Mobile Datenerfassung bei der BBA / Fachgruppe für botanische Mittelprüfung

H RIPPEN
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Fachgruppe für botanische Mittelprüfung, Messeweg 11/12, 3300 Braunschweig

Zusammenfassung: Bei der Fachgruppe für botanische Mittelprüfung wird ein tragbarer Computer EPSON HX 20 zur Erfassung von Bonitur- und Meßdaten auf dem Versuchsfeld oder im Labor oder Gewächshaus eingesetzt Die damit erhobenen Daten werden auf einen PC IBM PS2/60 überspielt und mittels selbstgeschriebener Software und gekaufter Standardsoftware ausgewertet

Summary: The "Fachgruppe für botanische Mittelprüfung" uses a portable Computer EPSON HX 20 to collect data from trials in the field, laboratory or greenhouses Thus data will be transferred to a PC IBM PS2/60 and evaluated with the help of selfmade or standard software

I EINLEITUNG

Im zunehmenden Maße werden in der Forschung Computer zur Auswertung von Versuchen eingesetzt Sie bieten die Möglichkeit, rasch große Datenmengen aufzubereiten Allerdings müssen diese meist schon auf Papier vorliegenden Daten zunächst in den Computer eingegeben werden Diese Dateneingabe stellt häufig einen Engpaß bei der Versuchsauswertung dar, insbesondere bei großen Datenmengen

Mit der Entwicklung von handgehaltenen Kleinstcomputern bot sich schließlich die Möglichkeit der "mobilen Datenerfassung" an, also der Dateneingabe in den Computer direkt beim Versuchsobjekt auf dem Feld oder im Labor Die Zeitersparnis bei Felderhebungen mit diesen Geräten beträgt nach KRANZ 1988 im Vergleich zu "Papier und Bleistift" und Diktiergerät mit und ohne Hilfsperson 20% bis 50%

Zudem führt eine derartige Erfassung auch zu einer Verringerung der Fehler, weil die Daten nur einmal, bereits auf dem Feld, in den Computer eingegeben werden Das Überspielen in den Auswertungscomputer geschieht automatisch Übertragungsfehler fallen weg

Sehr groß ist der Vorteil der mobilen Datenerfassung, wenn Versuchsauswertungen mit umfangreichen Wägungen anfallen und der tragbare Computer an die Waage angeschlossen werden kann Durch Betätigen einer Taste an der Waage werden die Daten automatisch zum Computer übertragen und dort aufgezeichnet

Aus diesen Überlegungen heraus ist bei der Fachgruppe für botanische Mittelprüfung eine Gerätekombination beschafft worden, die eine solche mobile Datenerfassung ermöglicht Das bisher realisierte System sei anhand eines (fiktiven Beispiels vorgestellt

