

Das Anfahren des Traktors geschieht durch wiederholten Druck auf den Knopf „Einkuppeln“. Dadurch wird das Kupplungspedal in die Ausgangsstellung zurückversetzt. Gleichzeitig kann man beim Anfahren die Drehzahl erhöhen, indem man stufenweise den Schalter „Gas“ in die Stellungen 1 und $1\frac{1}{2}$ bringt.

Während der Fahrt wird die Richtung des Traktors mit Hilfe der Druckknöpfe „Lenkung links“ und „Lenkung rechts“ bestimmt. Die Regelung der Geschwindigkeit erfolgt mit dem Schalter „Gas“ (Bild 3).

Wenn wir den Traktor anhalten wollen, versetzen wir den Schalter „Gas“ in die Nullstellung und drücken auf den Knopf „Auskuppeln“. Bei höheren Geschwindigkeiten drücken wir außerdem noch auf den Knopf „Bremsen“.

Das Wiederanfahren geht so vor sich, daß wir zunächst auf den Knopf „Brems lösen“ drücken. Erst nachdem die Bremsleuchte erloschen ist, setzen wir den Traktor durch wiederholtes Drücken auf den Knopf „Einkuppeln“ in Gang. Falls während des Betriebes der Motor plötzlich stehenbleibt, muß man — am besten vom Fahrersitz aus — den Gang herausnehmen, den Motor wieder anlassen, durch Druck auf den Knopf „Auskuppeln“ die Kupplung ausrücken und den erforderlichen Gang einlegen. Dann kann man die Fahrerkabine verlassen und den Traktor in der bereits beschriebenen Weise anfahren.

Die neue Anlage wurde an einen Traktor Zetor-4011 angeschlossen. Für die übrigen Traktoren der tschechoslowakischen einheitlichen Typenreihe ist sie nach kleinen Veränderungen in der Anbringung der Arbeitszylinder ebenfalls geeignet.

Im Vergleich zu ähnlichen, im Ausland üblichen Einrichtungen hat die Traktor-Fernsteueranlage DOL-1 folgende Vorzüge:

1. Sie betätigt mehrere Elemente des Traktors;
2. der Bedienungsmann hat die Möglichkeit, auf der einen oder anderen Seite neben dem Traktor zu gehen;
3. einfache Montage und Demontage der Anlage;



Bild 3. Steuerung des Traktors im Gelände

4. die Steuerelemente kann man zur drahtlosen Fernsteuerung des Traktors benutzen.

Schlußfolgerung

Man darf sagen, daß durch den Bau einer (drahtgebundenen) Fernsteuerung für Traktoren nicht nur eine gefahrlose Prüfung der dynamischen Stabilität ermöglicht wird, sondern auch die Voraussetzung für die Schnellprüfung von Maschinen auf einer geschlossenen Bahn gegeben ist. Zu diesem Zweck kann man das bestehende System in eine automatische Anlage mit drahtloser Betätigung umwandeln. Die Konstruktion der Anlage bietet dafür die besten Voraussetzungen. Nach der Behebung von Sendefrequenz-Schwierigkeiten ist die Möglichkeit der drahtlosen Fernsteuerung der Traktoren bei der normalen Arbeit in der Land- und Forstwirtschaft nur noch eine Frage der Zeit.

A 7364

Rationelle Beseitigung von Maschinenstörungen mit Hilfe der EDV¹

Ing. M. I. LERNER*

Einführung in das Verfahren

Technische Mängel an Landmaschinen werden entweder in stationären Stützpunkten für den technischen Dienst (STD) oder in motorisierten Werkstätten (MW) beseitigt. Im laufenden Fünfjahrplan sollen noch über 43 000 STD für je 10, 20, 30 oder 40 Traktoren gebaut und etwa 40 000 MW geliefert werden.

Um die Mittel des technischen Dienstes zweckmäßig verteilen und ausnützen zu können, müssen Anzahl und Größe der von den Landwirtschaftsbetrieben benötigten STD und MW bekannt sein. Ferner sind Richtlinien für den technischen Dienst zu erarbeiten, die angeben, wie in jedem bestimmten Fall zu verfahren ist. Beim Auftreten einer Störung an einer auf dem Felde arbeitenden Maschine muß z. B. entschieden werden, ob es vorteilhafter ist, den Fehler auf dem Felde oder in einem STD zu beheben. Dabei sind die Entfernung der Maschine vom STD, die Art der Störung und die Zeit für das Beseitigen der Störung durch den Maschinenführer, den STD oder die MW zu berücksichtigen; zudem muß bekannt sein, welche Mittel des technischen Dienstes frei und arbeitsfähig sind.

