LANDBAUFORSCHUNG VÖLKENRODE, 44. JAHRGANG (1994), HEFT 4, SEITE 353 - 358

Universell einsetzbares Datenerfassungssystem UNILOG für betriebstechnische Untersuchungen in der pflanzlichen Produktion

RAINER H. BILLER und WALTER IHLE

Institut für Betriebstechnik

1 Einleitung

In der Landwirtschaft steht nach wie vor die kostengünstige Produktion hochwertiger Nahrungsmittel im Vordergrund. Dies erfordert die Ermittlung technischer Daten und betriebstechnischer Kenngrößen [1] der Maschinen und Geräte für die unterschiedlichen und komplexen Produktionsverfahren, was meist nur in Feldversuchen geschehen kann. Voraussetzung hierfür sind der Einsatz geeigneter Sensoren und die Verwendung eines Datenerfassungssystems zur automatischen Aufnahme und Speicherung der mit diesen Sensoren gewonnenen Daten.

Die Mehrzahl der erforderlichen Sensoren kann aus Bereichen des Maschinenbaues, z. B. Automobiltechnik, übernommen werden, muß jedoch auf die Eignung unter landwirtschaftlichen Betriebsbedingungen untersucht werden [2]. Datenerfassungssysteme sind handelsüblich in allen Variationen und Preislagen erhältlich und können auch kundenspezifisch an die jeweilige Meßaufgabe angepaßt werden [3]. Das Institut für Betriebstechnik hat über lange Jahre ein solches System mit Erfolg eingesetzt [4]. Nachteilig ist bei diesen gekauften Systemen vor allem die Tatsache, daß die mitgelieferten Systemunterlagen meist so ausfallen, daß eine Anpassung an geänderte Meßaufgaben oder die Reparatur des Systems im eigenen Hause nicht möglich sind. Dies schränkt die ungehinderte, vielseitige Nutzung, vor allem bei neuen veränderten Aufgabenstellungen, ein und führt zu Zeitverlusten, Abhängigkeit und zusätzlichen Kosten.

Nachteile dieser Art können ausgeräumt werden, wenn Datenerfassungssysteme im Eigenbau erstellt werden. Dies wird meist durchgeführt, wenn das dazu erforderliche Fachwissen im Hause vorhanden ist. So wurden, speziell für die Datenermittlung an Ackerschleppern, von verschiedenen Instituten Datenerfassungssysteme entwickelt, um z. B. Drehzahl und Drehmoment an der Zapfwelle aufzunehmen und unmittelbar daraus die zugehörige Leistung darzustellen und auch Klassierverfahren auf die Meßgrößen anzuwenden und Lastkollektive zu ermitteln [5].

Ein anderes Datenlogger-System erfaßt über Sensoren Drehzahlen, Drehmomente, Kräfte, Fahrgeschwindigkeit und Kraftstoffverbrauch am Ackerschlepper und ist ausbaufähig für weitere Sensoren [6]. Leistungsdaten von Ackerschlepper und Gerät können damit ermittelt werden.

Die geänderte Aufgabenstellung des Instituts bringt vielseitige Meßaufgaben mit sich, die ein variables und auch einfach zu handhabendes Datenerfassungssystem erfordern, mit dem schnell und zuverlässig Ergebnisse nicht nur aus dem Bereich der pflanzlichen Produktion, sondern auch aus den anderen Forschungsbereichen des Instituts (Milchviehhaltung, Landschaftspflege u. a.) erstellt werden können [1]. Das Institut für Betriebstechnik hat deshalb im vergangenen Jahr ein universell einsetzbares Datenerfassungssystem entwickelt und zusammen mit der entsprechenden Datentransfer- und Datenbearbeitungs-Software erstellt. Der vorliegende Beitrag beschreibt das System und seinen Einsatz in Feldversuchen.