II GERÄTE UND PROGRAMME HARDWARE UND SOFTWARE

Die beschaffte Gerätekombination besteht aus einem tragbaren Computer "EPSON HX 20" und einem stationären PC "IBM PS2/60"
Der EPSON hat eine komplette deutsche Schreibmaschinentastatur, eine LCD-Anzeige mit einer Größe von 4 Zeilen mal 20 Spalten und ein Mikrocassetten-Laufwerk als externer Speicher Die interne Speicherkapazität beträgt 32 KB RAM), in die sowohl die BASIC-Programme, als auch Daten abgelegt werden Die Kommunikation mit dem PC oder einer Waage geschieht über eine serielle Schnittstelle mit Rundbuchse
Der IBM verfügt über einen Arbeitsspeicher RAM mit einer Kapazität von 1 MB, eine Festplatte mit einer Speicherfähigkeit von 44 MB und ein 1 44-MB-Diskettenlaufwerk Als Ausgabegeräte dienen ein monochromer VGA-Monitor sowie ein 9-Nadel-Matrixdrucker Der PC ist über ein Modem mit der BBA-eigenen Großrechenanlage (VAX verbunden
Als drittes Gerät ist eine SARTORIUS-Waage zu nennen, von der über eine serielle Schnittstelle die Wägedaten per Knopfdruck zu einem Empfangsgerät gesendet werden können
Zur Verbindung dieser Geräte dienen eigens gelötete Null-Modem-Kabel
Neben der Hardware muß für dieses System auch geeignete Software zur Verfügung stehen Für den EPSON sind zwei Programme erforderlich Ein Programm wird für die Datenerfassung benötigt und ein weiteres für den Transfer der Daten zum IBM-PC Jener benötigt seinerseits für den Transfer ein entsprechendes Empfangsprogramm, das mit dem Sendeprogramm kommuniziert Dieses sind selbsterstellte Programme in der Programmiersprache BASIC, ebenso wie ein Auswertungsprogramm, welches von den Versuchsdaten in einer ersten Aggregation deskriptive Kennzahlen berechnet Die Entwicklung dieser Programme beruhte unter anderem auf Erfahrungen mit mobiler Datenerfassung, die an der Universität Gießen gemacht wurden GÖHLER et al (1988 , GÖHLER, pers Mitt)
Neben den eigenen Programmen wird besonders auf Standardsoftware zurückgegriffen Hier seien in erster Linie Programme genannt, die der BBA-Großrechner VAX zur Verfügung stellt ein Editor "EVIZ" zur Manipulation der Dateien mit den Versuchsdaten und das Statistik-Programmpaket SAS zur statistischen Verrechnung der Daten Aber auch der PC bietet nützliche Standardsoftware Hier seien die Tabellenkalkulation MULTIPLAN z B zum Sortieren der Urdaten und zur weiteren Datenauswertung, und die Präsentationsgrafik HARVARD GRAPHICS und die Textverarbeitung WORD zur Aufbereitung und Darstellung der Ergebnisse genannt

III ABLAUF DER MOBILEN DATENERFASSUNG

Der Ablauf der mobilen Datenerfassung soll an einem Beispiel demonstriert werden Die Versuchsdaten dieses Beispieles sind erfunden und dienen nur zur Darstellung der Funktionsweise dieses Erhebungssystems In Abb 1 ist der (fiktive Plan dieses Beispielversuches aufgeführt Es ist ein Biotest-Versuch, wie er in der phytopathologischen Forschung weit verbreitet ist Hier soll die Nachwirkung von Bodenbehandlungsmitteln auf Nachfolgekulturen untersucht werden Dabei wird im Freiland behandelter

Boden aus zwei verschiedenen Schichttiefen entnommen, in Töpfe gefüllt und darin Versuchspflanzen dreierlei Art ausgesät, 10 Samen je Topf Zu einer definierten Zeit werden in der Endbonitur von allen - in diesem Fall 336 - Töpfen die Pflanzen geerntet und dann gezählt und gewogen Die Ergebnisse der behandelten Varianten werden in Relation zur unbehandelten Kontrolle gesetzt Die Nullhypothese lautet "es gibt keine Unterschiede zwischen den Ergebnissen der unbehandelten und der behandelten Varianten"

```
          ┌ 2 Schichttiefen:   0-5cm, 5-10cm
          │ 3 Arten:   Klee, Kresse, Radies
  336     │ 7 Behandlungen:   Mittel1, Mittel2, Mittel3, Mittel4,
 Töpfe ─┤                    Mittel5, Mittel6, unbehandelt
          │ 2 Wiederholungen:   Parzelle 1, Parzelle 2
          └ 4 Töpfe je Wiederholung:   Nr A, Nr B, Nr C, Nr D
         10 Pflanzen je Topf, 2 Beobachtungen: Zahl, Gewicht
```

Abb 1 Versuchsplan "BIOTEST"

Die Darstellung des Ablaufes der mobilen Datenerfassung ist in 6 Abschnitte unterteilt, welche sachlogisch aufeinander folgen

