ergebnisse entschieden werden, ob der Versuch zu wiederholen ist bzw. welche Werte der Versuchsparameter im folgenden am zweckmäßigsten einzustellen sind. Es wird berichtet von den Überlegungen bei der Konzeption eines solchen attraktiven Meßsystems wie auch von praktischen Erfahrungen unter rauen Einsatzbedingungen (Kräftemessungen an Pflugwerkzeugen), und es werden Gedanken zum zukünftigen PC-Einsatz in der Meßtechnik bei Feldversuchen vorgestellt.¹⁾



1. Einleitung

Feldversuche spielen nach wie vor in der Forschung sowie bei der Entwicklung und Verbesserung landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte eine entscheidende Rolle. Meist ist eine Vielzahl von Meßgrößen zu berücksichtigen, und die Versuche sind oft schwer reproduzierbar. Darüber hinaus stellen die hohen Kosten auch immer größere Anforderungen an die Effektivität und Flexibilität der Versuchs- und Meßeinrichtungen. Die bei Feldversuchen verwendete Meßkette läßt sich, wie bei anderen Meßaufgaben auch, in drei Hauptteile gliedern [1]:

1. Die Meßwertaufnahme beinhaltet Sensoren, wie z.B. Dehnungsmeßstreifen, Thermolemente, Impulszähler usw.
2. Die Meßwertübertragung beinhaltet ggf. Drehübertrager, Verstärker, Filter und Kabel
3. Die Meßwertausgabe und -verarbeitung beinhaltet Speicherungs-, Ausgabe- und Auswertegeräte.

Diese drei Glieder der Meßkette sind nicht immer gerätetechnisch getrennt verwirklicht worden. Als Beispiel hierfür zeigt **Bild 1** ein mechanisches Dynamometer, wie es im letzten Jahrhundert zur Zugkraftmessung an Pflügen verwendet wurde.

Die Meßwertaufnahme erfolgt dabei über die Zugösen und die damit verbundene Feder. Durch die Verformung der Feder und das anschließende Hebelwerk wird das Meßsignal übertragen. Die Meßwertverarbeitung erfolgt durch Ablesen einer Skala.

Bild 1. Mechanisches Dynamometer für Zugkraftmessungen an Pflügen von Fa. C.W.J. Blancke & Co., Merseburg; nach *Perels* [2].

Mit der Einführung von aufzeichnenden Meßgeräten, wie Dynamometern mit Tintenschreiberantrieb, hydraulischen Meßdosen mit Wachspapieraufzeichnung bis hin zu den Dehnungsmeßstreifen mit Speicherung der Meßwerte auf Magnetband, wurde die Meßwertaufnahme von der Meßwertverarbeitung immer weiter getrennt. Erst mit dem Einsatz moderner Datenverarbeitungsgeräte wie dem PC ist es heute möglich, Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung wieder näher zusammenzuführen. Dabei stellt die im folgenden beschriebene Meßtechnik eine universelle Lösung dar, die leicht an verschiedene Meßaufgaben angepaßt werden kann.

2. Meßaufgabe "Belastungsmessungen an Pflügen im Einsatz" – Anforderungsliste

Am Beispiel des am Institut für Landmaschinen der Technischen Universität München seit einigen Jahren laufenden Forschungsvorhabens "Belastungsmessungen an Pflügen im Einsatz" soll die Verwendung eines Personalcomputers für diese Meßaufgabe erläutert werden. Auf dem Versuchspflug, **Bild 2**, ist der Meßgeräteträger direkt angebracht. Unter der Schutzplane befinden sich alle Meßgeräte und ein Sitzplatz für den Gerätebetreuer. Das Gewicht der Geräte, des Meßgeräteträgers und des Betreuers entspricht etwa dem Gewicht des Werkzeugsatzes, der von dem Seriendrehpflug abgebaut wurde. Als PC wird im folgenden ein handelsüblicher Personalcomputer mit einer eingebauten Analog/Digital-Wandler-Steckkarte zur Umsetzung der analogen in digitale Signale bezeichnet. Mit dem PC auf dem Pflug konnten unter extremen Bedingungen inzwischen in mehr als 200 Stunden Einsatzerfahrungen bei Feldversuchen gesammelt werden.