2 Problemstellung

Praxisnahe betriebstechnische Versuche in der pflanzlichen Produktion haben das Ziel, bestehende Produktionsverfahren zu untersuchen und zu bewerten sowie weiterzuentwickeln und zu optimieren oder neue Produktionsverfahren bzw. Abschnitte derselben zu entwickeln. Dabei stehen fast immer Maschinen und Geräte im Vordergrund, die in den Verfahrensablauf integriert sind. Die Vielfalt der Verfahren bedingt eine Vielzahl an interessierenden unterschiedlichen technischen Größen wie Drehzahl, Drehmoment, Durchfluß, Füllstand, Temperatur oder Fahrgeschwindigkeit. Auch Zeitdauer und Häufigkeit von Zuständen oder Ereignissen sind von Bedeutung. Ebenso unterschiedlich müssen deshalb auch die im Datenerfassungssystem realisierten Meßkanäle und Abtastfrequenzen sein, um den Meßwertverlauf ausreichend exakt zu erfassen und für universelle Datenaufzeichnungen geeignet zu sein.

Feldversuche in der Landwirtschaft unterliegen zwangsläufig sehr unterschiedlichen Umgebungsbedingungen, die teilweise recht extrem sein können, z. B. Staubentwicklung oder Erschütterungen. Dies muß bei der Entwicklung eines Datenerfassungssystems berücksichtigt werden. Auch sind verschiedene Arten der Spannungsversorgung vorzusehen, je nachdem, ob das System auf einer Maschine mit Bordnetz, autark auf einem beliebigen Standort oder im Labor eingesetzt wird. Die Datenspeicherung sollte ebenfalls flexibel gestaltbar sein, vom stationären PC über einen portablen Laptop bis hin zur Speicherkarte für einfachen Datentransfer. Handlich, portabel, komfortabel bedienbar und natürlich preiswert sind weitere Eigenschaften, die von einem solchen Datenerfassungssystem gefordert werden.

3 Technische Lösung

Kernstück des im Institut für Betriebstechnik entwickelten Datenerfassungssystems UNILOG ist ein modular aufgebauter Mikrocomputer, der eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Anpassungsfähigkeit gewährleistet. Die Zentraleinheit (8085 CPU) arbeitet mit einem Bussystem, auf das neben der Speicherbaugruppe weitere anwendungsspezifische Analog- oder Digitalbaugruppen gesteckt werden können. Die 64-KByte-Speicherbaugruppe ist in 24-KByte-Programmspeicher und 40-KByte-Variablen- und Datenspeicher aufgeteilt. Zur Erfassung analoger Meßgrößen sind Baugruppen mit einem 10-Bit-Analog-/Digital-Wandler und einem 8-Kanal-Multiplexer eingebaut, Bild 1.

Für unterschiedlich schnelle Vorgänge sind 32 Analogkanäle mit Grenzfrequenzen (f_g) von 1 bis 1000 Hz realisiert, Tabelle 1. 24 Analogkanäle sind für einen Eingangsspannungsbereich (U_e) von 0 bis + 5 V ausgelegt, vier Analogkanäle sind für Geber mit einem Ausgangssignal von ± 5 V vorgesehen, weitere vier für Temperaturfühler PT 100. Schaltzustände werden über 24 Digitaleingänge, Ereignisse über 8 Digitaleingänge erfaßt, Impulse über weitere 12 Zählerkanäle mit 16-Bit-Auflösung und unterschiedlicher Tor-Zeitbasis aufgenommen. Die Abtastfrequenz ist für jeden Kanal programmierbar zwischen 100 und 0,0017 Hz (Tabelle 1).

Die erfaßten Daten werden in einen Pufferspeicher geschrieben und von dort auf die Festplatte eines Laptops oder optional auf eine Speicherkarte (Memory Card) übertragen. Für unterschiedliche Einsatzfälle ist die Spannungsversorgung des Datenerfassungssystems variabel gehalten. Neben 220 V Wechselspannung und 12 V Gleichspannung kann UNILOG auch über interne Akkumulatoren bis zu zwei Stunden lang betrieben werden.

