

Das Auswerten landtechnischer Versuchsreihen mit programmgesteuerten Rechenanlagen

Von **Albert Mathes** und **Werner Preisberg**, Berlin

An dem Beispiel der Auswertung von systematischen Versuchen über die Düngerverteilung von Schleuderstreuern wird gezeigt, wie die Errechnung des Mittelwertes, der linearen Abweichung und der mittleren quadratischen Abweichung der Düngerverteilung über die Streubreite mit elektronischen Rechenanlagen weitgehend automatisiert werden kann. Ferner läßt sich durch entsprechende Programmierung die jeweilige optimale Streubreite eines Düngerstreuers, die sich durch Überlappung bei Anschlußfahrten ergibt, mit geringem Zeitaufwand ermitteln und das somit erhaltene Streubild zeichnen. Die Programmierung wird anhand des Flußdiagramms dargestellt und erläutert.

Der Einsatz moderner programmgesteuerter elektronischer Rechenanlagen zur Auswertung systematischer Versuchsreihen bietet große Vorteile. Leider besteht die weit verbreitete Meinung, die Bedienung und das Programmieren derartiger Rechenanlagen sei eine schwer zu erlernende „Kunst“ und könne nur von Spezialisten vorgenommen werden. In den einzelnen Wissensgebieten steht die Anwendung elektronischer Rechenanlagen auf sehr unterschiedlichem Niveau. Die an den deutschen Hochschulen installierten Anlagen waren bis vor kurzem meist auch zu klein und wenig leistungsfähig. Diese Situation ändert sich zusehends, weil laufend Neuanlagen installiert werden, die der technischen Entwicklung folgend leistungsfähiger und schneller sind. Auch die Industrie, die anfänglich Elektronenrechner in der Hauptsache für kommerzielle Zwecke einsetzte, erkennt die sich hier bietenden großen Vorteile bei den immer tiefer eindringenden technischen Untersuchungen.

Neben der technischen Entwicklung der Rechenanlagen haben sich auch große Fortschritte bei der Entwicklung der Standardprogramme ergeben. Hierzu gehören einmal die Programme, die unter der Bezeichnung „Betriebssysteme“ laufen und einen großen Komfort in der Bedienung der Anlagen bieten, daneben sind auch von den Herstellern der Rechenanlagen im Laufe der Zeit eine große Anzahl von Programmen erstellt worden. Es handelt sich hierbei meist um Programmsysteme für ein spezielles Gebiet, z. B. Matrizen-Operationen und Programme zur Lösung von Differentialgleichungen o. ä. Alle diese Programme stehen je nach Typ des vorhandenen Rechners in unterschiedlicher Qualität und Quantität dem Benutzer zur Verfügung.

Die weitaus meisten vorhandenen Programme sind jedoch von den Benutzern der Anlagen selbst erarbeitet worden und werden von diesen aufbewahrt. Wenn es sich hier auch meist um Programme handelt, die für einen speziellen Zweck entwickelt wurden, so ist doch anzunehmen, daß neben den eigentlichen Entwicklern der Programme auch Fachkollegen an dem dabei angewandten Methoden Interesse haben, um sie für eigene Arbeiten einzusetzen. Es ist schwer zu sagen, wieviel Doppelarbeit bei manchen Problemen aufgewendet wurde und bei dem zunehmenden Einsatz elektronischer Rechenanlagen in Zukunft noch geleistet wird, wenn nicht ein geeigneter Weg der Veröffentlichung oder des Austausches der Programme gefunden wird.

Mit der zunehmenden Vervollkommnung problemorientierter Sprachen (ALGOL, FORTRAN usw.) ist es heute jedem technisch-wissenschaftlich Tätigen möglich, das Programmieren innerhalb von 14 Tagen zu erlernen. Der Vorteil dieser problemorientierten Sprachen liegt darin, daß sie keine speziellen Kenntnisse über die verwendete Rechenanlage voraussetzen. Die

Schwierigkeit besteht auch nicht im Schreiben des Programms, sondern in der Aufstellung des sogenannten Flußdiagramms, d. h. im Erkennen der logischen Zusammenhänge eines Programmablaufs und der logisch einwandfreien Zuordnung der das Programm bildenden Befehle. Jeder Wissenschaftler, Ingenieur oder Techniker kann das „programmieren“, was er ohne elektronische Rechenanlagen „mit der Hand“ rechnen kann. Sich oft wiederholende, logisch gleich ablaufende Versuchsauswertungen oder Berechnungen brauchen nur einmal „programmiert“, d. h. logisch einwandfrei in Einzelschritte zerlegt, zu werden, um die gewünschten Ergebnisse bei beliebigen Eingabewerten mit größter Genauigkeit und Schnelligkeit zu liefern.

Auf dem Gebiet der landtechnischen Forschung ist, gemessen an den Veröffentlichungen, der Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen noch nicht sehr groß. Es soll im folgenden an dem Beispiel der Auswertung von Düngerstreuerversuchen mit Schleuderstreuern gezeigt werden, wie sich solche Untersuchungen weitgehend von der monotonen und zeitraubenden Auswertungsarbeit der Versuchsergebnisse befreien lassen.