¹⁾ Erweiterte Fassung des gleichnamigen Vortrags bei der Internationalen Tagung Landtechnik 26./27. Okt. 1989 in Köln.

*) *Dipl.-Ing. N. Fröba ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Landmaschinen (Leiter: Prof. Dr.-Ing. K.Th. Renius) der Technischen Universität München.*



Bild 2. Versuchspflug mit direkt auf dem Pflug montiertem Meßgeräteträger beim Pflügen der Winterfurche nach Mais.

Zur Auswahl des PC wurde bei der Planung des Vorhabens eine Anforderungsliste erstellt, **Tafel 1**. Die Zahl und Art der Meßgrößen wird durch **Bild 3** verdeutlicht. Am Hauptwerkzeug sollen die Längs-, Seiten- und Vertikalkraft sowie die 3 Restmomente gemessen werden. Weiterhin sollen am Vorschäler die Längs- und Seitenkraft, am Scheibensech die Längskraft, am Stützrad die Längs- und Seitenkraft und die drei Arbeitsparameter Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitstiefe und die Arbeitsbreite am Hauptwerkzeug bestimmt werden. Zu diesen 14 Meßgrößen werden noch zwei Ersatzkanäle vorgesehen, um gegebenenfalls zwei weitere Meßgrößen verarbeiten zu können.

Weitere Positionen der Anforderungsliste betreffen die zu erwartende Signalgröße, Signalfrequenz und die daraus resultierenden Abtastraten, die zur Auswahl eines A/D-Wandlers benötigt werden. Die ankommenden Meßsignale haben infolge der verwendeten Meßgeräte eine Größe von ± 10 V. Aufgrund von eigenen Vorversuchen und Werten aus dem Schrifttum wurde die Signalfrequenz mit 1–3 Hz angesetzt. Um eine für die spätere Klassierung ausreichende Nachbildung der analogen Signale zu erhalten, muß eine volle Schwingung mindestens 20mal abgetastet werden. Im vorliegenden Fall ergibt sich daraus eine Abtastrate von 60 Hz, was für 16 Kanäle eine sog. Gesamtwandelrate von 960 Hz bedeutet. Diese Forderung wird von den heute gebräuchlichen Wandlerkarten problemlos erfüllt. Die Dauer der Einzelversuche und die damit verbundene Zahl der digitalisierten Meßwerte sind weitere Punkte der Anforderungsliste. Für die bei den Versuchen angestrebten Arbeitsgeschwindigkeiten von 1,0–2,5 m/s und eine Länge der Einzelversuchsstrecke von 30 m ergibt sich somit eine Versuchsdauer von 12–30 s. Dabei werden bei einem Einzelversuch zwischen 11520 und 28800 Meßwerte erzeugt, die weiterverarbeitet werden müssen.

Als eigene und besonders wichtige Gruppe von Anforderungen sind die in **Tafel 2** aufgeführten Umgebungsbedingungen zu nennen. Der für die Geräte zulässige Temperaturbereich während des Versuchsbetriebes wird auf -10 bis $+40$ °C festgelegt. Der verwendete PC sollte unempfindlich gegen Feuchtigkeit sein, die aus Nebel, Tau und Spritzwasser bestehen kann, und er sollte auch problemlos in einer staubigen Umgebung betrieben werden können. Weiterhin sollen während des Betriebes stoßartige Beschleunigungen bis zu 20 m/s^2 (ca. 2 "g") auf das Gerät wirken dürfen. Außerdem ist mit elektromagnetischen Feldern zu rechnen, die von Geräten auf dem Pflug bzw. auf dem Traktor oder vom Traktor selbst erzeugt werden. Die Stromversorgung soll durch einen Stromerzeuger mit einer Spannung von 220 V oder durch das Traktorbordnetz mit 12 V erfolgen.

Im Meßgeräteträger steht ein Raum von $50 \times 50 \times 50$ cm für den PC zur Verfügung.