Für den Einsatz auf einem Ackerschlepper wird die Einheit UNILOG auf dem Kot-

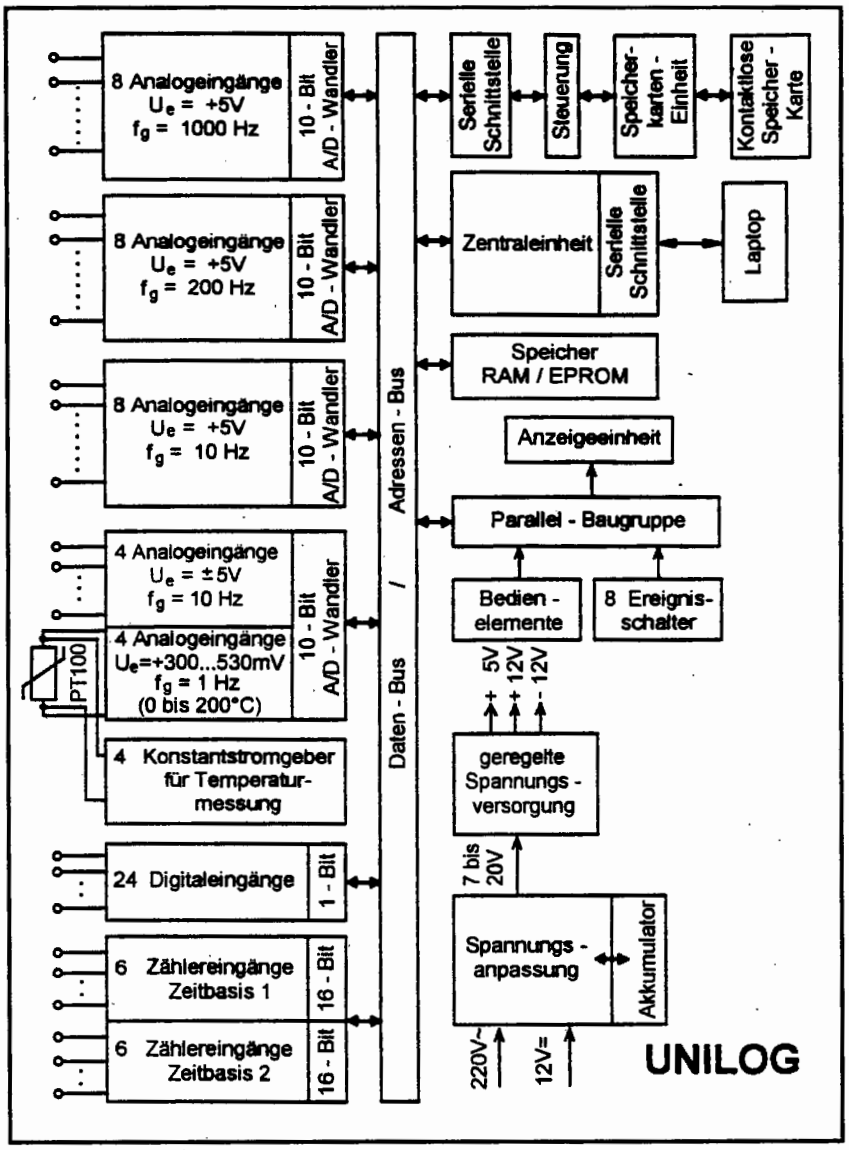

Bild 1: **Blockschaltbild der UNILOG-Komponenten**

Tabelle 1: **Allgemeine technische Daten des Datenloggers UNILOG. Von den 64 vorgesehenen Meßkanälen sind zur Zeit 46 (analog und digital) ausgerüstet**

46 Meßkanäle (analog und digital)

- 8 Analogkanäle (Differential), U_e = + 5 V, f_g = 1000 Hz, Auflösung 10 Bit
- 8 Analogkanäle (Differential), U_e = + 5 V, f_g = 200 Hz, Auflösung 10 Bit
- 8 Analogkanäle (Differential), U_e = + 5 V, f_g = 10 Hz, Auflösung 10 Bit
- 4 Analogkanäle (Differential), U_e = ± 5 V, f_g = 10 Hz, Auflösung 10 Bit
- 4 Temperaturkanäle (PT 100), 0 bis 200 °C, f_g = 1 Hz, Auflösung 10 Bit
  - - 4 Konstantstromgeber für Temperaturmessung