Es gibt für derartige Aufgaben keine in Zahlen ausdrückbaren optimalen Lösungen, weil die Störungen unvorhergesehen auftreten und auch ihr Beheben von einer großen Anzahl zufälliger Faktoren abhängt. Derartige Wahrscheinlichkeitssysteme werden z. B. durch Modellieren ihres Funktionierens auf elektronischen Rechenmaschinen untersucht. Das Wesen dieses Verfahrens besteht darin, daß mit Hilfe von Algorithmen der Ablauf der Ereignisse beschrieben und der Verlauf des technischen Dienstes modelliert wird. Diese Algorithmen sind für wiederholtes Modellieren des unter bestimmten Bedingungen verlaufenden Prozesses verwendbar. Die auf diese Weise gesammelten Informationen über den technischen Dienst werden statistisch bearbeitet, um das Funktionieren des technischen Dienstes beurteilen zu können. Durch Modellieren lassen sich alle Kenngrößen

* Staatliches Technologisches Unionsforschungsinstitut für Instandsetzung und Betrieb des Maschinen- und Traktorenparcs (UdSSR)

¹ Übersetzung aus „Mechanisierung und Elektrifizierung der sozialistischen Landwirtschaft“ Moskau 25 (1967) Nr. 9, S. 10 bis 14. Übersetzung und Bearbeitung: Dr. W. BALKIN unter Mitarbeit von Dipl.-Math. B. GÜHLER

des Systems am vollständigsten erfassen und eine Anzahl von Übergangsfragen klären.

Um einen Algorithmus konstruieren zu können, muß man die zu untersuchenden Vorgänge genau darstellen und sie auf Grund dieser Darstellung dann mathematisch beschreiben.

Die Störungen werden in 3 Schwierigkeitsstufen geteilt.

Störungen der 1. Stufe werden vom Maschinenführer auf dem Felde beseitigt, Störungen der 2. Stufe je nach Zeitvorteil entweder auf dem Felde oder in einem STD und Störungen der 3. Stufe nur in einem STD.

Die Mittel für die Störungsbeseitigung sind nach Zuverlässigkeit und Inanspruchnahme verschieden. Der Maschinenführer, der zum Erleichtern des mathematischen Beschreibens und der Analyse des Vorgangs hier als Element des Systems des technischen Dienstes betrachtet werden soll, ist beim Auftreten einer Maschinenstörung immer frei (nicht in Anspruch genommen) und einsatzfähig. Eine MW kann mit dem Beseitigen einer Störung an einer anderen Maschine beschäftigt sein. Außerdem ist es möglich, daß eine freie MW nicht einsatzfähig ist, weil sie z. B. gerade instand gesetzt wird, sich in vorbeugender Pflege befindet oder auch nicht die erforderlichen Ersatzteile oder Werkzeuge besitzt. Auch ein STD kann frei oder besetzt sein.

Wenn mehrere STD oder MW vorhanden sind, wählt man das zuerst freiwerdende Objekt. Aus mehreren freien, jedoch nicht einsatzfähigen MW ist jene auszuwählen, die am ehesten einsatzfähig sein wird. Wenn alle freien MW so lange einsatzunfähig sind, daß die Maschine auf dem Felde länger als zulässig warten muß, wird sie zu einem STD geschafft. Hierher kommt die Maschine auch dann, wenn sie in nur geringer Entfernung gearbeitet hat. Alle Hilfeanforderungen werden in der Reihenfolge ihres Eintreffens bearbeitet.

Um das Modell zusammenstellen zu können, muß man den Vorgang mathematisch beschreiben. Die Störung entsteht im Augenblick t_i . Sie läßt sich mit einem der 3 „Apparate“ F (Maschinenführer), M (MW) und A (ein Arbeitsplatz in einem STD) beseitigen.

(Schluß von Seite 499)

Auf diese Ergebnisse können sowohl unsere Genossenschaftsbauern als auch die Landmaschinenbauer mit Recht stolz sein. Erreichte Erfolge stärken das Selbstvertrauen. Sie dürfen jedoch nicht zur Selbstzufriedenheit führen. Deshalb haben wir sehr sorgfältig und kritisch die bei der Entwicklung und Produktionsvorbereitung des MD E 512 gesammelten Erfahrungen ausgewertet und die erforderlichen Schlußfolgerungen für die Durchführung der vor uns stehenden Aufgaben gezogen. Darüber hinaus sind wir gegenwärtig dabei, die erforderlichen Maßnahmen zur weiteren Erhöhung der Funktionstüchtigkeit, die sich aus den Erkenntnissen des diesjährigen Einsatzes ergeben, durchzusetzen.

