NICOLAE N. COSTAKE

Dynamische Limitationen in der Leitung der Betriebe

Der Einführung der Komplexautomation muß eine technisch-ökonomische Analyse vorausgehen zwecks Dimensionierung der elektronischen Einrichtung der Datenverarbeitung und Bestimmung des ökonomischen Nutzeffektes. In vorliegender Arbeit werden die Grenzbedingungen aufgezeigt, die von dem System „Technologischer Prozeß—Leitung der Einheit" dynamisch zu berücksichtigen sind, um dessen wirksame Optimierung zu ermöglichen.

Eine ökonomische Einheit kann als ein von einer geschloßenen Fläche begrenzter Bereich definiert werden, in dem gesellschaftlich nützliche Materialveränderungen vorsichgehen. Um diese Veränderungen der Materie vorzunehmen, wird die geschloßene Fläche von Material-und Informationsflüßen durchlaufen.

Das materielle Ensemble, in dem die Umgestaltung von Materie vorsichgeht, trägt die Bezeichnung *technologischer Prozeß*. Der technologische Prozeß besitzt Eingangskanäle:

a) Material — und Informationsflüße, die steuerbar sind;

b) Material — und Informationsflüße, die nicht steuerbar sind (perturbierende Einflüße).

Die Eingangsflüße *(a)* werden durch Befehlsinformationen (Befehle) gesteuert. Die Befehle sind das Ergebnis der Verarbeitung von Informationen, die während des technologischen Prozeßes gesammelt werden, sowie von Informationen, die von außerhalb der ökonomischen Einheit herrühren; die jeweilige Verarbeitung der Informationen wird *Leitung* genannt (Abb. 1).

Der Leitungsalgorithmus umfaßt im allgemeinen zwei Teile:

— den Evalvations-Subalgorithmus (Zustandsbestimmung des Systems);

— den dezissiven Subalgorithmus (Erarbeitung der notwendigen Befehle, damit das System von einem gegenwärtigen Zustand in einen Zustand überführt wird, der als besser angesehen wird).

Zwecks Bestimmung des Zustandes des Systems wird eine *charakteristische Funktion* definiert, die den Zweck der Tätigkeit der Wirtschaftseinheit aufs Beste zum Ausdruck bringt (z.B. die Produktivität, Selbstkosten,

Reingewinn u.a.). In den meisten Fällen ist die charakteristische Funktion ökonomischer Natur, so daß in erster Reihe ihr Zeitintegral interessiert.

Die optimale Leitung

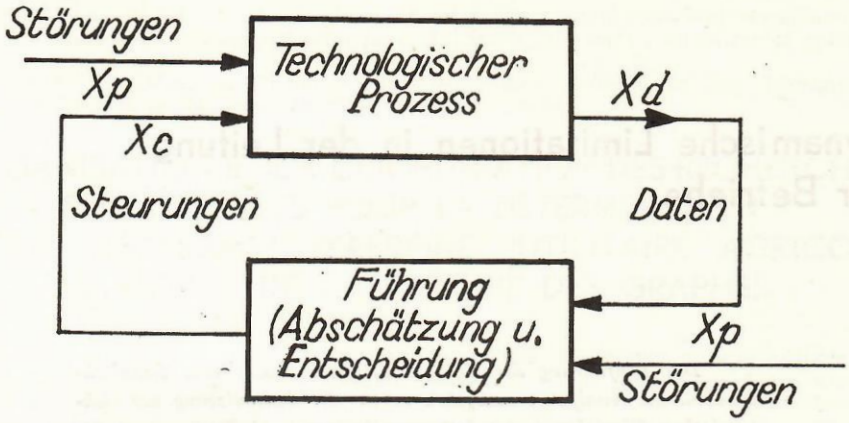


Abb. 1; Die Untergruppen einer Wirtschaftseinheit (schematische Darstellung der Informationsverarbeitung)

Eine Leitung wird dann optimal genannt, wenn sie ständig danach trachtet, der charakteristischen Funktion unter der Bedingung, einen Grenzbereich der Kennwerte des Prozeßes nicht zu überschreiten, den jeweiligen äußersten Höchstwert zu sichern (im folgenden wird diese Bedingung als erfüllt angenommen).