Auswertung von Düngerstreuerversuchen

Um ein Bild über die Verteilungsarbeit eines Schleuderstreuers zu gewinnen, sind nach dem Auswiegen der Düngermengen, die sich in den Auffangkästen befinden, umfangreiche Rechnungen durchzuführen [1; 2]. Diese Rechnungen bewegen sich in einem oft wiederkehrenden Zyklus: Nach Errechnung der Ausgangswerte (Streubreite, Mittelwert, Abweichung) müssen durch angenommene Anschlußfahrten stetig größer werdend Überlappungen rechnerisch vorgenommen werden, um die „optimale“ Arbeitsbreite zu erhalten. Den Optimalwert erhält man, wenn die nächste Fahrspur in jener genau zu bestimmenden Entfernung von der ersten Fahrt liegt, die die Summe der Abweichungen der Einzelwerte vom jeweils errechneten Mittelwert ein Minimum erreichen läßt. Dabei kann sowohl Gegenfahrt (= Hin- und Herfahrt) als auch Rundfahrt angenommen werden. Im zweiten Falle wird unterstellt, daß der Benutzer des Streuers immer in derselben Fahrtrichtung eine Streuspur an die andere legt. In beiden Fällen sind immer wieder die gleichen Berechnungen für Gesamtstreuemenge, Mittelwert und Abweichungen der Einzelwerte nach Zurechnung der Überlappungsmengen durchzuführen. Auch wenn man mit der linearen Abweichung (e) rechnet, weil die Berechnung der quadratischen Abweichung (σ) bei Benutzung von Tischrechnern den Aufwand verdreifacht, ist selbst bei Anwendung eines vereinfachten Verfahrens [1; 2] bei manueller Arbeit pro Versuch mindestens eine Rechenzeit von 1 bis 2 Stunden aufzubringen. Wird Rund- und Gegenfahrt einbezogen, verdoppelt sich der Aufwand. Bei Errechnung der quadratischen Abweichung wird er nochmals verdreifacht. Einschließlich der auf die Rechnung folgenden Zeichnung des optimalen Verteilungsbildes nimmt die Auswertung eines einzigen Versuches rund einen Tag in Anspruch. Für einen Düngerstreuer müssen aber viele Versuche mit verschiedenen Düngersorten und Einstellungen gefahren werden, bevor man sich ein Bild von seiner Streuarbeit machen kann.

Das Flußdiagramm

Am Flußdiagramm, **Bild 1**, wird die dem Rechner übertragene Auswertung der Schleuderstreuerversuche erklärt: Der Versuchstand zerlegt den Streubereich (Streubreite) der Maschine in eine bestimmte Anzahl von n 20-cm-breiten Streifen, die parallel zur Fahrtrichtung des Schleppers angeordnet sind. Das Auswiegen der auf einen Streifen entfallenden Menge an Düngemittel liefert n Meßwerte, die zusammen mit der Anzahl n zum Beginn der Rechnung der Rechenanlage auf Lochkarten bzw. Lochstreifen eingegeben werden (1).

Priv.-Doz. Dr. agr. Albert Mathes ist Wissenschaftlicher Rat am Institut für Landtechnik (Direktor: Prof. Dr.-Ing. H. Göhlich) der Fakultät für Landbau der Technischen Universität Berlin; Dipl.-Phys. Werner Preisberg ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Elektronenmikroskopie und komm. Leiter des Rechenzentrums am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin.

Das Rechenprogramm der Maschine setzt jetzt eine Variable RUND („Rundfahrt“) auf den Wert „wahr“ (2) und fragt anschließend ab, ob die Variable RUND den Wert „wahr“ hat (3). Da das beim ersten Durchgang zutrifft, wird der mit „ja“ bezeichnete Zweig des Flußdiagramms durchlaufen. Die in (4) erfolgende „Aufbereitung der Meßwerte für Rundfahrt“ besteht in einer die Rundfahrt simulierenden mehrfachen Anordnung der in (1) eingelesenen Meßwerte. Die Variable RUND, die die Steuerung des Programms an den Verzweigungspunkten bewirkt, wird anschließend auf den Wert „falsch“ gesetzt (5).

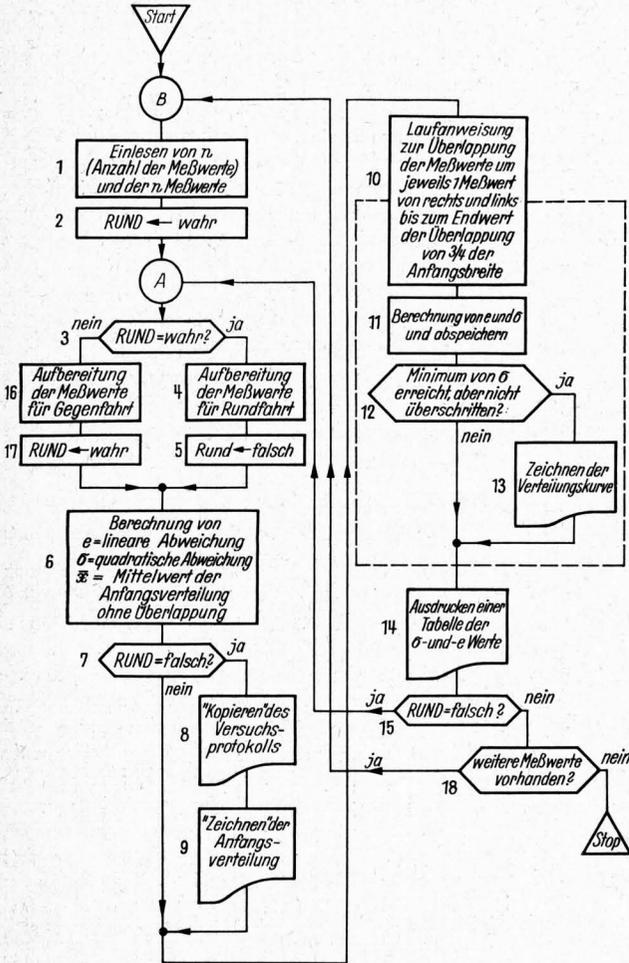


Bild 1. Flußdiagramm zur Auswertung von Düngerstreuversuchen mittels elektronischer Rechenanlagen. Erläuterungen siehe Text

Es folgt jetzt die in (6) angedeutete Berechnung des Mittelwertes \bar{x} nach der Gleichung

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

der durchschnittlichen linearen Abweichung e nach

$$e = \frac{1}{n \bar{x}} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

und der mittleren quadratischen Abweichung σ

$$\sigma = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}.$$

Anschließend wird wieder nach dem Wert der Variablen RUND gefragt (7), der aber nach dem bisherigen Verlauf des Programms auf „falsch“ [s. (5)] steht. Dadurch verzweigt sich das Programm und ein Versuchsprotokoll wird von der Maschine ausgegeben, das auf Lochkarten bzw. Lochstreifen vorliegen muß (8). Es folgt die Ausgabe der graphischen Darstellung der Anfangsverteilung (9) (s. unter „Versuchsergebnisse“).