Die Landmaschinenbauer unserer Republik stehen vor neuen großen Aufgaben. Die künftigen Maschinensysteme erfordern Vollmechanisierung und Automatisierung. Bereits heute ist dafür die erforderliche wissenschaftliche Vorlauf zu schaffen. Unsere sozialistische Gesellschaftsordnung gibt objektiv die Möglichkeit, diese Probleme im Sinne der vom VII. Parteitag und X. Deutschen Bauernkongreß gefaßten Beschlüsse zu lösen.

Unsere Zielsetzung im sozialistischen Massenwettbewerb zu Ehren des 20. Jahrestages der DDR orientiert vorrangig auf die Schaffung des erforderlichen wissenschaftlichen Vorlaufs, die Weltmarktfähigkeit der Erzeugnisse, die Vervollkommnung der Technologie und auf hohen Produktionszuwachs. Die allseitige Planerfüllung 1968 und eine gute Vorbereitung des Plananlaufs für das Jahr 1969 sind die Gewähr dafür, zum 20. Jahrestag unserer Republik mit guten Taten und neuen Erfolgen aufwarten zu können.

A 7403

Wenn es sich um eine Störung der 1. Schwierigkeitsstufe handelt, wenn also der Arbeitsaufwand dafür in den Grenzen zwischen A_1 und A_2 liegt, läßt sich die Störung auf dem Felde beseitigen. Um darüber zu entscheiden, stellt der Maschinenführer Art und Ursache der Störung fest. Es sei angenommen, daß er die Störung selbst beheben will. Bis zu diesem Augenblick ist bereits die zufällige Zeitspanne τ_{SF} verstrichen, die einen bestimmten Wert C_1 nicht übersteigen darf, d. h., es muß sein $\tau_{SF} \leq C_1$. Der Maschinenführer beseitigt die Störung in der Zeit τ_{BesF} , womit der Vorgang beendet ist.

Wenn die Störung zur 2. oder 3. Schwierigkeitsstufe gehört (Arbeitsaufwand zwischen A_3 und A_4 oder A_5 und A_6), so fordert der Maschinenführer vom Dispatcher Hilfe an. Vom Augenblick t_i bis zum Eintreffen der Hilfeanforderung beim Dispatcher verstreicht ebenfalls eine bestimmte (jedoch andere) Zeitspanne $\tau_{SF} > C_1$.

Der Dispatcher stellt den Umfang der Störung genauer fest. Wenn es sich um die 2. Schwierigkeitsstufe handelt, entscheidet er, den Apparat M auf das Feld zu schicken. Das ist aber nur dann vorteilhaft, wenn die Entfernung S bis zur Maschine genügend groß ist, wenn also $S \geq C_2$ und die Wartezeit nicht die zulässige Wartezeit $\tau_W \geq C_4$ überschreitet. C_2 und C_4 sind Konstanten, die bestimmt werden müssen. Lassen sich diese Bedingungen nicht erfüllen, wird die Maschine zu einem Apparat A gebracht.

Welchen Apparat M man wählt, hängt von der Zeit t_{fri} ab, und zwar wird der Apparat gewählt, dessen t_{fri} am geringsten ist. Wenn dieser Apparat nicht sofort einsatzfähig ist, vergeht bis zum Augenblick, in dem er abfährt, eine gewisse Zeit τ_{Abt} , die nicht größer sein darf als ein bestimmter Wert C_3 ($\tau_{Abt} \leq C_3$).

Wenn diese Bedingung nicht eingehalten werden kann, wählt man den nächsten Apparat. Wenn alle Apparate M länger als die Zeit C_3 nicht einsatzfähig sind, wird die Maschine zum Apparat A geschafft.

Durch Vergleich der Zeiten t_{fri} der Apparate A wählt man in ähnlicher Weise einen von ihnen. Die Zeiten τ_{BesF} , τ_{BesM} oder τ_{BesA} der Beseitigung der Störung durch die Apparate F, M oder A sind zufällig.

Auch alle anderen genannten Größen sind zufällig. So ist der Störeinfluß durch die Zeitabstände zwischen den Störungen gekennzeichnet, und die Länge der Zeitabstände hängt von vielen zufälligen Faktoren ab: von Typ und technischem Zustand der Maschine, Material und Güte der einzelnen Baugruppen und Teile, Einhalten der Betriebsregeln, Maschinenbelastung, Qualifikation des Bedienungspersonals, Bodenrelief, Wetter, Staubgehalt der Luft u. a. m. Eine Abhängigkeit der Zeitabstände von diesen Faktoren läßt sich nicht feststellen. Offensichtlich ist es viel einfacher, die Zeitabstände Δt_i als zufällige Funktion zu betrachten und ihre Verteilungsdichte zu bestimmen. Das Gesagte bezieht sich auch auf die anderen zufälligen Kenngrößen des Vorgangs.