Anforderung	Größe	Bemerkungen
Zahl der Meßgrößen, i	14 (+ 2)	8 Kräfte, 3 Momente, 3 Arbeitspar., 2 Ersatzkanäle
Eingangssignal Wandler, U _w	$-10 \div +10$ V	Ausgang Meßverstärker
Signalfrequenz, f	1 ÷ 3 Hz	
Abtastrate pro Kanal, n _i	60 Hz	20 x f
Gesamtwandelrate, n _G	960 Hz	n _i x i
Meßdauer Einzelversuch, t _i	12 ÷ 30 s	v = 1,0 ÷ 2,5 m/s
Zahl der Meßwerte pro Einzelversuch, N	bis 28800	t _i x n _G

Tafel 1. Anforderungen in Bezug auf die Meßsignale.

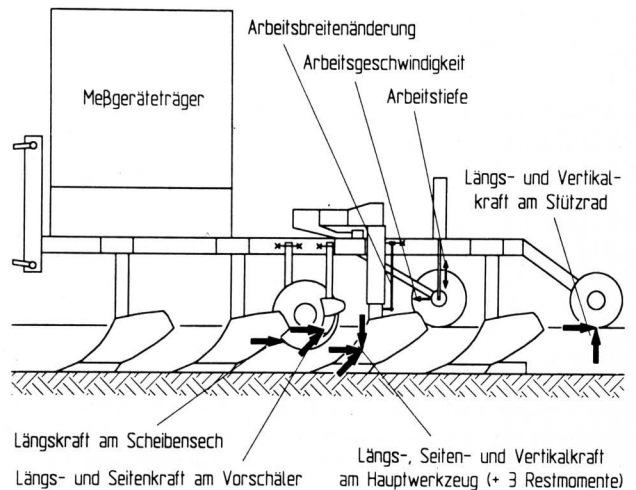


Bild 3. Prinzipskizze des eingesetzten Versuchspflugs mit der Angabe der gemessenen Größen.

Anforderung	Größe/Ursprung
Zulässige Temperaturen	$-10 \div +40$ °C
Feuchtigkeitsunempfindlich	Nebel, Tau, Spritzwasser
Staubunempfindlich	trockene Böden
Beschleunigungsunempfindlich	ca. 2 "g" , stoßartig
Abschirmung gegen elektromagnetische Felder	Traktor, Meßgeräte, Freileitungen
Stromversorgung Stromerzeuger Traktorbordnetz	220 V 12/24 V
Bauraum	500 x 500 x 500 mm
Anforderung	Größe/Ursprung

Tafel 2. Anforderungen aufgrund der Umgebungsbedingungen.

3. Gerätetechnische Verwirklichung

3.1 Gesamtaufbau

In Bild 4 ist der gerätetechnische Gesamtaufbau dargestellt. Die von den Meßwertaufnehmern gelieferten Signale werden in den Meßverstärkern verstärkt und für die Kräfte und Momente anschließend durch ein Tiefpaßfilter gefiltert, wodurch Oberschwingungen geringer Amplitude bewußt ausgeschieden werden. Über eine als Anschlußpanel bezeichnete Steckerleiste werden die Signale dann an die A/D-Wandlerkarte weitergegeben, von dort werden die Werte in den Arbeitsspeicher des Rechners übernommen und nach der Bearbeitung mit einer selbsterstellten Software auf der Festplatte abgespeichert. Da der zeitliche Verlauf der Meßgrößen durch diese Bearbeitung verlorengeht, werden parallel charakteristische Belastung/Zeit-Verläufe beispielhaft für Einzelversuche auf einem UV-Schreiber aufgezeichnet, um die Durchführung von Betriebsfestigkeitsberechnungen und die Erstellung von Prüfstandsprogrammen zu erleichtern.