Tafel 1. Rechen- und Zeichenprogramm. (Wiedergabe 1/2fach)

```

*BEGIN*
*COMMENT* VERTEILUNGSKURVEN VON SCHLEUDERSTREUERN;
*REAL* XM, XMV, MAXIMUM, SCHRITT, MITTEL, GESAMT, GESAMTV, LH, RH;
*INTEGER* N, M, I, K, R, S, L, SCHLUSS, ANFANG, ENDE, MFAKTOR, MITTE, MITTE1;
*BOOLEAN* RUND, MINIMUM;

*PROCEDURE* ADDIERE(ADD, N, SUMME);
*VALUE* N;
*INTEGER* N;
*ARRAY* ADD, SUMME;

*BEGIN*
*INTEGER* I, K, L; *REAL* A;
I := 3 * N;
*FOR* K := 1 *STEP* 1 *UNTIL* N *DO*
*BEGIN*
A := 0;
*FOR* L := 1 *STEP* 1 *UNTIL* 7 *DO*
A := A + ADDCL, I + K;
SUMMECKJ := A
*END*
*END* PROZEDUR "ADDIERE";

*PROCEDURE* RECHNE (ANFANG, ENDE, SUMME, SIGMA, E, R, XM, GESAMT);
*VALUE* ANFANG, ENDE, R;
*INTEGER* ANFANG, ENDE, R;
*REAL* XM, GESAMT;
*ARRAY* SUMME, SIGMA, E;
*BEGIN*
*INTEGER* I;
*REAL* ZAHL, H1, H2, H3;
XM := 0; H1 := H3 := 0; ZAHL := ENDE - ANFANG + 1;
*FOR* I := ANFANG *STEP* 1 *UNTIL* ENDE *DO*
XM := XM + SUMMECJ I;
GESAMT := XM;
XM := XM / ZAHL;
*FOR* I := ANFANG *STEP* 1 *UNTIL* ENDE *DO*
*BEGIN*
H2 := ABS(SUMMECJ I - XM);
H1 := H1 + H2;
H3 := H3 + H2 * H2;
*END*;
E CRJ := H1 / (ZAHL * XM);
SIGMA CRJ := SORT (H3 / (ZAHL - 1)) / XM
*END* PROZEDUR "RECHNE";

*PROCEDURE* VERSCHIEBE(I, N, ADD);
*VALUE* I, N;
*INTEGER* I, N;
*ARRAY* ADD;

*BEGIN*
*INTEGER* K, V, Z;
V := 2;
*FOR* Z := 1, 2, 3 *DO*
*BEGIN*
*FOR* K := (Z + V) * N *STEP* -1 *UNTIL* (Z + V - 1) * N
+ 1 *DO*
ADDCZ + V, K + Z * I := ADDCZ + V, K + Z * (I - 2);
*FOR* K := (Z + 3) * N + 1 *STEP* 1 *UNTIL* (Z + 4) * N
*DO*
ADDCZ + 4, K - Z * I := ADDCZ + 4, K + Z * (2 - I);
V := V - 2;
*END*
*END* PROZEDUR "VERSCHIEBE";

*PROCEDURE* ZEICHNE(ANFANG, ENDE, MFAKTOR, FELD, FAKTOR);
*INTEGER* ANFANG, ENDE, MFAKTOR;
*ARRAY* FELD;
*INTEGER* ARRAY, FAKTOR;

*BEGIN*
*INTEGER* I, K;
*PROCEDURE* XACHSE;
*BEGIN*
*IF* ENTIER(I/5) *EQ* I/5 *THEN*
*BEGIN*
PRINT(I, /5, 2, 0);
*IF* I *EQ* MITTE *OR* I *EQ* MITTE1 *THEN*
WRITETEXT ('(' * '=' * ')');
*ELSE*
WRITETEXT ('(' * '+' * ')');
*END*
*ELSE*
*BEGIN*
SPACE(5);
*IF* I *EQ* MITTE *OR* I *EQ* MITTE1 *THEN*
WRITETEXT ('(' * '=' * ')');
*ELSE*
WRITETEXT ('(' * '+' * ')');
*END*
*END*;
SPACE(14);
WRITETEXT ('(' * '0' * ')');
SPACE(3);
*FOR* I := 20 *STEP* 20 *UNTIL* 180 *DO*
*BEGIN*
SPACE(4);
PRINT (I, 3, 0);
*END*;
SPACE(3);
WRITETEXT ('(' * 'PROZENTJ' * ')');
NEWLINE (1);
SPACE(14);
*FOR* I := 0 *STEP* 5 *UNTIL* 100 *DO*
*BEGIN*
WRITETEXT ('(' * '+' * ')');
*FOR* K := I + 1 *STEP* 1 *UNTIL* I + 4 *DO*
WRITETEXT ('(' * '-' * ')');
*END*;
NEWLINE(1);
*FOR* I := 1 *STEP* 1 *UNTIL* ANFANG - 1 *DO*
*BEGIN*
SPACE(9); XACHSE; NEWLINE(1)
*END*;
*FOR* I := ANFANG *STEP* 1 *UNTIL* ENDE *DO*
*BEGIN*
PRINT (FELDCJ, 3, 2); XACHSE;
*FOR* K := 1 *STEP* 1 *UNTIL* FAKTORCJ *DO*
*BEGIN*
*IF* K *EQ* MFAKTOR *THEN*