Als Vorarbeit für das Modellieren ist die Arbeit eines Maschinen- und Traktorenparks und die Behebung von Maschinestörungen statistisch zu erfassen. Durch die Beobachtungen und ihre Auswertung erhält man die Verteilungsdichte folgender zufälliger Größen:

- $f(t_i)$ Zeitpunkte des Auftretens von Störungen;
- $f(\tau_{SF})$ Zeitspanne zwischen Auftreten der Störung bis zum Eintreffen der Hilfeanforderung;
- $f(\tau_{AbtF})$ Zeitspanne bis zur Abfahrt des Apparates M;
- $f(\tau_T)$ Dauer der Fahrt des Apparates M bis zur defekten Maschine;
- $f(\tau_{Tr})$ Zeit für den Transport der defekten Maschine zum Apparat A;
- $f(\tau_{BesF})$, $f(\tau_{BesM})$, $f(\tau_{BesA})$ Zeiten für das Beseitigen der Störung durch die Apparate F, M oder A;
- $f(A_a)$ Arbeitsaufwand für das Beseitigen der Störung.

Außerdem müssen die unteren und oberen Grenzen des Arbeitsaufwandes für das Beseitigen der Störungen der 1. (A_1 und A_2), 2. (A_3 und A_4) und 3. Schwierigkeitsstufe (A_5 und A_6) bekannt sein.

Die Auswahl der zu untersuchenden Größen hängt von der gestellten Aufgabe ab. Im vorliegenden Fall lautet die Aufgabe, für einen bestimmten Betrieb die Anzahl der Apparate M und A und die Größen C_1, C_2, C_3 und C_4 so zu bestimmen, daß die Funktion

$$\Phi = \sum_{i=1}^n S_{Mat} \cdot K_{Ki} + \sum_{j=1}^m S_{Mj} \cdot K_{KM} + \sum_{k=1}^q S_{Ak} \cdot K_{KA}$$

minimal wird. Hierin sind

S_{Mat} Stillstand der i-ten Maschine in Stunden h;
 S_{Mj} Stillstand des j-ten Apparates M in h;
 S_{Ak} Stillstand des k-ten Apparates A in h;
 K_{Ki} Beiwert, der das Verhältnis der Kosten der i-ten Maschine zu den als Bezugswert gewählten Kosten des Traktors T-74 charakterisiert;

K_{KM} und K_{KA} desgl. für die Apparate M und A.

Für das Prinzip des Modellierens gilt als Grundlage folgendes Theorem: Wenn die zufällige Größe ϵ nach dem Gesetz $f(x)$ verteilt ist, so ist die zufällige Größe

$$\eta = \int_0^{\epsilon} f(x) dx$$

im Intervall (0; 1) auch gleichmäßig verteilt. Hieraus folgt die Regel: Um eine Zahl zu erhalten, die der Menge zufälliger Zahlen mit der Dichtefunktion $f(x)$ angehört, muß die Gleichung

$$\int_0^{x_i} f(x) dx = R_i$$

gelöst werden. Hierin ist R_i eine im Intervall (0; 1) gleichmäßig verteilte zufällige Zahl.

Es seien z. B. die Zeiträume zwischen dem Auftreten der Störungen nach der Exponentialfunktion

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (x > 0)$$

verteilt. Hierin ist λ die Dichte des Störeinflusses. Dann ist

$$\int_0^{x_i} \lambda e^{-\lambda x} dx = R_i.$$

Die Lösung des Integrals lautet

$$1 - e^{-\lambda x_i} = R_i.$$

Hieraus folgt

$$x_i = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - R_i).$$

Die Zahlen R_i erhält man auf einer elektronischen Rechenmaschine mit Hilfe eines Zufallszahlengenerators oder, falls ein solcher nicht vorhanden ist, mit Hilfe von Spezialprogrammen.

Kennt man die aufeinanderfolgenden Werte von R_i , so kann man die aufeinanderfolgenden, nach dem Gesetz $f(x)$ verteilten Werte x_i errechnen und danach die Zeitpunkte für das Auftreten der Störungen

$$t_1 = x_1; t_2 = x_1 + x_2; t_3 = x_1 + x_2 + x_3; \dots; t_k = \sum_{i=1}^k x_i$$

bestimmen.