1 Vorbereitung

Bevor die Boniturdaten mit dem tragbaren Computer erfaßt werden können, benötigt dieser zunächst Informationen über den Versuchsplan Diese erhält der Computer direkt durch das Erfassungsprogramm, in welchem sie in einem Datablock abgelegt sind In diesem Datablock (Programmzeilen Nr 10500 bis 10710 muß der Benutzer vor der Erfassung die Strukturdaten seines Versuches eingeben Abb 2) Im einzelnen sind es eine Bezeichnung des Versuches, die Anzahl der Faktoren, Bezeichnung und Zahl der Wiederholungen, Bezeichnung und Zahl der Beobachtungsobjekte, Zahl der verschiedenen Beobachtungen, für jeden Faktor die Bezeichnung dieses Faktors und die Anzahl der Stufen sowie die Bezeichnung jeder Stufe, für jede Wiederholung die Bezeichnung, für jedes Beobachtungsobjekt die Bezeichnung, und schließlich für jede Beobachtung die Bezeichnung, die Zahl der Nachkommastellen und die Angabe, ob es sich um eine Wägung ("W") oder eine Messung ("M") handelt Die letzte Angabe regelt automatisch die Abfrage der Waage

2 Erfassung der Daten

Der nächste Schritt ist die Erfassung der Daten im Gewächshaus Es soll von jedem der 336 Töpfe die Zahl der Pflanzen je Topf und das Gesamtgewicht der Pflanzen je Topf ermittelt werden
Zunächst werden auf einer Arbeitsfläche die Waage und der EPSON-Computer in einer tropfwassergeschützten Tragetasche aufgestellt und mit dem Übertragungskabel verbunden Nach Einschalten des Rechners erscheint ein Programm-Menü mit den Alternativen "Erfassung" und "Transfer" Mit Betätigen einer Taste wird das Erfassungsprogramm gestartet Ein Auswahlmenü erscheint, welches dem Benutzer erlaubt, die Versuchsvariante auszuwählen, mit der er beginnen möchte Von da ab werden im Verlaufe der Eingaben

automatisch Topf für Topf die vom Versuchsplan vorgegebenen Folgevarianten angezeigt Es kann aber auch jederzeit das Auswahlmenü wieder aufgerufen und die Variante gewechselt werden

```
10500 '*** DATA-Anweisungen zur Variablen-Initialisierung ***'
10510 '    Versname Faktoren  Block  Pflanze  Beobzahl
10520 DATA "BIOTEST",3,"Parz ",2,"Topf ", 4,2
10530      Faktor1     Faktor2     Faktor3     Faktor4
10540 DATA "SCHICHT",2,"ART    ",3,"BEHANDL",7
10550 'F1 -  Stufe1    Stufe2    Stufe3
10560 DATA "0-5cm  ","5-10cm "
10570  F2 -  Stufe1    Stufe2    Stufe3
10580 DATA "Klee   ","Kresse ","Radies "
10590 'F3 -  Stufe1    Stufe2    Stufe3
10600 DATA "Unbehan","Mittel1","Mittel2","Mittel3"
10601 DATA "Mittel4","Mittel5","Mittel6"
10610 'F4 -  Stufe1    Stufe2    Stufe3
10620 '
10630 'F5 -  Stufe1    Stufe2    Stufe3
10640 '
10650 '    Block1  Block2
10660 DATA "Prz 1","Prz 2"
10670 '     Pfl 1   Pfl 2   Pfl 3
10680 DATA "A    ","B    ","C    ","D    "
10690 '    Beobachtung1      (Name W/M Nachkommast
10700 DATA "Zahl  ","M",0,"Gewich","W",3
10710 '*** DATA-Anweisungen  ENDE ***'
```

Abb 2 Data-Block mit Versuchsplan (Auszug aus dem Erfassungsprogramm des EPSON-Computers

Das Programm arbeitet mit dem Benutzer im interaktiven Dialog Es gibt stets die genaue Bezeichnung des gerade bonitierten Topfes an und den verlangten Beobachtungswert, ob "Zahl" oder "Gewicht" Bei jedem Topf werden die Pflanzen gezählt, abgeschnitten und auf die Waage gelegt, die Anzahl der Pflanzen in den EPSON über die Tastatur eingegeben und durch Betätigen der "Print"-Taste auf der Waage das Gewicht der Pflanzen zum EPSON übertragen
Nach jeder Variante, also nach zweimal 4 Töpfen, werden die Werte auf Mikrocassette gespeichert Im Vergleich zu Computern mit Diskettenlaufwerken (z B Laptops hat der EPSON HX 20 mit der Mikrocassette den Vorteil, auch bei Erschütterungen während des Speichervorganges die Daten sicher abzulegen, was gerade bei Erhebungen auf dem Feld bedeutsam ist