```

(Fortsetzung)

```
'BEGIN'
  WRITETEXT('(*)');
  'GOTO' SPRUNG
'END';
WRITETEXT('(*)');
SPRUNG:
'END';
WRITETEXT('(*)');
NEWLINE(1)
'END';
'FOR' I := ENDE+1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
'BEGIN'
  SPACE( 9); XACHSE; NEWLINE(1)
'END'
'END' PROZEDUR ZEICHNE;

*PROCEDURE* MITTELWERT(ANFANG,ENDE,MAXIMUM,FELD,FAKTOR,MFAKTOR,
  SCHRITT,MITTEL);
  *INTEGER* ANFANG,ENDE,MFAKTOR;
  *REAL* MAXIMUM,SCHRITT,MITTEL;
  *ARRAY* FELD;
  *INTEGER* *ARRAY* FAKTOR;

  'BEGIN'
  *INTEGER* I ;
  MITTEL := MAXIMUM / 0 ;
  'FOR' I := ANFANG 'STEP' 1 'UNTIL' ENDE 'DO'
  'BEGIN'
    MITTEL := MITTEL + FELD[I];
    'IF' FELD[I] > MAXIMUM 'THEN'
      MAXIMUM := FELD[I]
    'END';
    MITTEL := MITTEL / (ENDE - ANFANG + 1);
    SCHRITT := MITTEL / 50;
    'FOR' I := ANFANG 'STEP' 1 'UNTIL' ENDE 'DO'
    'BEGIN'
      FAKTOR [I] := ENTIER (FELD[I]/SCHRITT);
      'IF' FELD[I]/SCHRITT - FAKTOR[I] >= 0,5
      'THEN'
        FAKTOR [I] := FAKTOR [I] + 1;
        FAKTOR [I] := FAKTOR [I] - 1;
      'END';
      MFAKTOR := ENTIER (MITTEL/SCHRITT);
      'IF' (MITTEL/SCHRITT) - MFAKTOR >= 0,5
      'THEN' MFAKTOR := MFAKTOR + 1
    'END'
  'END'
  *PROCEDURE* MITTELWERT;

WIEDER:
SELECT INPUT (3);
SELECT OUTPUT (0);
N := READ;
MITTE := N/2;
MITTE1 := MITTE+1;
M := 7 * N;
RUND := 'TRUE';
MINIMUM := 'FALSE';
SCHLUSS := ENTIER(3 * N/4);

'BEGIN'
  *INTEGER* *ARRAY* FAKTOR [1:N];
  *ARRAY* FELD, VORFELD, SUMME [1:N], SIGMA, E [0:N], ADDC1:7,1:M;

  *PROCEDURE* KOPF1;
  'BEGIN'
    COPYTEXT('DECKBLATT');
    PAPERTHROW
  'END';

  *PROCEDURE* KOPF2;
  'BEGIN'
    PAPERTHROW;
    NEWLINE(2);
    SPACE(41);
    WRITETEXT('VERTEILUNGSKURVESOHNE
      UEBERLAPPUNG');
    NEWLINE(4);
    WRITETEXT('GESAMTMENGE:');
    PRINT(GESAMT,5,2);
    WRITETEXT('GRAMM');
    SPACE(3);
    WRITETEXT('MITTELWERT:');
    PRINT(XM,3,2);
    WRITETEXT('GRAMM');
    SPACE(5);
    WRITETEXT('ZEICHENMASSTAB:
      1:SKALENTEIL=');
    PRINT(SCHRITT,2,2);
    WRITETEXT('GRAMM('2C)');
    SPACE(41);
    WRITETEXT('MITTELWERT=%100CPROZENT');
    NEWLINE(3);
    SPACE(5);
    WRITETEXT('LINKSHAELFTE');
    PRINT(LH,2,2);
    WRITETEXT('CPROZENT');
    SPACE(40);
    WRITETEXT('RECHTESHAELFTE:');
    PRINT(RH,2,2);
    WRITETEXT('CPROZENT');
    NEWLINE(3);
    WRITETEXT('SKASTEN-'1C1S'
      INHALT '1C3S'
      IN '1C1S'
      GRAMM%%METER('1C)');
  'END'
  *PROCEDURE* KOPF2;

  *PROCEDURE* KOPF3;
  'BEGIN'
    PAPERTHROW;
    NEWLINE(3);
    SPACE(28);
    WRITETEXT('VERTEILUNGSKURVENACH
      UEBERLAPPUNG');
    SPACE(2);
    'IF' NOT RUND 'THEN'
      WRITETEXT('RUNDFAHRT')
    'ELSE'
      WRITETEXT('GEGENFAHRT');
    NEWLINE(2);
    SPACE(37);
    WRITETEXT('BEISIGMA');
    PRINT(SIGMAE-13+100,2,2);
    WRITETEXT('CPROZENT');
    NEWLINE(3);
    WRITETEXT('GESAMTMENGE:');
    PRINT(GESAMT,5,2);
    WRITETEXT('GRAMM');
```