Der Algorithmus für das Modellieren des Vorganges

Das Ablaufschema des Algorithmus (Bild 1) setzt sich aus Rechenoperatoren (Rechtecken) und Logikoperatoren (Ovalen) zusammen, die miteinander logisch (über die Steuer-

linien) verbunden sind. Rechts in jedem Operator steht seine Nummer.²

Der Operator 1 bereitet das Modell zur Arbeit vor: Er gibt die Anfangswerte ein, löscht die alten Informationen in den Speicherzellen usw. und übergibt die Steuerung dem Operator 11. Hier wird der Zeitpunkt t_1 des Störungseintritts ermittelt. Der Operator 12 kontrolliert das Erfüllen der Bedingung $t_1 < T_1$, T_1 ist die Modellierungszeit auf dem i-ten stationären Abschnitt des Störeinflusses, d. h. auf einem Abschnitt $\lambda_i = \text{const}$, wobei λ_i die Intensität des Störeinflusses ist. Wird diese Bedingung erfüllt, so geht die Steuerung über die Verbindung „Ja“ auf den Operator 13 über, der den mit der Störung behafteten Traktortyp „auslost“ (ausgehend von der prozentualen Anzahl der Traktoren dieses Typs im untersuchten Maschinen- und Traktorenpark). Nach dem Feststellen des Traktortyps bestimmt und speichert der Operator dessen Beiwert K_K (durch Teilen seiner Kosten durch die Kosten des Traktors T-74) und die Geschwindigkeit v_{Tr} für das Überführen des Traktors zum Apparat A. Danach geht die Steuerung zum Operator 14 über, in dem der Arbeitsaufwand A_a für das Beseitigen der Störung ermittelt wird.

Der Operator 2 kontrolliert das Erfüllen der Bedingung $A_a > A_1$. Wird die Bedingung nicht erfüllt, so bleibt die Störung unberücksichtigt, und die Steuerung geht auf den Operator 11 über, in dem der Zeitpunkt für das Auftreten der nächsten Störung bestimmt wird. Falls $A_a > A_1$ ist, geht die Steuerung vom Operator 2 zum Operator 3 über, der die Erfüllung der Bedingung $A_a < A_2$ überprüft. Wird diese Bedingung erfüllt, so bedeutet das, daß die Störung zur 1. Schwierigkeitsstufe gehört. Anschließend übernimmt die Steuerung der Operator 15, der τ_{BesF} bestimmt, und danach der Operator 16, der die Anzahl der durch den Apparat F beseitigten Störungen zählt. Hier wird die Zahl 1 zuaddiert und die Steuerung geht zum Anfang des Modells zurück.

Hat der Vergleich im Operator 3 ergeben, daß $A_a > A_2$, so wird im Operator 4 geprüft, ob $A_a < A_3$. Wenn ja, so geht die Steuerung zum Operator 5 über. Hier werden die 1. und 2. Schwierigkeitsstufen unter Berücksichtigung des Anteils jeder Schwierigkeitsstufe im Störeinfluß „ausgelost“ (weil bei $A_3 > A_a > A_2$ die zu beseitigende Störung zu einer von beiden Schwierigkeitsstufen gehören kann.)

² Nachdem das Ablaufschema zunächst unabhängig von einem speziellen Rechenautomaten aufgestellt ist, brauchen nach dem Programmieren nur die Parameter, wie Kostenfaktoren, Zeitgrößen u. a. für den konkreten Fall dem Rechner eingegeben zu werden. Bei Programmbeginn ist für eine entsprechende Speicherbelegung zu sorgen.

Es bedeutet z. B.

$A_k \rightarrow \langle A \rangle$ Der Arbeitsaufwand A_k kommt in das Speicherfach A

In der internationalen Literatur findet man auch

$A: = A_k$ (A wird mit A_k belegt).

$\Phi: = 0$ oder $0 \rightarrow \langle \Phi \rangle$ bedeutet, das Speicherfach für den Gesamtaufwand Φ ist anfangs mit 0 zu belegen

Neuerscheinungen

TEITZNER, H.: Schriftenreihe Arbeitsschutz, Heft 23: Arbeitsschutz und Brandschutz beim Auftragen von Anstrichstoffen. 2. Aufl., 14,7 x 21,5 cm, 68 Seiten, 15 Abbild., karton. 5,- M

Herausg.: Institut für Elektroanlagen der VVB Elektroprojektion: VEN-Taschenbuch für den Starkstrom-Anlagenbau. 3. unveränd. Aufl., 11,0 x 18,0 cm, 958 Seiten, 440 Abbild., 357 Tafeln, Kunstleder 19,80 M

WAHL, R.: Elektronik für Elektromechaniker. Ein Handbuch. 2. bearb. Aufl., 14,7 x 21,5 cm, 400 Seiten, zahlr. Abbild. u. Tafeln; Kunstleder 16,80 M

TIMPE, K.-P.: Reihe Automatisierungstechnik Band 69: Ingenieurpsychologie und Automatisierung. 14,7 x 21,5 cm, 72 Seiten, 1 B. 58 Abbild., karton. 6,40 M, Sonderpreis für die DDR 4,80 M