Es ist notwendig, zwischen den Begriffen der optimalen Leitung und der Automatisierung zumindest im konventionellen Sinne zu unterscheiden, dessen Zweck es ist, dem System einen gleichbleibenden Zustand zu sichern. Ihre Begründung ist hingegen die gleiche: die Beseitigung des Perturbationseffektes.

Nach der Natur des Algorithmus teilt man die Leitungsprozeße wie folgt ein:

a) Prädiktive Leitung (die Zustandsbestimmung des Systems kann vollständig vorgenommen werden, wobei man auch die Perturbationen als bekannt voraussetzt). In diesem Fall wird das mathematische Modell des Prozeßes als bekannt oder vervollkommenbar vorausgesetzt. Die lineare Programmierung ist ein Beispiel eines Algorithmus der optimalen prädiktiven Leitung.

b) Leitung durch Reaktion (die Zustandsbestimmung des Systems kann nicht vollständig erfolgen. Bestimmbar ist nur die Variation der charakteristischen Funktion als Effekt der Befehle, die vorher dem technologischen Prozeß aufgegeben wurden). In diesem Falle muß das mathematische Modell des Prozeßes nicht bekannt sein. Ein Beispiel eines derartigen Algorithmus liefert die Methode GAUSS-SEIDEL. Die Anwendung der Leitung durch Reaktion der Industrieprozeße beschränken sich praktisch auf kontinuierliche Technologien.

Nachstehend wird die Leitung im folgenden Sinne als ideal vorausgesetzt:

— die Informationen über den Zustand des Prozeßes werden periodisch, nach Zeitintervallen T_e gesammelt;

— die Verarbeitung der gesammelten Daten (Bestimmung und Beschluß) dauert eine Zeitspanne T_d;

— die durch die Datenverarbeitung erwirkten Befehle bilden einen Satz optimaler Werte;

— die Optimierung ist statisch (das System befindet sich sukzessiv im Gleichgewichtszustand).

DYMAMISCHE LIMITATIONEN

Zur Vereinfachung wird angenommen, daß die Trägheit des technologischen Prozeßes der reinen Verspätung entsprechen. (Diese Hypothese trifft im Maschinenbau zu, wo im Falle der diskontinuierlichen technologischen Prozesse demonstriert verden kann, daß sie nicht restriktiv ist. Man bezeichnet die kleinste Verspätung (in statistischem Sinne) im Verhältnis zu den Perturbationen mit T_{op} und die größte Verspätung (in statistischem Sinne) im Verhältnis zu den Befehlen mit T_{oc}.

Der Übergangsprozeß der Optimierung wird in den Grenzen der angeführten Hypothesen in Abb. 2 aufgezeigt (es wird vorausgesetzt, daß die charakteristische Funktion ein Maximum aufweist).

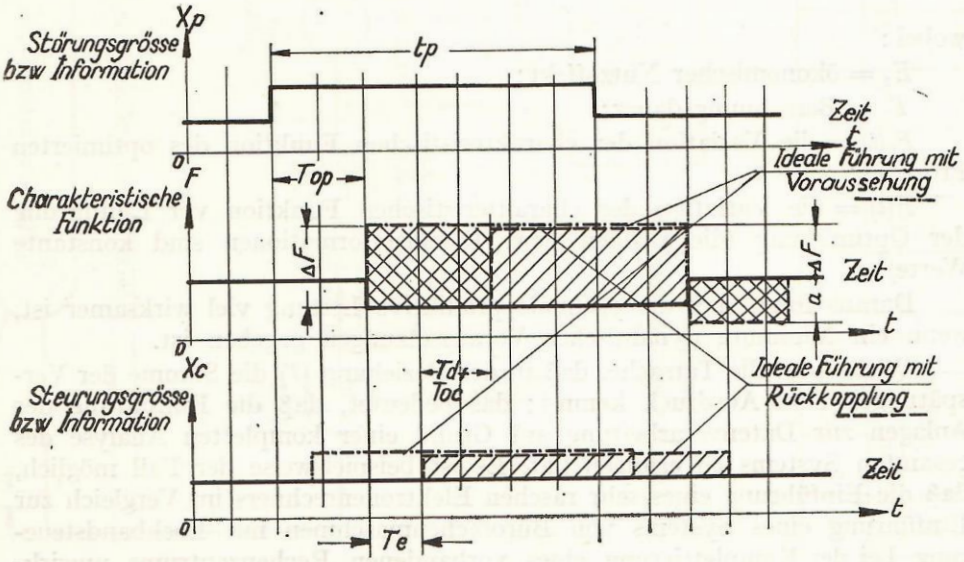


Abb. 2 Ubergangsprozeß der Optimierung

Es läßt sich feststellen, daß der ökonomische Nutzeffekt der optimalen Leitung durch Reaktion gemäß dem Verhältnis

$$\frac{T_e + T_d + T_{oc}}{t_p}(1 + a) \quad \text{gering ist,}$$

wobei:

T_e = Prüfungsdauer des Prozeßes (Datensammlung);
T_d = Dauer der Datenverarbeitung;
T_{oc} = Verlustzeit im Befehlskanal des technologischen Prozeßes;
t_p = Perturbationsdauer
a = Koeffizient der Nichtlinearität des mathematischen Modells des Prozeßes (siehe Abb. 2);

Indessen kann im Prinzip die optimale prädiktive Leitung unbegrenzt wirksam sein, wenn

$$T_{op} - (T_e + T_d + T_{oc}) \geqslant 0; \qquad (1)$$

wobei:

T_{op} = Verlustzeit im Perturbationskanal des technologischen Prozeßes.

In obiger Interpretierung wurde angenommen, daß die charakteristische Funktion ökonomischer Natur ist, so daß sich der ökonomische Nutzeffekt der Optimierung durch einen Ausdruck nachstehender Form definieren läßt:

$$E_t = \int_0^T [F_0(t) - F(t)]\,\mathrm{dt} \qquad (2)$$

wobei:

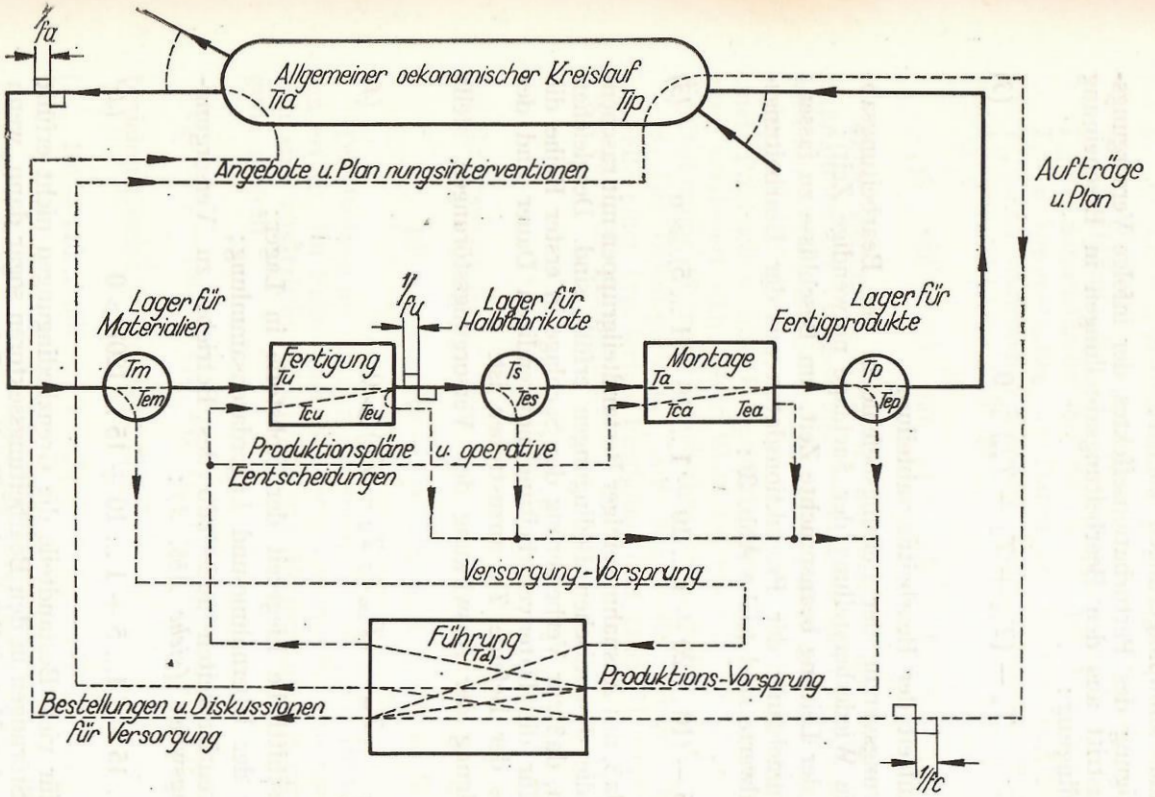
E_t = ökonomischer Nutzeffekt;
T = Berechnungsdauer;
$F_0(t)$ = die Variation der charakteristischen Funktion des optimierten Prozeßes;
$F(t)$ = die Variation der charakteristischen Funktion vor Einführung der Optimierung (die Größen bzw. Befehlsinformationen sind konstante Werte).