(Fortsetzung)

```
SPACE(3);
WRITETEXT('MITTELWERT:');
PRINT(XM,3,2);
WRITETEXT('GRAMM');
SPACE(5);
WRITETEXT('ZEICHENMASSTAB:
  1:SKALENTEIL=');
PRINT(SCHRITT,2,2);
WRITETEXT('GRAMM');
NEWLINE(2);
SPACE(38);
WRITETEXT('STREUBREITE:');
PRINT((ENDE-ANFANG+3)/5,3,2);
WRITETEXT('CMETER');
NEWLINE(2);
SPACE(38);
WRITETEXT('MITTELWERT=%100CPROZENT
  (%C)');
WRITETEXT('SKASTEN-'1C1S'
  INHALT '1C3S'
  IN '1C1S'
  GRAMM%%METER('1C)');
'END'
*PROCEDURE* KOPF4;
'BEGIN'
  PAPERTHROW;
  NEWLINE(8);
  SPACE(20);
  WRITETEXT('MASSZAHLENIDERS
  ABWEICHUNGEN
  (INSPROZENTSOMMITTELWERT)
  (2C1S)BEI');
  'IF' NOT RUND 'THEN' WRITETEXT('RUNDFAHRT')
'ELSE'
  WRITETEXT('GEGENFAHRT');
  NEWLINE(5);
  SPACE(20);
  WRITETEXT('STREUBREITE('10S'
  MITTLERESQUADRATISCHE('10S'
  DURCHSCHNITTLICHELINEARE('1C25S'
  IN('20S)ABWEICHUNG('24S'
  ABWEICHUNG('1C'
  ('20S)ZENTIMETER('13S'
  SIGMAEPROZENT('23S) ECPROZENT('2C)');
'END'
*PROCEDURE* KOPF4;

'FOR' I := 1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO' FELDCI := READ;

NEU:
'FOR' I := 1 'STEP' 1 'UNTIL' 7 'DO'
'FOR' K := 1 'STEP' 1 'UNTIL' M 'DO' ADDC1,KJ := 0;
'IF' RUND 'THEN'
'BEGIN'
  'FOR' I := 1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
  ADDC1, I := ADDC2, N+I := ADDC3,2*N+I := ADDC4,3*N+I :=
  := ADDC5,4*N+I := ADDC6,5*N+I := ADDC7,6*N+I := FELDCI ;
  RUND := 'FALSE'
  'END'
  'ELSE'
  'BEGIN'
    K := N;
    'FOR' I := 1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO'
    'BEGIN'
      ADDC2,N+I := ADDC4,3*N+I := ADDC6,5*N+I := FELDCI;
      ADDC1,I := ADDC3,2*N+I := ADDC5,4*N+I := ADDC7,6*N+I :=
      := FELDCI;
      K := K - 1;
      RUND := 'TRUE'
    'END'
  'END';

  ADDIERE(ADD,N,SUMME);
  ANFANG := 1; ENDE := N; R := 0; S := 1;
  RECHNE(ANFANG,ENDE,SUMME,SIGMA,E,R,XM,GESAMT);
  LH:=RH:=0;
  'FOR' I:=1'STEP'1'UNTIL'N/2 'DO'
  LH:=LH+FELDCI;
  'FOR' I:=N/2+1'STEP'1'UNTIL'N'DO'
  RH:=RH+FELDCI;
  LH:=LH+100/GESAMT;
  RH:=RH+100/GESAMT;
  MITTELWERT(ANFANG,ENDE,MAXIMUM,SUMME,FAKTOR,MFAKTOR,SCHRITT,
    MITTEL);
  'IF' RUND 'THEN' GOTO SPRINGE;
  KOPF1; KOPF2;
  ZEICHNE(ANFANG,ENDE,MFAKTOR,FELD,FAKTOR);
  SPRINGE;

  'FOR' I := 2 'STEP' 2 'UNTIL' SCHLUSS 'DO'
  'BEGIN'
    GESAMT := GESAMT;
    XM := XM;
    ANFANG := I-R; ENDE := N-S; R := R+1; S := S+1;
    VERSCHIEBE(I,N,ADD);
    ADDIERE(ADD,N,SUMME);
    RECHNE(ANFANG,ENDE,SUMME,SIGMA,E,R,XM,GESAMT);
    'IF' SIGMAE-13 'LE' SIGMAE 'AND' NOT MINIMUM 'THEN'
    'BEGIN'
      MITTELWERT(ANFANG-1, ENDE+1, MAXIMUM, VORFELD,
        FAKTOR, MFAKTOR, SCHRITT, MITTEL);
    KOPF 3;
    ZEICHNE(ANFANG-1, ENDE+1, MFAKTOR, VORFELD, FAKTOR);
    MINIMUM := 'TRUE';
  'END';
  'IF' NOT MINIMUM 'THEN'
  'FOR' L := 1 'STEP' 1 'UNTIL' N 'DO' VORFELDCI := SUMMECL
  'END';

  KOPF 4;
  'FOR' I := 0 'STEP' 1 'UNTIL' R 'DO'
  'BEGIN'
    SPACE(22);
    PRINT((N-1+2)*20,4,0);
    SPACE(18);
    PRINT(SIGMAE+100,2,2);
    SPACE(25);
    PRINT(CEI+100,2,2); NEWLINE(1);
  'END';
  'IF' NOT RUND 'THEN' 'BEGIN' MINIMUM := 'FALSE'; GOTO NEU 'END';
  'IF' READ > 0 'THEN' GOTO WIEDER;
  PAPERTHROW;
  FREE INPUT;
  FREE OUTPUT
'END'
'END'
```

Ein sehr wirkungsvoller Befehl der Programmiersprache ALGOL ist die sogenannte Laufanweisung, die die zyklische Wiederholung von Programmteilen mit sich ändernden Parametern erlaubt, bis die vorher festgelegte Grenze (hier $\frac{1}{4}$ der Anfangsstreubreite) erreicht ist. Dieser Befehl wird angewandt, um die Überlappung der Anfangsverteilung schrittweise durchzuführen (10). Innerhalb dieses Zyklus wird für jede Überlappung \bar{x} , e und σ errechnet und zur weiteren Verarbeitung abgespeichert (11). Dabei wird gleichzeitig nach einem Minimum von σ gefragt (12) und, ist es erreicht, die diesem Minimum zugehörige graphische Darstellung der Verteilung ausgedrückt (13). Ist das Minimum noch nicht erreicht, oder aber überschritten, erfolgt automatisch der Übergang zur nächsten Überlappungsstufe.