Berufsschulliteratur
 Autorenkollektiv: Fachkunde Elektromaschinenbauer. 16,7 x 24,5 cm, zahlr. Abbild., Halbleinen, 14,50 M

BAERFACKER, H.: Aufgabenblätter Fachzeichnen für Montierberufe (Schülerausgabe). 21,0 x 30,0 cm, 109 Seiten Zeichenblätter, 30 Seiten Textbeilage. Blockform (geleimt) 6,50 M

KLINGEBIEL, H. / H. HUNDESHAGEN: Der Schmied am Amboß - Fachkunde für Schmiede. 3. Aufl., 16,5 x 23,0 cm, 188 Seiten, 280 Abbild., Halbleinen, 6,40 M

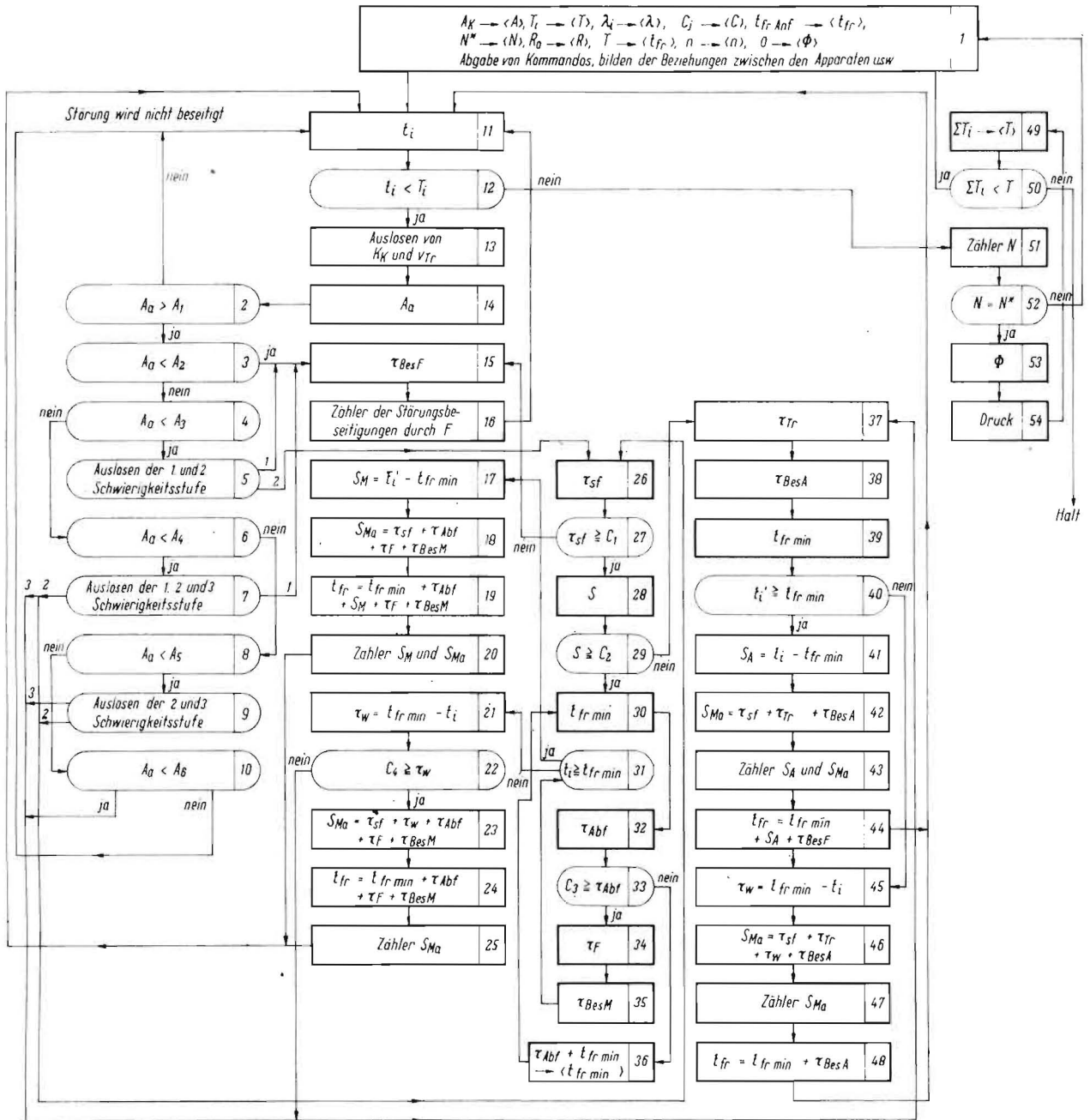


Bild 1. Ablaufschema für das Modellieren einer Maschinenentstörung mit Hilfe einer elektronischen Rechenmaschine.