Daraus folgt, daß die optimale prädiktive Leitung viel wirksamer ist, wenn ein Minimum dynamischer Voraussetzungen gegeben ist.

Wichtig ist die Tatsache, daß in der Beziehung (1) die Summe der Verspätungen zum Ausdruck kommt; das bedeutet, daß die Einführung der Anlagen zur Datenverarbeitung auf Grund einer kompletten Analyse des gesamten Systems zu erfolgen hat. Es ist beispielsweise der Fall möglich, daß die Einführung eines sehr raschen Elektronenrechners im Vergleich zur Einführung eines Systems von Bürorechenmaschinen mit Lochbandsteuerung bei der Komplettierung eines vorhandenen Rechenzentrums unwirksam ist. Umgekehrt kann auch ein mechanisch-graphisches System infolge der ungenügenden Rechengeschwindigkeit unwirksam sein.

Ein praktisches Beispiel

Abb. 3 zeigt das stark vereinfachte Schema eines Maschinenbauwerks. Das Schema enthält die Angaben, die bei Abfassung eines studius gesammelt worden sind.



Übliche Werte für Werke	Tage	Tia	Tip	Tm	Tem	Tu	Teu	Tcu	Ts	Tes	Ta	Tca	Tea	Tp	Tep	Td	fc	fa	fu
																	Monate		
Konventionälle Daten verarbeitung		15...120	20...60	5...15	1....5	7...150	1....5	10...20	15...30	1....5	20...80	10.....15	1....5	10.....60	1.....5	1.....10			
Elektronische Daten verarbeitung		↙	↙	Optimal	1/3....1		1/3...1	↙	Optimal	1/3....1	↙	↙	1/3.....1	↙	1/3.....1	1/3.....1	2....3	2....10	7....9
Bemerkungen								Tägliche Lösung			Dynamische Montage	Tägliche Lösung		Optimale Planung					

Abb. 3

Bezüglich der dynamischen Kennzeichen des technologischen Prozeßes lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

a) Die Beseitigung des Perturbationseffektes, der infolge Versorgungsmängeln beim Austritt aus den Bearbeitungsabteilungen in Erscheinung tritt, stellt die Bedingung:

$$T_u - (T_{cu} + T_d + T_{eu}) \geqslant 0 \qquad (3)$$

wobei:

T_u = Durchlaufzeit der Bearbeitungsabteilung

T_{cu} = Ausführungsverzug der Leitungsbefehle in der Bearbeitungsabteilung (die für die Wiederherstellung der Sachlage notwendige Zeit);

T_d = die von der Leitung beanspruchte Zeit, um Beschlüsse zu fassen;

T_{eu} = die Sammeldauer der Produktionsdaten aus der Bearbeitungsabteilung; die Realwerte sind (siehe Abb. 3):

$$12 \ldots 165 - (10 \ldots 20 + 1 \ldots 10 + 1 \ldots 10 + 1 \ldots 5) \geqslant 0 \qquad (3)$$

Daraus folgt, daß, mit Ausnahme einiger Bestandteilgruppen mit raschem Fertigungszyklus, die dynamischen Bedingungen erfüllt sind. Desgleichen läßt sich feststellen, daß zur Verbesserung der Sachlage in erster Reihe die Verringerung der für die Datenverarbeitung notwendigen Dauer und des Ausführungsverzugs der Befehle T_{cu} anzustreben ist.

b) Die Beseitigung der Auswirkung der Versorgungsstörungen stellt die Bedingung:

$$T_m - (T_{em} + T_d + T_{ia}) \geqslant 0 \qquad (4)$$

wobei:

T_m = durchschittliche Liegezeit der Rohstoffe in Lager;