Wenn die Überlappung so weit fortgeschritten ist, daß die rechnerisch erreichte Streubreite nur noch $\frac{1}{4}$ der anfänglich gemessenen beträgt, werden die jedem Überlappungsschritt zugehörigen e - und σ -Werte sowie die jeweilige Streubreite für die gerade durchlaufene Fahrweise (Rund- bzw. Gegenfahrt) als Tabelle ausgedrückt (14) (s. unter „Versuchsergebnisse“).

Die anschließende Abfrage nach dem Wert von RUND (15) veranlaßt, da RUND den Wert „falsch“ hat (5), einen Rücksprung zur Marke A. Der augenblickliche Wert von RUND bewirkt jetzt ein Durchlaufen des linken Astes der Verzweigung (16) (17) in dem eine Aufbereitung der Anfangswerte für die Gegenfahrt erfolgt und der Wert von RUND auf „wahr“ gesetzt wird. An der Abfrage (7) muß nun der mit „nein“

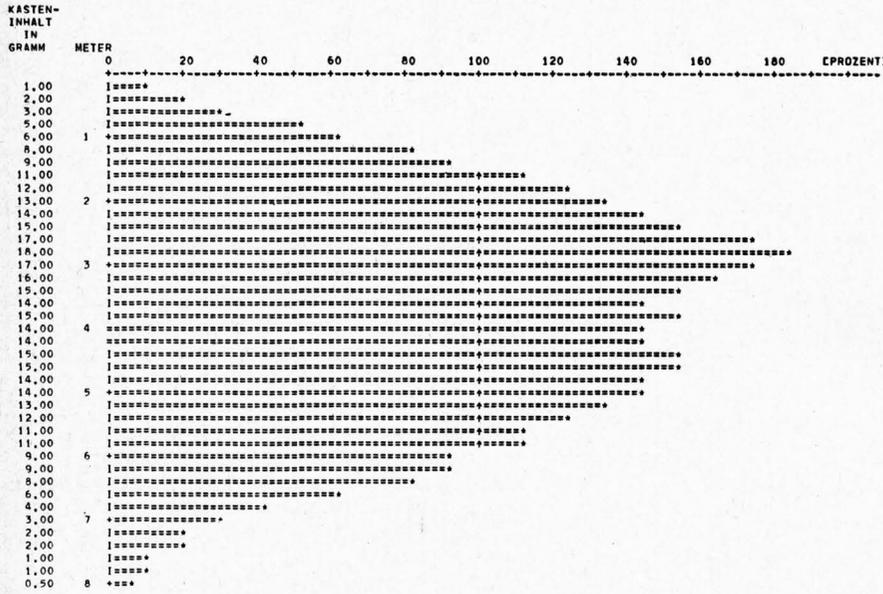


Bild 2 bis 4. Versuchsergebnisse eines Düngerverstreuungsversuches. Von der Rechenanlage gezeichnete Verteilungsdiagramme (Wiedergabe $\frac{1}{2}$ fach).

Versuchstag: 4. 5. 1967
 Streuveruch: St 001
 Prüfstand: Neue Halle 20 cm Kästen
 Maschinentyp: Schleuderstreuer
 Hersteller: XX
 Schlepper: Hanomag
 Geschwindigkeit: 1,5 m/s
 Gang: 2
 Zapfwelle: 540 U/min
 Streugut: Nitrophoska
 Körnung: grob
 Zustand: trocken
 Lufttemperatur: 19 Grad
 rel. Luftfeuchte: 65%
 Windgeschwindigkeit: 0,2 m/s

Bild 2 (links). Verteilungskurve ohne Überlappung.

Gesamtmenge: 389,50 g
 Mittelwert: 9,74 g = 100%
 Zeichenmaßstab: 1 Skalenteil = 0,19 g
 linke Maschinenhälfte: 57,77%
 rechte Maschinenhälfte: 42,23%