In der gleichen Weise bestimmen die Operatoren 5 bis 10 die Schwierigkeitsstufen aller Störungen im Bereich A_4 bis A_6 . Falls sich im Operator 10 ergibt, daß $A_a > A_6$, so ist die Störung so schwer, daß sie der Landwirtschaftsbetrieb mit eigenen Kräften nicht beseitigen kann, sie bleibt daher unberücksichtigt. Die Steuerung wird dann an den Anfang des Modells zurückgeleitet.

Die Operatoren 2 bis 10 stellen demnach die Schwierigkeitsstufen der Störungen fest. Störungen der 1. Schwierigkeitsstufe werden vom Apparat F behoben (Operator 15). Wenn die Störung zur 2. Schwierigkeitsstufe gehört, geht die Steuerung zum Operator 26 über, der die Zeitspanne τ_{sf} zwischen dem Zeitpunkt t_i des Auftretens der Störung und dem Eintreffen der Hilfeanforderung feststellt.

Der Operator 27 prüft die Ungleichheit $\tau_{sf} \geq C_1$. Wird sie nicht erfüllt, so ist anzunehmen, daß die Anforderung beim Apparat F eingetroffen ist. Dann übernimmt der Operator 15 die Steuerung. Wird die Bedingung aber erfüllt, so bestimmt der Operator 28 die Entfernung S zwischen der Maschine

und dem Apparat A. Wenn $S \geq C_2$ (Operator 29), wird auf das Feld ein Apparat M geschickt; wenn $S < C_2$, so wird die Störung von einem Apparat A beseitigt.

Der Operator 30 ermittelt denjenigen Apparat M, der von allen Apparaten M am frühesten frei wird, und der Operator 32 stellt die Zeitspanne τ_{Abf} bis zur Abfahrt dieses Apparates fest. Der Operator 33 kontrolliert das Erfüllen der Bedingung $C_3 \geq \tau_{Abf}$. Wenn die Bedingung erfüllt wird,

ist diese Zeitspanne nicht größer als zulässig, und der Operator 34 bestimmt die Zeit t_f für die Fahrt des Apparates M zur schadhafte Maschine. Bei unzulässig langer Verzögerung der Abfahrt geht die Steuerung vom Operator 33 zum Operator 36 und anschließend zum Operator 30 über; von allen Apparaten M wird derjenige gewählt, der am ehesten abfahren kann.

Vom Operator 34 gelangt die Steuerung zum Operator 35, der die Zeit τ_{BesM} für das Beseitigen der Störung durch den Apparat M ermittelt. Danach wird die Steuerung vom

Operator 31 übernommen, hier der Augenblick $t_i = t_1 + \tau_{st}$ des Eintreffens der Hilfeanforderung festgestellt und das Erfüllen der Bedingung $t_i \geq t_{fr \min}$ überprüft. Ist sie erfüllt, geht die Steuerung zum Operator 17 über. Hier und in den Operatoren 18 bis 20 werden die Stillstände der von der Störung betroffenen Maschine und des Apparates M gezählt und mit dem im Operator 13 bestimmten Kostenbeiwert K_K multipliziert, der Augenblick t_{fr} des Freiwerdens des Apparates nach Beseitigen der Störung festgestellt und die Anzahl der Störungsbeseitigungen summiert, worauf die Steuerung an den Anfang des Modells zurückkehrt.

Über die Verbindungslinie „Nein“ kommt die Steuerung vom Operator 31 zum Operator 21. Hier wird die Wartezeit τ_w ermittelt, weil „Nein“ bedeutet, daß der Apparat besetzt ist. Der Operator 22 kontrolliert das Erfüllen der Bedingung $C_4 \geq \tau_w$. Bei Nichterfüllung ist es unzumutbar, auf den Apparat M zu warten; die Steuerung wird dann vom Operator 37 übernommen, die defekte Maschine wird also zum Apparat A geschafft. Wenn die Ungleichung im Operator 22 erfüllt wird, so berechnen die Operatoren 23 bis 25 die Stillstandszeit der Maschine und die anderen bereits erwähnten Größen, und die Steuerung geht zum Anfang des Modells zurück.

Störungen der 3. Schwierigkeitsstufe übernimmt Apparat A, dessen Arbeit von den Operatoren 37 bis 48 modelliert wird.

Bei $t_i > T_i$ geht die Steuerung vom Operator 12 zum Operator 51 über. Hier wird die Anzahl N der Modellierungszyklen gezählt, wobei jeder Zyklus eine zufällige Störungsbeseitigung in der Zeit T_i ist. Der Operator 52 überprüft, wieviel Zyklen von der vorgegebenen Anzahl N^* modelliert worden sind. Wenn diese Anzahl noch nicht erreicht ist, geht die Steuerung zum Operator 1 zurück und es beginnt der nächste Zyklus.