3 Transfer der Daten

Die auf Mikrocassette vorliegenden Daten müssen zur Weiterverarbeitung auf den IBM-PC übertragen und dort auf Diskette abgelegt werden Dazu wird der EPSON-Computer über ein Verbindungskabel mit dem IBM-Rechner verbunden und bei jenem von Diskette ein BASIC-Programm "Transfer" gestartet Der Bildschirmdialog ist in Abb 3 wiedergegeben
Zunächst wird der Benutzer aufgefordert, den EPSON-Rechner einzuschalten und auch dort ein Programm "Transfer" zu starten Diese beiden Programme treten über das Anschlußkabel in gegenseitige Verbindung und nach Eingabe von Position und Bezeichnung der

bestehenden Mikrocassettendatei und Name der neuen Diskettendatei werden die Versuchsdaten vom EPSON zum IBM übertragen

```
DATENÜBERTRAGUNG   EPSON HX 20 ==> IBM PS/60

Vorgehensweise: 1  Kabelverbindung herstellen

                2  EPSON: einschalten

                3  EPSON: Menüpunkt  Transfer' wählen

                4  EPSON  Mikrocassette einlegen

EPSON-Datei auf Mikrocassette: Bandnummer =  200

            Dateiname  Großbuchstaben !   =  BIOTES01

   Anzulegende IBM-Datei:      Dateiname  =  BIOTES01
```

Abb 3: Bildschirmdialog des IBM-Transferprogrammes

4 Kontrolle der Urdaten

Nach der Übertragung zum IBM-PC sind die Versuchsdaten auf einer Datei auf Diskette abgelegt Vor jeder weiteren Auswertung sollte zunächst eine visuelle Kontrolle dieser Urdaten auf Eingabefehler erfolgen Bei diesem System der Datenerhebung ist die Fehlerquote sehr gering, insbesondere die der von der Waage automatisch übertragenen Gewichtsdaten. Nach den bisherigen Erfahrungen gibt es bei solchen Biotest-Versuchen allerdings zwei Fehlerquellen:

- Bei Zahleneingaben wird eine Taste des Eingabecomputers doppelt berührt und so z B "77" statt "7" eingegeben
- Wenn alle Pflanzen abgestorben sind, muß als Zahl "0" eingegeben werden Nach Betätigen der "Print"-Taste an der Waage wird dem Computer statt "0 000 g" häufig "0 001 g" übermittelt

Diese Fehler können aber bei Durchsicht dieser Urdaten sehr schnell erkannt und behoben werden

Die Kontrolle der Urdaten geschieht mit Hilfe von Editorprogrammen z B "EVIZ" des Großrechners VAX oder WORD des IBM-PC Diese Editorprogramme bieten die Möglichkeit, die Daten nicht nur zu betrachten, sondern sie ggf auch zu ändern

Abb 4 zeigt einen Ausschnitt der Urdatendatei des gewählten Beispieles Die Datei ist im ASCII-Format abgelegt und damit von nahezu allen gängigen Standardprogrammen bearbeitbar Für jeden erfassten Topf sind die Werte der Beobachtungen (Zahl und Gewicht , Angaben über die Variante Schicht, Art, Behandlung und die Wiederholung Parzelle sowie die Topfnummer (A, B, C oder D angegeben Dieses erleichtert die Zuordnung und ermöglicht späteres Sortieren Der Dateikopf enthält die Struktur des Versuchsplanes

```
BIOTEST , 3,Parz , 2,Topf , 4, 2
SCHICHT, 2,ART     , 3,BEHANDL, 7
0-5cm  ,5-10cm
Klee   ,Kresse ,Radies
Unbehan,Mittel1,Mittel2,Mittel3,Mittel4,Mittel5,Mittel6
Prz 1,Prz 2
A    ,B    ,C    ,D
Zahl  ,M, 0,Gewich,W, 3

DATUM    SCHICHT ART     BEHANDL Parz  Topf  Zahl    Gewich
12/01/89 0-5cm   Klee    Mittel1 Prz 1 A         8     764
12/01/89 0-5cm   Klee    Mittel1 Prz 1 B         9     708
12/01/89 0-5cm   Klee    Mittel1 Prz 1 C         9      96
12/01/89 0-5cm   Klee    Mittel1 Prz 1 D         3     199
12/01/89 0-5cm   Klee    Mittel1 Prz 2 A         8     777
```