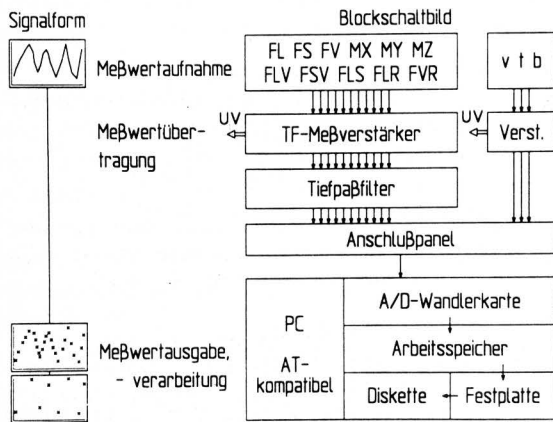


Bild 4. Blockschaltbild der zur Lösung der Meßaufgabe verwendeten Geräte; daneben Entwicklung der Signalform von der analogen Belastung/Zeit-Funktion am Sensor bis zur Minimum/Maximum-Folge im Personalcomputer.

3.2 Verwendeter Personalcomputer mit Analog/Digital-Wandlerkarte

Die Analog/Digital-Wandlerkarte bildet bei der Lösung einer Meßaufgabe mit einem Computer die Schnittstelle zwischen Meßwertübertragung und Meßwertausgabe. Die Daten der verwendeten Karte sind in **Tafel 3** eingetragen. Es wurde eine Karte gewählt, die 16 analoge Eingänge "single-ended" und 8 analoge Eingänge "double-ended" besitzt. Single-ended bedeutet hierbei, daß alle Kanäle einen gemeinsamen Masseanschluß haben, während beim Modus double-ended jeder Kanal einen eigenen Masseanschluß hat. Die Zahl der Eingänge kann durch eine Hardwareerweiterung in Form eines weiteren Multiplexers (Kanalumschalters) für beide Modi auf das Doppelte vergrößert werden.

Die Eingangsspannung kann in den Bereichen 0 bis 10 V, -5 bis +5 V oder -10 bis +10 V liegen, wobei der jeweilige Bereich hardware- (Jumper/Kurzschlußbrücken) und softwaremäßig eingestellt wird. Die Auflösung der Karte beträgt 12 Bit, was einer Wandelgenauigkeit von 0,04 % des Maximalwertes entspricht und damit unsere Anforderungen leicht erfüllt. Mit einer Gesamtwandelrate von 32 kHz ist die Karte auch für die Messung kurzzeitiger höherfrequenter Ereignisse geeignet. Außerdem hat sie eine interne Meßwertverstärkung, die softwaremäßig auf die Faktoren 1, 10, 100 oder 500 einstellbar ist. Dieser relativ geringe Verstärkungsbereich wird in den meisten Fällen, wie auch bei unserer Meßaufgabe, das Vorschalten eines Meßverstärkers notwendig machen.

Kennzeichen	Größe, Art, Anzahl
Zahl der Analogkanäle "single-ended" "double-ended"	Serie (optional) 16 (32) 8 (16)
Eingangsspannungsbereiche	-5 ÷ +5 V, 0 ÷ 10 V, -10 ÷ +10 V
Auflösung, Wandelgenauigkeit	12 Bit, 0,04 %
maximale Wandelrate	32 kHz
Interne Meßwertverstärkung	1, 10, 100, 500
Betriebssystem des PC	MS-DOS
Zahl der in einem Versuch verwendbaren Kanäle	1, 8, 16, (32)

Tafel 3. Daten der verwendeten Analog/Digital-Wandlerkarte (Analog Devices: RTI-800).

Die Karte ist für einen Rechner geeignet, der mit dem Betriebssystem MS-DOS arbeitet, und kann ihrerseits über mitgelieferte "Treibersoftware", die in eigene Programme eingebunden werden kann, angesprochen werden. Die Programmierung kann dabei in den üblichen Hochsprachen wie Assembler, Basic, C, Fortran oder Pascal erfolgen. Als wichtiger Gesichtspunkt ist zu berücksichtigen, daß die Karte bei einer Messung maximal 32k Werte aufnehmen kann, was dem größtmöglichen Umfang einer Variablen in vielen Programmiersprachen entspricht. Von der Karte können bei einer Messung entweder ein einzelner oder acht oder sechzehn Kanäle bearbeitet werden. Bei einer Meßaufgabe, die z.B. nur 10 Kanäle benötigt, werden die nicht genutzten 6 Kanäle trotzdem mitbearbeitet und belegen Plätze im Wertefeld. Vergleicht man die genannten Spezifikationen mit der Anforderungsliste, so entspricht die gewählte Karte den gestellten Bedingungen.