Nach vollzogenem Modellieren der vorgegebenen N^* -Zyklen erhält der Operator 53 den Minimalwert Φ und die dementsprechenden Zahlen der Apparate M und A sowie die Werte C_1, C_2, C_3 und C_4 . Der Operator 54 bewirkt den Druck der Daten. Dann übernimmt der Operator 49 die Steuerung. Hier werden die Zeiträume T_1 und T_2 der stationären Behandlung der mit den Intensitäten λ_1 und λ_2 erfolgten Störungen summiert. Die Summe $T_1 + T_2$ wird der Zelle T_4 des Operators 12 zugeleitet.

Auf diese Weise werden N^* -Zyklen für jede stationäre Behandlung so lange modelliert, bis die Ungleichheit im Operator 50 nicht mehr gilt. Das bedeutet, daß der ganze Prozeß von der Dauer T modelliert worden ist. Für jede stationäre Behandlung werden Lösungen gefunden. Wenn man den Zeitraum T in eine beliebige Anzahl von Abschnitten (in Dekaden, Schichten, Stunden o. a.) teilt und für jeden Abschnitt Lösungen findet, kann man ein derartiges Modell für das operative Steuern des technischen Dienstes verwenden.

Die erforderlichen Abhängigkeiten sind bisher nur für einen Betrieb und eine Kampagne ermittelt worden und noch durch umfangreichere Erhebungen zu bestätigen.

Mit dem Modell kann man auch ohne erhebliche Änderungen andere Aufgaben lösen.

Schlußfolgerung

Wenn genügend Informationen vorhanden sind, lassen sich komplizierte Arbeits-, Pflege- und Instandsetzungsprozesse von Maschinen modellieren und die neuesten Ergebnisse der modernen Mathematik und der elektronischen Rechen-technik mit bestem Erfolg für das Instandsetzen und Pflegen des Maschinen- und Traktorenparcs verwenden.

AU 7374

Netzplantechnik in der Landwirtschaft

Ing. J. WOLF

In weiterer Ergänzung zu den Aufsätzen in H. 2/68, S. 67 ff. und in H. 10/68, S. 475 werden Verfeinerungen dargestellt, die in der landwirtschaftlichen Vorausplanung von Nutzen sein können.

Hier werden besonders die *Wahrscheinlichkeit der Einhaltung bindender Termine* berechnet und vorteilhafte Methoden angedeutet, mit Hilfe von Schaubildern und Demonstrationsmitteln die *Selbstkosten zu senken*.

Der Unterschied der Netzplanung nach CPM und PERT 14 ZE

Beiden Verfahren ist das Suchen der zeitlängsten Aktivitätskette durch das Netzdiagramm gemeinsam.

Während jedoch die Critical Path Method (CPM) mit *sicheren Zeitwerten* operiert, wird nach PERT (Project Evaluation and Review Technique) mit *Zeitschätzungen* gearbeitet. Besonders einer nach Industrialisierung strebenden Landwirtschaft muß man nahelegen, bei durchzuführenden neuartigen Projekten, für deren wirtschaftliche Planung kaum ausreichende praktische Erfahrungswerte vorliegen, die Mathematik als eine gewisse Grundlage mit heranzuziehen.

Welchen Vorteil bietet die Ermittlung der Varianz δ^2 ? Auf S. 475 (H. 10) wurde bereits auf die Abschätzung der zu erwartenden Aktivitätszeiten t_e nach PERT eingegangen, die daraus resultierenden und in das Netzwerk einzusetzenden Zeiten sind je nach Umfang der vorliegenden Erfahrungen und nach der Gewissenhaftigkeit der beteiligten Experten mit einem unterschiedlich großen Fehler behaftet. Wenn die Schätzungszeiten a , m und b wenig voneinander abweichen, drückt das eine gewisse fachliche Sicherheit der Bearbeiter aus. Zum Vergleich verschiedener Zeitschätzungen errechnet man den Varianzwert nach folgender Formel:

$$\delta^2 = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2 \quad [1]$$

Aus dem hier zu behandelnden Beispiel (Bild 1 und Tafel 1) sollen die Werte für die Aktivität 0—1 abgeleitet werden:

a optimistische Zeit = 10 ZE (Zeiteinheiten, z. B. Stunden, Tage, Dekaden usw.)
 b pessimistische Zeit = 18 ZE
 m wahrscheinliche Zeit = 14 ZE

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6} = \frac{10 + 56 + 18}{6} \text{ ZE} = 14 \text{ ZE}$$