Abb 4 Auszug der Datei mit den Urdaten

5 Auswertung

Die erste Auswertung geschieht mit Hilfe eines selbstgeschriebenen BASIC-Programmes "AUSWERTG" Nach Aufruf dieses Programmes erscheint auf dem Monitor ein Benutzerdialog Abb 5 , der zur Eingabe der Namen der Ein- und Ausgabedatei auffordert Es kann zudem eine Bezugsgröße z B "Unbehandelt") angegeben werden, zu der die Werte der übrigen Behandlungen in Relation gesetzt werden Der weitere Programmablauf ist automatisch und wird nach den Angaben des Versuchsplanes gesteuert, die sich im Kopf der Urdaten-Datei befinden

```
  AUSWERTUNGSPROGRAMM
Version:  Automatische Auswertung mit max  3 Faktoren
Vorhandene Eingabedateien
URDATE01,DAT      BIOTES01 DAT
    Gewünschte Eingabedatei ?  biotes01 dat
Vorhandene Ausgabedateien:
URDATE01 AUS
    Name der Ausgabedatei   ?  biotes01 aus
Sollen die Behandlungs-Mittelwerte in Relation zu einer
Bezugsgröße  z B  'KONTROLLE'  gesetzt werden (J/N) ?  j
 Unbehan'-'Mittel1'-'Mittel2'-'Mittel3 -
 Mittel4'-'Mittel5'-'Mittel6'-
             Bezugsgröße  ?  Unbehan
   Alle Werte-Felder werden mit ' ' besetzt
    Einlesen ALLER Messwerte und Sortieren
```

Abb 5 Bildschirm-Dialog des Auswertungs-Programmes

Als Ergebnis liefert das Auswertungsprogramm die sortierten Urdaten sowie eine Liste mit deskriptiven Kennzahlen für alle Varianten des Versuches Abb 6 Die Durchsicht dieser Zahlen gibt eine weitere Möglichkeit, eventuelle Eingabefehler bei der Datenerfassung zu erkennen

Versuchsbezeichnung: BIOTEST

LISTE MIT DEN SORTIERTEN R O H D A T E N :

DATUM	SCHICHT	ART	BEHANDL	Parz	Topf	Zahl	Gewich
12/01/89	0-5cm	Klee	Unbehan	Prz 1	A	10	2 256
12/01/89	0-5cm	Klee	Unbehan	Prz 1	B	10	2 583
12/01/89	0-5cm	Klee	Unbehan	Prz 1	C	9	2 355
12/01/89	0-5cm	Klee	Unbehan	Prz 1	D	9	2 255
12/01/89	0-5cm	Klee	Unbehan	Prz 2	A	8	2 137
12/01/89	0-5cm	Klee	Unbehan	Prz 2	B	8	1 832

A U S W E R T U N G

1 Anzahl Topf in der Behandlung
2 Mittel
3 Minimum
4 Maximum
5 Spannweite
6) Standardabweichung
7 Variationskoeffizient
8 Relative Leistung zu 'Unbehan'

0-5cm Klee Unbehan

	Anzahl	Mittel	Minim	Maxim	Spann-weite	Stand abw	-Variat koeff	-Relat Leistg
Zahl	8	8 9	8 0	10 0	2 0	0 83	0 09	100 0%
Gewich	8	2 145	1 832	2 583	0 751	0 27	0 13	100 0%

0-5cm Klee Mittel6

	Anzahl	Mittel	Minim	Maxim	Spann-weite	Stand abw	-Variat koeff	-Relat Leistg
Zahl	8	8 9	7 0	10 0	3 0	1 13	0 13	100 0%
Gewich	8	1 420	1 150	1 534	0 384	0 12	0 09	66 2%