Für den verwendeten tragbaren Personalcomputer wurden die Spezifikationen in **Tafel 4** zusammengefaßt. Da die Auflösung der A/D-Wandlerkarte 12 Bit beträgt, wurde ein IBM-AT-kompatibler PC gewählt. In einen der beiden freien 16 Bit-Steckplätze wird die A/D-Wandlerkarte eingesetzt. Der Rechner arbeitet mit einer Taktfrequenz von 12 MHz, hat einen Arbeitsspeicher von 640 kB, eine 40 MB Festplatte, ein 1,2 MB 5,25" Diskettenlaufwerk und einen Plasmabildschirm. Als Ausgänge stehen ein paralleler und ein serieller Anschluß zur Verfügung. Neben dem eingebauten Plasmabildschirm kann ein externer Bildschirm angeschlossen werden. Der Plasmabildschirm ist zwar teurer, kann aber gegenüber einem LCD-Bildschirm unter einem größeren Sichtwinkel abgelesen werden. Der portable Rechner erfüllt weiterhin die Anforderungen hinsichtlich Stoßfestigkeit und geringen Bauraums.

Kennzeichen	Größe, Art, Anzahl
IBM-AT kompatibel (16 Bit)	Prozessor 80286
Freie 16 Bit Steckplätze	2
Arbeitsspeicher	640 kB
Taktfrequenz	12 MHz
Festplatte	40 MB
Diskettenlaufwerk	5,25"; 1,2 MB
Plasmabildschirm und Anschluß für externen Monitor	
Parallele und serielle Ports	je 1
Gewicht	9 kg
Breite x Höhe x Tiefe	406 x 259 x 248 mm
Stromanschluß	220 V

Tafel 4. Daten des verwendeten tragbaren Personalcomputers (Compaq: Portable III/40).

Um die Umweltbelastungen wie Staub, Feuchtigkeit, elektromagnetische Felder und extreme Temperaturen vom Rechner fernzuhalten, wurde ein zusätzliches Blechgehäuse gebaut, wie es in **Bild 5** zu sehen ist. Das Gehäuse wird über einen eigenen Ventilator mit vorgeschaltetem Textilfilter mit Frischluft versorgt. Der Ventilator erzeugt im Gehäuse einen leichten Überdruck, da die Luft nur über die Kabeldurchführungen und durch die Spalte an der Frontklappe entweichen kann. Dieser Überdruck verhindert nahezu vollständig das Eindringen von Staub in das Zusatzgehäuse. Die Tastatur wird auf dem Feld mit einer Kunststoffhülle versehen, um sie vor Staub zu schützen. Zur Reduzierung der Stoßbelastung steht der Rechner auf einer Schaumstoffunterlage und wird mit einem Textilspanngurt fixiert. Durch diese Art der Befestigung wird der Rechner nicht starr mit dem Pflug verbunden und ein Teil der Erschütterungen kann durch die Unterlage aufgenommen werden.

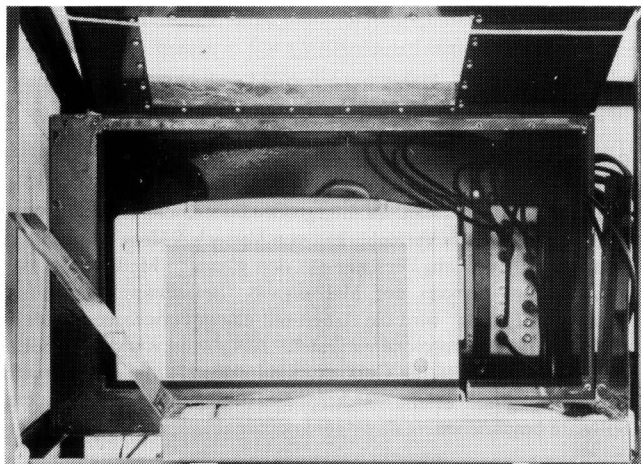


Bild 5. Zusatzgehäuse zum Schutz des Personalcomputers vor Umwelt-einflüssen – Frontklappe geöffnet.