- 1 Digitalkanal (16 Bit) für Schaltzustände
- 1 Digitalkanal für Schaltzustände und Ereignisschalter (je 8 Bit)

- 6 Zählerkanäle, Torzeit 1, Auflösung 16 Bit
- 6 Zählerkanäle, Torzeit 2, Auflösung 16 Bit
  - - Torzeit 1 und 2: programmierbar von 1 ms bis 1 Min. in 1-ms-Schritten

- die Abtastrate für jeden Kanal kann 5 Gruppen zugeordnet werden; jede Gruppe ist programmierbar von 10 ms bis 10 Min. in 10-ms-Schritten (entsprechend einer Abtastfrequenz von 100 bis 0,0017 Hz)

Bild 2: **Datenerfassungssystem UNILOG, aufgebaut auf dem Kotflügel eines Ackerschleppers**

flügel aufgebaut, Bild 2. Zur Schwingungsdämpfung werden Rundlager zwischen Kotflügel und UNILOG-Halterung verwendet.

3.1 Systemausstattung

Wesentlich bei Feldversuchen ist eine on-line-Überprüfung der aktivierten Meßkanäle, damit möglichst frühzeitig eventuelle Störungen in einer Meßstrecke (Sensor - UNILOG) erkannt und vor Ort behoben werden können. Das Datenerfassungssystem hat deshalb ein eingebautes Display, auf dem neben Datum und Uhrzeit sowie Statusmeldungen und Datenspeicherbelegung die aktuelle Meßstelle und die zugehörigen Meßwerte in Digitaleinheiten oder als Bitmuster angezeigt werden.

Ein solches Display ist ebenfalls in einer Fernbedienung enthalten, Bild 3 (unten rechts). Über diese Fernbedienung kann die Datenaufnahme gestartet und gestoppt werden. Während des Versuchs wird dann jeder aktivierte Meßkanal angewählt und kontrolliert, ob Daten in der richtigen Größenordnung ankommen. Ebenfalls sind acht Ereignis-Schalter in die Fernbedienung integriert, um nach vorgegebenem Code Versuchsabschnitte oder besondere Vorkommnisse zu markieren.

Zusätzlich werden ein Laptop (Bild 3) und ein portabler Drucker eingesetzt. Der Laptop dient zur Datenspeicherung (80-MB-Festplatte) sowie zur Versuchskontrolle mit einem Visualisierungs- und Auswerteprogramm (s. 3.2). Laptop und Fernbedienung sind in der Fahrerkabine aufgebaut. Auf dem Drucker werden vor Ort die Versuche grafisch dargestellt, um einen sofortigen direkten Vergleich verschiedener Versuchseinstellungen zu ermöglichen. Dadurch kann aktuell entschieden werden, Versuche evtl. zu wiederholen oder den Versuchsplan zu ändern.

Bild 3: **Laptop und Fernsteuerungseinheit**

3.2 Steuer- und Visualisierungsprogramme

Die Programmierung des Datenerfassungssystems UNILOG geschieht über eine Parameterdatei, die in Tabelle 2 beispielhaft für betriebstechnische Versuche zum Mähen und Häckseln auf stillgelegten Flächen dargestellt ist. In dieser Datei werden die ak-

tuellen Meßkanäle ausgewählt und die zugehörigen Abtastraten (Zeitstart 1 bis 3) eingestellt. So interessieren für o. g. Versuche in erster Linie die Meßgrößen Drehzahl und Drehmoment an der Zapfwelle, um daraus die Leistungsanforderung zu berechnen, aber auch die Fahrgeschwindigkeit als Versuchsparameter sowie Motordrehzahl und Kraftstoffverbrauch, um daraus die geforderte Motorleistung mit Hilfe eines Kennfeldes zu ermitteln.