Abb 6 Auszug aus der Ergebnisliste der ersten Auswertung

6 Weiterverarbeitung der Daten

Der Satz der Urdaten ist so strukturiert, daß er problemlos von vielen Standard-Programmen übernommen werden kann, nachdem der Kopf der Datei mit den Angaben zum Versuchsplan gelöscht wurde Als Beispiel seien die Tabellenkalkulation MULTIPLAN des PC und das Statistikprogramm SAS des Großrechners VAX aufgeführt MULTIPLAN Nachdem die Versuchsdaten in die Tabellenkalkulation eingelesen wurden, können sie mit allen Möglichkeiten behandelt werden, die dieses Programm bietet Zwei Möglichkeiten seien dargestellt Sortieren der Daten nach Behandlung und Berechnen der Mittelwerte der Behandlungen Abb 7

12/01/89	5-10cm	Radies	Unbehan	Prz 1	C	10	2	286
12/01/89	5-10cm	Radies	Unbehan	Prz 1	D	10	2	192
12/01/89	5-10cm	Radies	Unbehan	Prz 2	A	10	1	893
12/01/89	5-10cm	Radies	Unbehan	Prz 2	B	10	1	601
12/01/89	5-10cm	Radies	Unbehan	Prz 2	C	10	1	899
12/01/89	5-10cm	Radies	Unbehan	Prz 2	D	10	2	183

MITTELWERTE DER BEHANDLUNGEN	ZAHL	GEWICHT
Mittel1	8 79	1 98
Mittel2	9 10	1 60
Mittel3	8 46	1 51
Mittel4	9 13	1 91
Mittel5	9 23	1 20
Mittel6	9 29	1 94
Unbehan	9 21	2 12

Abb 7 Bearbeitung der Versuchsdaten mit MULTIPLAN Ausschnitt

SAS Die Überspielung der Daten von der Diskette des IBM-PC zum Magnetplattenspeicher der VAX-Großrechenanlage ist problemlos Dieses eröffnet auch die Möglichkeit, das sehr leistungsfähige Statistik-Analyse-System SAS dieses Rechners für die Auswertung der Versuchsdaten zu nützen Die vorliegende Datenstruktur erlaubt eine uneingeschränkte Übernahme durch SAS Mit Hilfe eines kurzen SAS-Programmes kann für das vorliegende Beispiel z B folgendes Ergebnis einer Varianzanalyse mit anschließendem DUNCAN-Test für die Variante Klee beider Schichten und Parzellen erzeugt werden Abb 8

SAS - ANALYSIS OF VARIANCE PROCEDURE

DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST FOR VARIABLE: GEWICHT
ART=Klee

ALPHA=0 05 DF=105 MSE=0 152494

NUMBER OF MEANS	2	3	4	5	6	7
CRITICAL RANGE	0 2742	0 2884	0 2975	0 3043	0 3101	0 3148

MEANS WITH THE SAME LETTER ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT

DUNCAN GROUPING	MEAN	N	BEHANDL
A	2 0514	16	Unbehan
B	1 6010	16	Mittel6
B	1 5867	16	Mittel4
B	1 4529	16	Mittel3
C	1 0773	16	Mittel5
C	1 0349	16	Mittel1
C	0 9920	16	Mittel2

Abb 8: Varianzanalyse und DUNCAN-Test mit SAS Auszug

IV DISKUSSION

Das vorgestellt System zur mobilen Datenerfassung befindet sich noch im Aufbau Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, daß die Verwendung dieses Systems insbesondere dann eine Zeitersparnis gegenüber herkömmlichen Verfahren bedeutet, wenn die Zahl der Beobachtungen groß ist Diese Grenze ist relativ Nach Meinung des Verfassers liegt diese umso niedriger, je höher der Anteil der Wägungen gegenüber den manuellen Eingaben der Messungen ist

Literatur:

KRANZ, J 1988 Der Mikrocomputer im Pflanzenschutz Gesunde Pflanzen **40**, 472-478

GÖHLER, A , W GRUPPE, H JACOB und W KÖHLER 1988 Mobile Datenerfassung in Obstversuchen Erwerbsobstbau **30**, 100-104