Bis zum heutigen Zeitpunkt wurden keine Störungen während der Versuche festgestellt, obwohl bei den Arbeiten auch extreme Bedingungen auftraten. So wurden Versuche bei extrem niedrigen wie auch hohen Außentemperaturen (0–35 °C), bei trockener und feuchter Witterung und auf sehr steinigem Böden mit damit verbundenen großen Erschütterungen gefahren. Wichtig zu erwähnen ist dabei, daß auf steinigem Böden nur im Stillstand des Fahrzeugs auf die Festplatte und die Diskette zugegriffen wurde. Bei Versuchen auf Böden mit geringem Steinbesatz wurde auch während der Fahrt auf die Festplatte zugegriffen.

Einige Schwachpunkte des verwendeten Personalcomputers und der A/D-Wandlerkarte sind jedoch zu nennen. Zunächst löste sich die Steckverbindung zwischen Wandlerkarte und Anschlußkabel einige Male während der Versuche, da sie keine Möglichkeit zur Zugentlastung hat. Dieses Problem konnte durch eine Fixierung des Steckers am Gehäuse gelöst werden. Das optionale Anschlußpanel, das für einen Feldeinsatz nicht geeignet ist, wurde durch eine selbstgebaute, feldtaugliche Ausführung ersetzt. Weiter kann der Bildschirm bei direkter Sonneneinstrahlung sehr schlecht abgelesen werden. Deshalb muß für eine ausreichende Beschattung gesorgt werden.

4. Verwendete Software

4.1 Software für die Meßwerterfassung und -speicherung

Die relativ bequeme Arbeit mit der A/D-Wandlerkarte durch Makrobefehle wurde oben schon angesprochen. Nach Überwindung einiger Anfangsschwierigkeiten wegen des unkomfortablen Handbuchs der

Programm	Funktionen	Ausgabe
MESSUNG.EXE	Erstellen von Versuchsprotokollen Steuern der Messung Ermittlung von Min/Max-Folgen Ermittlung von Mittelwerten	Festplatte Festplatte Festplatte und Bildschirm
ZUSAM.EXE	Bilden von Gesamtversuchen (Min/Max-Folgen)	Festplatte
DRUP.EXE	Bilden von Gesamtmittelwerten Ausgabe von Mittelwerten Ausgabe von Versuchsprotokollen	Festplatte, Bildschirm und Drucker
KLASS.EXE	Klassieren nach – Spitzenwertzählung – Klassengrenzenüberschreitung – Bereichspaarzählung	Festplatte und Drucker
RAIN.EXE	Klassieren mit der Rainflow- methode	Festplatte und Drucker
KLAPLOT.EXE	Ausgabe der Ergebnisse von KLASS	Plotter und Bildschirm
RFMGRAF.EXE	Ausgabe der Ergebnisse von RAIN	Plotter und Bildschirm

Tafel 5. Aufstellung der zur Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung verwendeten Software mit kurzer Funktionsbeschreibung und Angabe des jeweiligen Ausgabemediums.

Wandlerkarte bereitete die Programmierung der Karte für andere Anwendungsfälle keine Probleme mehr. Eine tabellarische Aufstellung der für dieses Projekt erstellten Programme enthält **Tafel 5**.

Neben der eigentlichen Meßwerterfassungssoftware beinhaltet das Meßprogramm (MESSUNG.EXE) auch einen Abschnitt zur Erstellung eines Versuchsprotokolls. Dieses Versuchsprotokoll ist bei den großen Datenmengen, die durch die Arbeit mit dem PC anfallen, besonders wichtig. Es ist so gestaltet, daß es im Dialog erstellt wird und bei Änderung eines Versuchsparameters auch nur dieser gezielt geändert werden muß. Im Protokoll werden neben den Umgebungsbedingungen und den Daten des Versuchspfluges und Traktors auch die Einstelldaten der Meßgeräte aufgezeichnet, da die Weiterverarbeitung und Speicherung der Meßwerte nur in relativen Größen erfolgt (Minimalwert einer Meßgröße ist jeweils –2048 und der Maximalwert ist + 2047). Nachdem das Versuchsprotokoll angelegt ist, sind für die eigentliche Versuchsdurchführung nur noch wenige Tastenbetätigungen erforderlich.