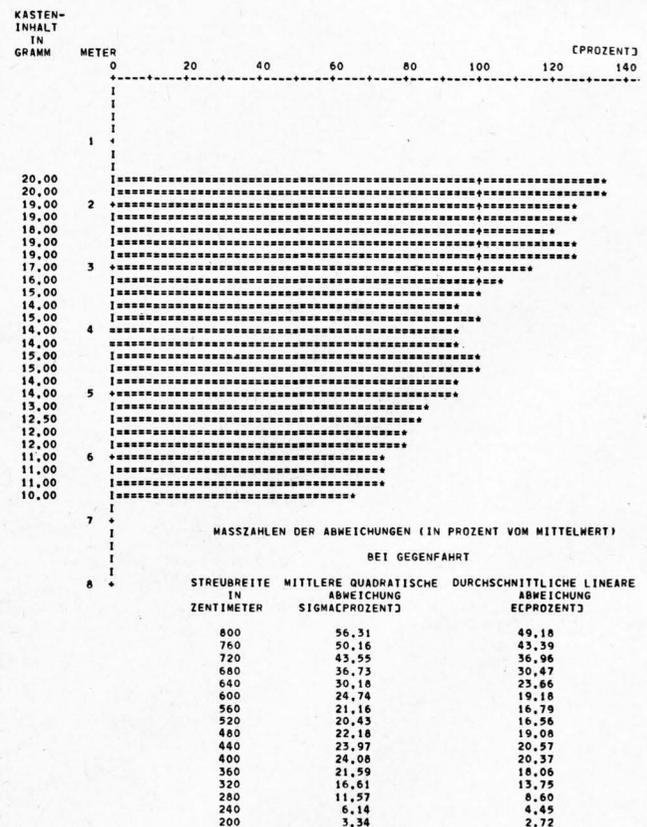
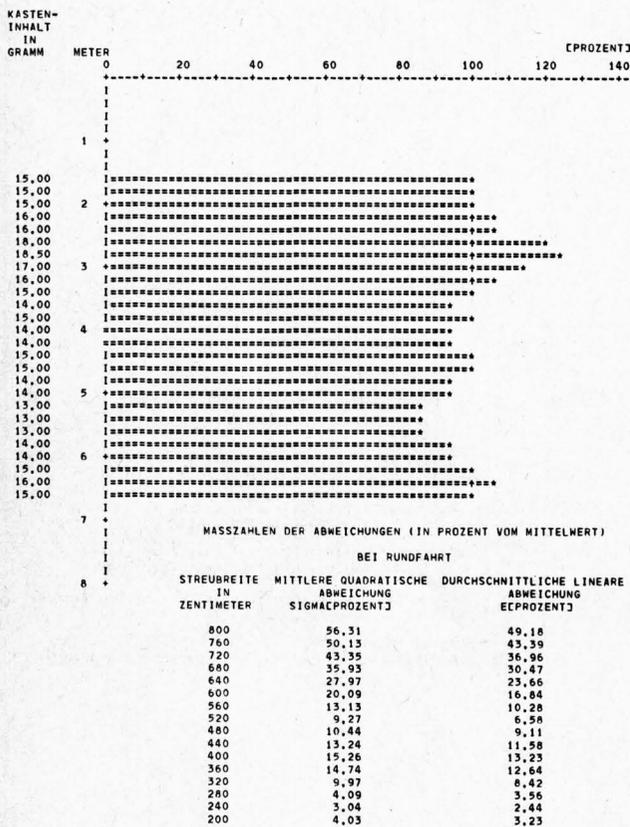


Bild 3. Verteilungskurve nach Überlappung (Rundfahrt) bei $\sigma = 9,27\%$.

Gesamtmenge: 389,50 g
 Mittelwert: 14,98 g = 100%
 Zeichenmaßstab: 1 Skalenteil = 0,30 g
 Streubreite: 5,20 m

Bild 4. Verteilungskurve nach Überlappung (Gegenfahrt) bei $\sigma = 20,43\%$.

Gesamtmenge: 389,50 g
 Mittelwert: 14,98 g = 100%
 Zeichenmaßstab: 1 Skalenteil = 0,30 g
 Streubreite: 5,20 m

bezeichnete Weg eingeschlagen werden. Danach werden wieder die Lauffanweisung (10) und die anschließenden Befehle bis einschließlich (14) in der gleichen Weise wie bei Rundfahrt durchlaufen. Die Abfrage (15) führt aber jetzt (RUND hat den Wert „wahr“) auf den Zweig nach (18). Sind noch Meßwerte vorhanden (weitere Versuche), wird zur Marke B gesprungen und der ganze Zyklus wiederholt sich; im anderen Falle stoppt die Rechenanlage.

Das Rechen- und Zeichenprogramm

Das Rechenprogramm wurde nach dem Flußdiagramm in ALGOL geschrieben, wobei ein gewisser Komfort der zur Verfügung stehenden Anlage (ICT 1909), der über die ALGOL-Konventionen hinausgeht, in Anspruch genommen wurde **Tafel 1**. Das Programm erfüllt die gestellten Anforderungen: nacheinander wird für jeden Versuch ein Versuchsprotokoll gedruckt, dessen spezielle Angaben auf Lochkarten einzugeben sind, darauf folgt die Zeichnung der Anfangsverteilung, der Ausdruck der Streumengen-, Streubreiten-, Abweichungs- und Mittelwerte. Im Anschluß daran folgt das gleiche für die „optimale“ Überlappung bei Rundfahrt und danach für die Gegenfahrt. An die Anlage angeschlossen ist ein Schnelldrucker mit einer Druckleistung von 300 Zeilen/min. Da die Programmablaufzeit wesentlich durch diese Druckgeschwindigkeit bestimmt wird, wird sich eine Verkürzung der Rechenzeit bei Benutzung eines schnelleren Druckers ergeben. Der Gesamtlauf der Rechnung mit Dateneingabe und Ergebnisausgabe (drei graphische Darstellungen, Versuchsprotokoll und zwei Tabellen) erfordert bei 72 Meßwerten 1 Minute 45 Sekunden. Das gesamte Programm erfordert 368 ALGOL-Befehle und belegt 5128 Speicherplätze.

Das Programm besteht in der vorliegenden Form aus

- | | | |
|----------------------|---|---|
| 4 Rechenprozeduren: | { | PROCEDURE ADDIERE
PROCEDURE RECHNE
PROCEDURE VERSCHIEBE
PROCEDURE MITTELWERT |
| 1 Zeichenprozedur: | | PROCEDURE ZEICHNE |
| 4 Schreibprozeduren: | | PROCEDURE KOPF 1, KOPF 2,
KOPF 3, KOPF 4. |

Es wird zweimal durchlaufen, einmal für die Gegenfahrt und einmal für die Rundfahrt (RUND: = TRUE). Falls am Ende der Dateneingabe noch eine Lochkarte mit einer Zahl > 0

beigelegt wird, rechnet die Maschine so lange weitere folgende Versuche durch, bis eine Lochkarte mit einer Zahl < 0 (z. B. -1) folgt (s. Sprungbefehl am Ende GOTO WIEDER). Durch die Benutzung der Rechenanlage ist die bisher für die routinemäßige Rechen- bzw. Zeichenarbeit erforderliche Zeit auf ein Minimum zurückgegangen, die jetzt der eigentlichen Versuchsdurchführung zugute kommt. In Erweiterung dieses Programms ist beabsichtigt, die nach Bild 1, Lauffanweisung (14), errechneten e - bzw. σ -Werte unter Verwendung eines Zeichengerätes (Graph-Plotters) in Abhängigkeit von der zugehörigen Steuerbreite als Kurven darzustellen. Eine weitere Vervollkommnung unter Benutzung weiterer technischer Möglichkeiten bestände darin, daß die Meßwerte mit Hilfe eines an die Waage angeschlossenen Analog-Digitalwandlers erfaßt würden und damit sofort in einer für die Rechenanlage geeigneten Form (Lochstreifen bzw. Lochkarten) zur Verfügung ständen.