Ebenso wird die Torzeit für die Zählerkanäle bestimmt. Des weiteren werden die Dimension und Skalierung der Meßgrößen, die Meßgrößenbezeichnung, die Bezeichnung der belegten Digitaleingänge, der Name der Datendatei sowie Memo-Texte, die der Versuchsbeschreibung dienen, eingetragen. Der Inhalt dieser Parameterdatei wird an den Anfang jeder Versuchsdatendatei geschrieben.

Nach Starten des Datenerfassungssystems werden die Daten zunächst als temporäre Datendatei auf ein virtuelles RAM-Laufwerk (12 MB) geschrieben. Dies hat den Vorteil, daß keine Operationen auf der mechanischen Festplatte notwendig werden. Die Festplatte befindet sich zu diesem Zeitpunkt in einer besonderen Parkposition und hat dann hierdurch, neben der ohnehin schon erhöhten, eine besonders hohe Stoßfestigkeit. Zu gegebener Zeit (z. B. Versuchsunterbrechung) wird dann per Tastendruck die temporäre Datei als Segmentdatei auf der Festplatte gesichert, welche danach sofort wieder in die besondere Parkposition geht. Dieser Vorgang ist vielfach wiederholbar und für den Einsatz auf Fahrzeugen gedacht, bei dem starke Vibrationen auftreten können.

Am Ende des Versuchs werden alle Segmentdateien zu einer vollständigen Datendatei zusammengefaßt und anschließend die Segmentdateien gelöscht. Dieses Verfahren gewährleistet eine höchstmögli-

```
Parameterliste : haecks-2.pal                                  vom 12.09.94   13:00
UNILOG1                  BFAL - IBT/MT-W.I.          gedruckt am 15.09.94   15:50
-------------------------------------------------------------------------------------
    Mst  Zst  pMW(0 DE)      pMW(1023 DE)  Dim             Meßgröße
-------------------------------------------------------------------------------------
    0    2    0              21700         Nm              SWL Drehmoment
    1    2    0              21925         Nm              SWR Drehmoment
    2    2   -258            2320          Nm              Zapfwelle Drehmoment
    3    2    0              1223          1/min           Zapfwelle Drehzahl
    16   1    0              30.77         Liter / h       Kraftstoff PLU 106
    17   1    0              25.51         km / h          Fahrgeschw. Radar
    18   1    0              1000          Grad Celsius    Temperatur Abgas
    19   1    0              1000          Grad Celsius    Temperatur Kruemmer
    20   1    0              68.9          cm              Kraftheber Weg
    40   3    0              0                             Hebel Pedale Schalt
    41   3    0              0                             Ereignisse
    48   1    0              66.29         km/h            SWL v`(konstruktiv)
    49   1    0              66.29         km/h            SWR v (konstruktiv)
    50   1    0              5115          1/min           Motor Drehzahl

    Torzeit 1 (Mst 48...53) = 500 ms

    Zeitstart 1 : alle 500 ms
    Zeitstart 2 : alle 100 ms
    Zeitstart 3 : alle 250 ms

    Name der zukünftigen Daten-Datei : maehd-..

Memo  1 maehen und haeckseln / 29. kw
Memo  2 agrimaster und dücker (agrimaster mit drei verschiedenen schlegeln)
Memo  3 dettum / curland / moshake
Memo  5 zwei schnitthoehen 5 cm und 10 cm
Memo  6 theoretisch eingestellt / tatsächlich gemessen und eingestellt
Memo  7 drei bis vier fahrgeschwindigkeiten 5 / 7 / 10 km/h
Memo 10 fahrer ortmeier
Memo 11 protokollführer klein

    *** Legende zur Bitbelegung Mst. 40 ***      *** Legende zum Ausdruck ***
    Bit 0 L Kraftheber Lage(0)/Zugkraft(1)       Mst  = Meßstelle
    Bit 1 L Differentialsperre                   Zst  = Zeitstart
    Bit 2 L Zapfwellen-Drehzahl 1000 / min       pMW  = physikalischer Meßwert
    Bit 4 L Gruppengetriebe R                    DE   = Digitaleinheiten
    Bit 6 L Gruppengetriebe I                    Dim  = Dimension
    Bit 7 L Gruppengetriebe H                    L    = Low
    Bit 0 H Zapfwellen-Kupplung                  H    = High
    Bit 2 H Allradantrieb                        SWL  = Seitenwelle links
    Bit 3 H Bremse                               SWR  = Seitenwelle rechts
    Bit 4 H Kupplung
    Bit 6 H Arbeitstiefe links
    Bit 7 H Arbeitstiefe rechts

    ****** Legende zur Bitbelegung Mst. 41 ******
    Bit 0 L Ereignisschalter 0
    Bit 1 L Ereignisschalter 1
    Bit 2 L Ereignisschalter 2
    Bit 3 L Ereignisschalter 3
    Bit 4 L Ereignisschalter 4
    Bit 5 L Ereignisschalter 5
    Bit 6 L Ereignisschalter 6
    Bit 7 L Ereignisschalter 7

    *** Ende der Parameterliste haecks-2.pal vom  12.09.94   13:00 ***
```