Die Meßwertaufnahme am Rechner wird durch Tastendruck gestartet und vom Rechner automatisch nach Ablauf der Meßzeit beendet. Zu diesem Zeitpunkt sind alle gewandelten Werte im Arbeitsspeicher des Rechners vorhanden, und die Weiterverarbeitung wird wiederum durch Tastendruck gestartet. Die gemessenen Belastung/Zeit-Funktionen werden bei der vorliegenden Auswertung zu Minimum/Maximum-Folgen zerlegt und diese Werte dann auf der Festplatte für die einzelnen Meßgrößen getrennt abgespeichert. Anschließend wird jeweils aus den Werten der einzelnen Kanäle der arithmetische Mittelwert gebildet, abgespeichert und am Bildschirm angezeigt.

Diese Anzeige hat den großen Vorteil, daß sofort nach dem Versuch ein Überblick über die Versuchsergebnisse zur Verfügung steht. Bei einer späteren Auswertung der Versuche im Labor, wie sie ohne PC notwendig war, gab es kaum die Möglichkeit, einen Versuch bei nahezu gleichen Parametern zu wiederholen, da die Versuchsfelder im Zustand der Versuche nicht mehr zur Verfügung standen. Heute kann zum Beispiel bei einer Parametervariation sofort die Schrittweite der Veränderungen an die ermittelten Ergebnisse angepaßt werden. Nach Abschluß eines Hauptversuchs (im vorliegenden Fall nach 10 Einzelversuchen) werden die Meßergebnisse zusätzlich (als Sicherungskopie) auf Diskette abgespeichert. Gerätetechnische Datenverluste traten bisher allerdings nicht auf. Da jedoch mehrmals Daten versehentlich durch den Operateur gelöscht wurden, mußten diese mit Hilfe der Sicherungsdisketten restauriert werden.

4.2 Software zur Meßwertauswertung und Ergebnisdarstellung

Gelöscht werden sollen die Daten erst, nachdem die weiteren in Tafel 5 genannten Operationen durchgeführt wurden. Im ersten Schritt (Programm ZUSAM.EXE) werden Einzelversuche mit gleichen Versuchsparametern zu einem Gesamtversuch zusammengefaßt und diese Gesamt-Minimum/Maximum-Folgen auf Festplatte abgespeichert.

Zur Bildung von Gesamtmittelwerten und zur Ausgabe der Versuchsprotokolle und Einzelmittelwerte dient das Programm (DRUP.EXE). Auf die Gesamtversuche werden zwei Klassierprogramme angewendet. Das erste (KLASS.EXE) beinhaltet drei einparametrische Klassierverfahren: Spitzenwertzählung, Klassengrenzenüberschreitungszählung und Bereichszählung. Das zweite Programm (RAIN.EXE) ermöglicht eine zweiparametrische Klassierung nach der Rainflowmethode. Von beiden Programmen werden die Ergebnisse auf der Festplatte abgelegt und können am Drucker ausgegeben werden.

Zur grafischen Darstellung der Klassierergebnisse am Bildschirm und Plotter wurden wiederum zwei Programme (KLAPLOT.EXE und RFMGRAF.EXE) erstellt. Erst bei der Ausgabe der Ergebnisse werden die relativen Zahlen der Meßwerte in absolute Größen umgewandelt. Dadurch können die Auswertprogramme problemlos für andere Meßaufgaben verwendet werden. Bei der Drucker- und Plotterausgabe kommt uns die Verwendung eines PC unter MS-DOS wiederum zugute, da ohne Zwischenoperationen direkt auf den am Institut vorhandenen Peripheriegeräten wie Matrix- und Laserdrucker oder Mehrfarbplotter ausgegeben werden kann. Die auf der Festplatte gespeicherten Ergebnisse der Zusammenfassung und der Klassierungen werden zur Datensicherung ebenfalls auf Diskette kopiert.