Versuchsergebnisse

Das Ergebnis der Versuchsauswertung durch die Rechenmaschine ist in **Bild 2 bis 4** wiedergegeben. Ebenso wie dieses Programm die Ermittlung der Verteilung verschiedener Mineraldünger mit Schleuderstreuern ermöglicht, können damit auch die Verteilungsgenauigkeiten beim Säen (Getreide) und bei der Ausbringung von Herbizid-Granulaten gerechnet werden. Durch Änderung einiger Programmteile ist es auch möglich, das Programm für die Verteilung von Flüssigkeiten (flüssiger Dünger, Pflanzenschutzmittel) zu benutzen.

Schrifttum

Bücher sind mit ● gekennzeichnet.

- [1] ● *Hollmann, W.*: Untersuchungen über die Düngerverteilung von Schleuderstreuern. Diss. TU Berlin 1962.
- [2] *Hollmann, W., und A. Mathes*: Untersuchungen an Schleuder-Düngerstreuern. Landtechn. Forsch **12** (1962) H. 6, S. 179/86 und **13** (1963) H. 1, S. 17/23.
- [3] ● *Baumann, R.*: ALGOL-Manual der ALCOR-Gruppe. München: Oldenbourg-Verl. 1965.
- [4] ● *Herschel, R.*: Anleitung zum praktischen Gebrauch von ALGOL. München: Oldenbourg-Verl. 1966.
- [5] ● *Müller, D.*: Programmierung elektronischer Rechenanlagen. Bibliographisches Institut Mannheim. Hochschul-Taschenbücher 1964.

AUS FORSCHUNG UND LEHRE — PERSÖNLICHES

Ernennungen

Dr. agr. **Bhim Sen Pathak** wurde zum Direktor des Departments of Agricultural Engineering der Punjab University in Ludhiana/Punjab (Indien) und zum Professor ernannt. Dr. *Pathak* war zwei Jahre lang als Stipendiat des Deutschen Akademischen Austauschdienstes im Institut für Landtechnik Hohenheim tätig und promovierte im Jahre 1963 mit dem Thema „Die mechanische Feinzerkleinerung von Stroh“ an der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim.

Promotionen

Landwirtschaftliche Hochschule Hohenheim

Dipl.-Kaufmann **Erich Betz**, geb. am 10. April 1925 in Augsburg, promovierte am 28. Juli 1965 an der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim mit einer Arbeit über „Die Entwicklung des Ackerschleppermarktes in der Bundesrepublik Deutschland seit der Währungsreform unter besonderer Berücksichtigung der Absatzwege und der Funktion der Absatzorganisation“ zum Dr. agr. (*Werner, Segler, Plate*). Dr. agr. *E. Betz* ist seit 1953 bei der Deutschen Fiat AG, Zweigniederlassung Bonn, tätig.

Technische Hochschule Stuttgart

Dipl.-Ing. **Gunter Zipse**, geb. am 29. Mai 1934 in Schwenningen a. N., promovierte am 27. Januar 1966 an der Technischen Hochschule in Stuttgart mit der Arbeit „Die Massenstromdichteverteilung bei der pneumatischen Staubförderung und ihre Beeinflussung durch Einbauten in die Förderleitung“ zum Dr.-Ingenieur (*Quack, Segler*). Dr.-Ing. *G. Zipse* ist seit 1966 bei der Badischen Anilin- & Soda-Fabrik AG, Ludwigshafen, tätig.

Technische Hochschule Karlsruhe

Dipl.-Ing. **Heinz Gaessler**, geb. am 17. Juni 1926 in Rastatt, promovierte am 21. Juli 1966 an der Technischen Hochschule Karlsruhe mit einer Arbeit über „Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Strömungsvorgänge beim Transport von Feststoffen in Flüssigkeiten durch horizontale Rohrleitungen“ zum Dr.-Ingenieur (*Barth, Segler*). Dr.-Ing. *H. Gaessler* ist seit 1966 in den Rheinischen Röhrenwerken AG (heute Thyssen Röhrenwerke AG), Mühlheim/Ruhr, tätig.

Technische Hochschule München

Landw.-Assessor Dipl.-Landw. **Anton Grimm**, geb. am 8. November 1936 in Lachen bei Memmingen, wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Landtechnischen Verein in Freising, promovierte am 21. Dezember 1966 an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Technischen Hochschule München mit einer Arbeit über „Die Kosten der Grasanweilensilage bei verschiedenen Ernte-, Konservierungs- und Fütterungsverfahren“ zum Dr. agr. (*Rintelen, Brenner*). Dr. agr. *Anton Grimm* ist seit 1. September 1966 bei der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik in Freising als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig.

★

Max-Eyth-Gesellschaft zur Förderung der Landtechnik

Prof. Dr.-Ing. **H. J. Matthies** wurde vom Arbeitskreis für „Forschung und Lehre“ der Max-Eyth-Gesellschaft, zu dem sich alle Institutsleiter des Landmaschinenbaus und der Landtechnik zusammengeschlossen haben, für drei Jahre zum Vorsitzenden wiedergewählt.