Tabelle 2: **Parameterdatei für Versuche zum Mähen und Häckseln auf stillgelegten Flächen**

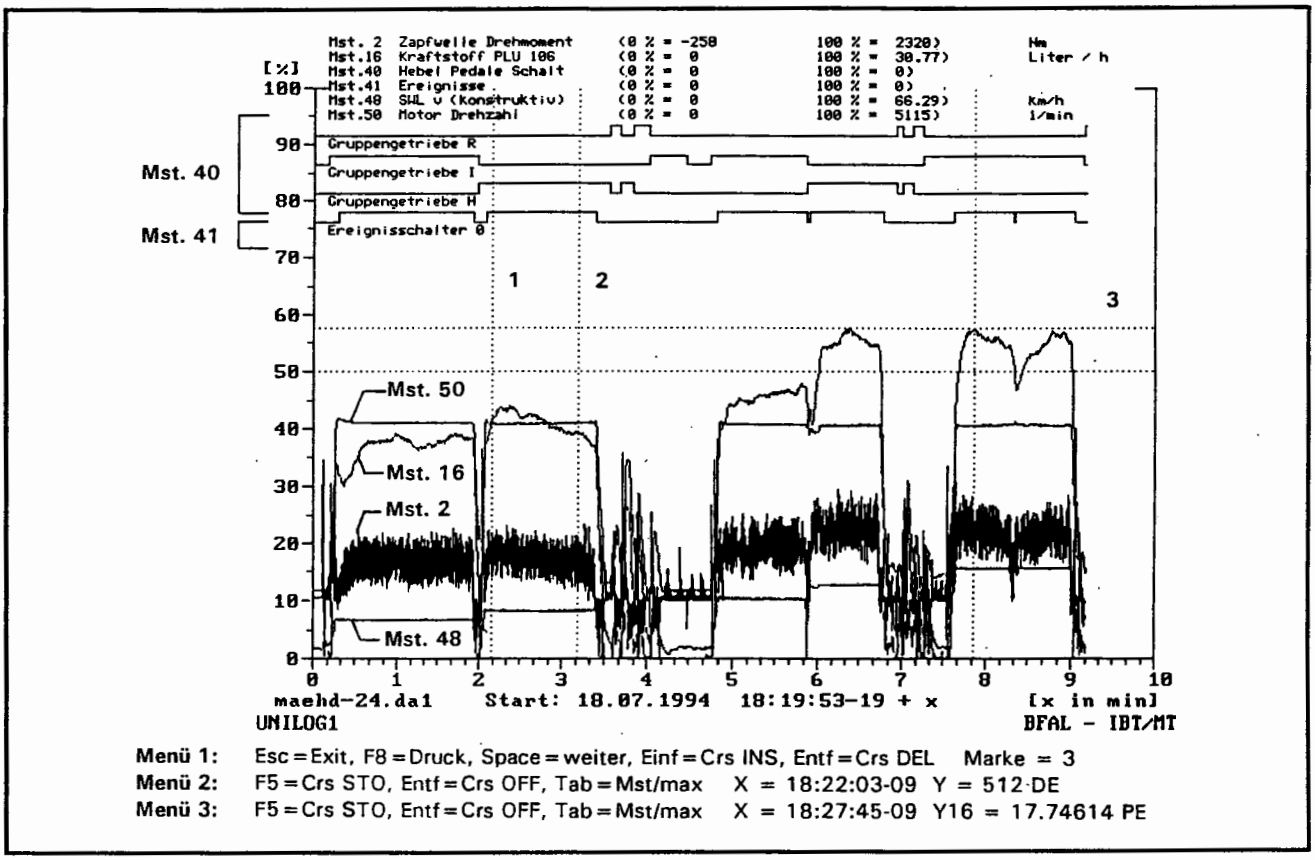

Bild 4: **Mähen und Häckseln auf stillgelegten Flächen**

che Datensicherheit, da z. B. bei Ausfall des Laptop alle schon gesicherten Segmentdateien erhalten bleiben.

Besonders hilfreich bei der Durchführung von Versuchen auf dem Feld ist die anschließende Visualisierung der aufgenommenen Meßgrößen. Nur die unmittelbar nach dem Versuch vorgenommene Kontrolle garantiert die erfolgreiche Durchführung eines Versuchsprogramms. Zur Visualisierung dient ein Programm, mit dem die interessierenden Meßgrößen ausgewählt und über der Zeitachse dargestellt werden können. Durch Einfügen eines Koordinatenkreuzes auf dem Bildschirm können Versuchsabschnitte markiert und Maximalwerte abgelesen oder Mittelwerte angenähert bestimmt werden.

Aufbauend auf diesem Visualisierungsprogramm läuft dann das statistische Auswerteprogramm, das üblicherweise im Labor gestartet wird, jedoch auch auf dem Feld benutzt werden kann. So ist die Auswertung nach Mittelwert und Standardabweichung unmittelbar nach dem Versuch möglich und Minuten später als Ausdruck verfügbar.