5. Zukünftiger PC-Einsatz in der Meßtechnik bei Feldversuchen

Zum Thema "Zukünftiger PC-Einsatz in der Meßtechnik bei Feldversuchen" sollen abschließend einige wichtige Gedanken vorgestellt werden. Führt man sich die drei Hauptteile Meßwertaufnahme, Meßwertübertragung und Meßwertausgabe/-verarbeitung nochmals vor Augen, so wird klar, daß der PC heute hauptsächlich für den Bereich Meßwertausgabe und Meßwertverarbeitung eingesetzt wird. Auch in der Zukunft wird der PC hier seine Hauptanwendung haben. Darüber hinausgehend wird die Meßwertübertragung immer mehr in den Rechner integriert werden. So gibt es heute schon Zusatzkarten für den A/D-Wandler, um Dehnungsmeßstreifen oder Thermoelemente direkt anzuschließen. Die Einstellungen können über den Rechner vorgenommen werden, und es lassen sich damit auch universell einsetzbare Meßsysteme aufbauen. Diese Tendenz scheint mir sehr wichtig, da auch bei kleinem Bauraum nicht speziell auf ein Problem ausgerichtete integrierte Meßeinrichtungen verwendet werden müssen.

Integration von Bauelementen bedeutet in der Elektronik meist auch eine Reduktion der Leistungsaufnahme. Erstrebenswert wäre hier die Energieversorgung der Meßgeräte allein durch die vorhandene Bordelektrik des Traktors. Verbraucher mit besonders hoher Leistungsaufnahme sind derzeit alle mechanisch bewegten Teile wie Festplatten und Diskettenlaufwerke. Ein Ersatz für Festplatten und Disketten wäre im Prinzip durch statische RAM-Disks (batteriegepuffert) möglich. Neben dem günstigeren Energieverbrauch wäre dabei auch die Unempfindlichkeit gegenüber Stoßbelastungen vorteilhaft, da diese Speicherelemente keine bewegten Teile enthalten. Eine schnelle Einführung ist aber leider wegen des hohen Preises in naher Zukunft nicht zu erwarten.

Bei der Meßwertverarbeitung wird der Trend immer mehr zur Verwendung von Kauf-Software gehen, da diese inzwischen für fast alle Anwendungsfälle zur Verfügung steht. Die Softwarepakete sind meist so flexibel, daß sie leicht an die gewünschten Aufgaben angepaßt werden können. Damit entfällt eigene kostenintensive Entwicklungsarbeit.

6. Zusammenfassung

Die bei Feldversuchen anfallenden großen Datenmengen sollten wegen der eingeschränkten Verfügbarkeit von Versuchsfeldern möglichst direkt beurteilt werden. Dies war mit den gängigen Meßgeräten nicht möglich. Am Beispiel der Meßaufgabe "Belastungsmessungen an Pflügen im Einsatz" wird die Arbeit mit einem Personalcomputer als Meßgerät für Feldversuche vorgestellt. Ausgehend von den gestellten Anforderungen, wird die Geräteauswahl erläutert und die Versuchsdurchführung und -auswertung besonders hinsichtlich der verwendeten Software beschrieben.

Der Personalcomputer ist dabei kein Spezialmeßgerät, sondern läßt sich mit der eingebauten A/D-Wandlerkarte durch Softwareänderungen als Universalmeßgerät flexibel und schlagkräftig einsetzen. Gedanken über den PC-Einsatz in der Meßtechnik bei Feldversuchen in der näheren und fernerer Zukunft werden vorgestellt.

Schrifttum

- [1] DIN 1319, Teil 2, Ausgabe Januar 1980: Grundbegriffe der Meßtechnik; Begriffe für die Anwendung von Meßgeräten. Berlin u. Köln: Beuth Verlag, 1980.
- [2] Perels, E.: Landwirtschaftliches Maschinenwesen. Bd. 1, Jena: Verlag Hermann Costenoble, 1880, S. 7.