Als Beispiel ist hier der Ausdruck eines Versuchs zum Mähen und Häckseln auf stillgelegten Flächen dargestellt, Bild 4, eine Arbeit, die mit zapfwellengetriebenen Geräten durchgeführt wird. Nach Ausdruck der ausgewählten Meßgrößen (analoge oder digitale Größen) mit Meßbereich und Dimension wird deren zeitlicher Verlauf ausgegeben.

- Im oberen Bereich des Diagramms werden die digitalen Meßgrößen angezeigt (Meßstelle (Mst) 40), z. B. die verwendete Getriebegruppe sowie Ereignisschalter (Mst 41), hier ausgewählt die Markierung von Anfang und Ende der einzelnen Versuchsstrecken.
- Über den Achsen werden die analogen Meßgrößen in % vom Maximalwert (1023 DE) dargestellt. So dient die Motordrehzahl (Mst 50) zur Kontrolle, ob die Leistungsgrenze des Ackerschleppers überschritten wurde.
- Der Verlauf des Kraftstoffverbrauchs (Mst 16) kennzeichnet die erforderliche Motorleistung.
- Die konstruktive Fahrgeschwindigkeit (Mst 48) entspricht bei zapfwellengetriebenen Geräten in etwa der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit. So kann kontrolliert werden, ob die vorgegebenen Fahrgeschwindigkeiten eingehalten wurden.
- Der Verlauf des Drehmoments an der Zapfwelle (Mst 2) entspricht bei konstanter Drehzahl der Zapfwelle (hier nicht dargestellt) der Leistungsanforderung des Gerätes während der Arbeitsdurchführung.

Die eingefügten senkrechten Linien (1 und 2) markieren einen Bereich für die spätere statistische Auswertung. Die Markierung erfolgt unter Menü 1. Die waagerechte Linie (3) markiert Maximalwerte (hier z. B. den maximalen Kraftstoff-

verbrauch) oder kann nach Augenschein auf einen Mittelwert positioniert werden. Die ausgewählten Meßstellen werden zunächst im Menü 2 angewählt. Danach wird im Menü 3 der aktuelle Wert in physikalischen Einheiten angezeigt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Für die Weiterentwicklung und Verbesserung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren ist die Ermittlung technischer und betriebstechnischer Daten an Arbeitsmaschinen und Geräten notwendig. Neben geeigneten Sensoren ist ein Datenerfassungssystem erforderlich, um die von den Sensoren gelieferten Signale automatisch zu erfassen und zu speichern. Der Vorteil von Eigenentwicklungen solcher Systeme liegt in der großen Flexibilität bei veränderten Meßaufgaben und hoher Servicefreundlichkeit.

Im Institut für Betriebstechnik wurde ein solches Datenerfassungssystem entwickelt. Die Hard- und Softwareausstattung wird beschrieben und die vielseitigen Möglichkeiten anhand eines Versuchs zum Mähen und Häckseln auf stillgelegten Flächen dargestellt. Der bisherige Einsatz des Datenerfassungssystems UNILOG hat alle Erwartungen erfüllt. Leistungsfähig, variabel, robust und zuverlässig sowie sicher in der Anwendung, wurde UNILOG mittlerweile zum unverzichtbaren Instrument bei betriebstechnischen Untersuchungen. Die Kontrolle der Meßgrößen während des Versuchs und die sich unmittelbar anschließende Darstellung der Ergebnisse ermöglichen quasi eine on-line-Kontrolle und gewährleisten eine effiziente Versuchsdurchführung.

All-purpose Data-Logger-System UNILOG for Production Engineering Research in Plant Production

For further development and improvement of agricultural production processes determination of technical and production engineering data of agricultural machinery and implements is necessary. Besides suitable sensors a data-logger-system is required for automatic collecting and storing of the sensor signals. The advantage of self-developed systems is important flexibility for changing measuring tasks and high service practicability.

At the Institute of Production Engineering such a data-logger-system was developed. Equipment with hard- and software was described and the various possibilities were shown using an experiment for mowing and chopping on set-aside fields. Up to now, the use of the data-logger-system UNILOG has fulfilled all expectations. Powerful, variable and robust as well as reliable in use, UNILOG became an indispensable instrument for production engineering research. Control of measured quantities during experiment and immediately following presentation of the results allows a more or less on-line control and ensure an efficient realization of the experiments.

Literatur

[1] Sommer, C.: Technische Lösungsansätze für die Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren. - Landbauforschung Völkenrode 44 (1994) H. 2, S. 197-204.

[2] Paul, W. und H. Speckmann: Überblick über grundsätzliche Einsatzmöglichkeiten von Mikroelektronik-Sensoren in der Landtechnik. - Grundl. Landtechnik Bd. 33 (1983) Nr. 5, S. 153-159.

[3] Biller, R. H. und H. Lang: Mobiles Datenerfassungssystem für Ackerschlepper. - Versuchs- und Forschungsingenieur (VFI) (1982) H. 4, S. 34-38.

[4] Biller, R. H.: Aufbau und Einsatz eines Datenerfassungssystems für Ackerschlepper. - Grundl. Landtechnik Bd. 35 (1985) Nr. 4, S. 97-110.

[5] Harms, H.-H. und M. Dieckmann: Mobile Meßdatenerfassung. - Landtechnik 48 (1993) H. 3, S. 149-151.

[6] McLaughlin, N. B., L. C. Heslop, D. J. Buckley, G. R. St. Amour, B. A. Compton, A. M. Jones und P. Van Bodegom: A general purpose tractor instrumentation and data logging system. - Transaction of the ASAE 36 (1993), Nr. 2, S. 265-273.

Verfasser: Biller, Rainer H., Wiss. Oberrat, Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Ihle, Walter, staatl. gepr. Techniker, Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Dir. u. Prof. Dr.-Ing. C. Sommer.