T_{em} = Dauer der Übernahme-und Lagerdatensammlung;

T_{ia} = Interventionszeiten außerhalb des Betriebs zu Versorgungzwecken; beziehungsweise *(siehe Abb. 3)*:

$$5 \ldots 15 - (1 \ldots 5 + 1 \ldots 10 + 15 \ldots 120) \geqslant 0 \qquad (4)'$$

Daraus folgt, daß für viele Bestandteile die Grenzbedingungen nicht erfüllt sind; das führt zu Störungen in den Bearbeitungssektoren sogar dann, wenn das Vorhandensein des Materialbestandes Ts diese Schwankungen bei der Montage verringert. Eine wesentliche Verbesserung ist durch Einführung eines operativen Bewirtschaftungssystems der Materialbestände zu erwarten, da dies wirksamere Interventionen außerhalb des Betriebs ermöglicht.

c) Die Beseitigung der Auswirkung von Störungen innerhalb der Bearbeitungsabteilung stellt die Bedingung:

$$T_s + T_a - [max \cdot (T_{ea}, T_{es}) + (T_d + T_{ca})] \geqslant 0 \qquad (5)$$

wobei:

T_s = durchschnittliche Liegezeit der Halbfabrikate in den Betriebslagern;

T_a = Durchlaufzeit der Montageabteilung;

T_{ea} = Sammeldauer der Daten für den Montagevorsprung;

T_{es} = Sammeldauer der Daten der Halbfabrikatbestände;

T_{ca} = Ausführungsverzug der Befehle bei der Montage;

beziehungsweise (siehe Abb. 3):

$$(15 \ldots 30) + (20 \ldots 80) - [(1 \ldots 5) + (1 \ldots 5) + (10 \ldots 20)] \geqslant 0 \qquad (5)'$$

Diese Bedingung erscheint auf diese Weise erfüllt, so daß besondere Maßnahmen zur Verbesserung der Leitung nicht gerechtfertigt sind. Für T_a wird zur Veranschaulichung der große Wert eingesetzt, der auf eine Kleinserienproduktion mit geringem Grad der Produktionstypung hinweist. Bei einer Produktion mit fortgeschrittener Typisierung bzw. bei Serienfertigung verringert sich dieser Wert auf etwa 0,5...5 Tage. Daraus folgt, daß die Bedingung (5) nur in Ausnahmefällen erfüllt wird.

d) Die Beseitigung der Auswirkung der Befehls- und Planstörungen im Falle einer typisierten Fertigung und einer Halbfabrikaterzeugung auf Lager stellt die Bedingung:

$$T_d + T_p - [(max \cdot (T_{ea}, T_{ep}) + T_d + T_{ca}] \geqslant 0 \qquad (6)$$

beziehungsweise (siehe Abb. 3):

$$(1 \ldots 10) + (10 \ldots 60) - [(1 \ldots 5) + (1 \ldots 10) + (10 \ldots 15)] \geqslant 0 \qquad (6)'$$

Die Bedingung ist nur für einen bedeutenden Bestand von Erzeugnissen erfüllt. Im Falle einer Kleinserienproduktion, wo man voraussetzt, daß sich eine zusätzliche, nichttypisierte Versorgung erübrigt, wird die Bedingung gestellt:

$$T_d + T_p - [max \cdot (T_{em}, T_{eu}, T_{es}, T_{ea}, T_{ep}) + T_d + T_{cu} + T_s + T_a] \geqslant 0 \qquad (7)$$

beziehungsweise (siehe Abb. 3):

$$(1 \ldots 10) + (10 \ldots 60) - [(1 \ldots .5) + (1 + \ldots 10) + (10 \ldots 20) + (15 \ldots 30) + \\ + (20 \ldots 80)] \geqslant 0 \qquad (7)'$$

Diese nichterfüllte Bedingung bringt zum Ausdruck, daß der Betrieb bei bedeutenden Nachfrageschwankungen nicht wettbewerbsfähig ist. (Beispielsweise die Exportnachfrage).

Bei der Prüfund der Beziehungen (3) bis (7) ergibt sich für den angenommenen Betrieb folgendes:

- Der Versorgung und der Typisierung der Produktion muß besonderes Augenmerk gewidmet werden;

• Angesichts der außerordentlichen Bedeutung, die der Verringerung der Sammeldauer der Daten und der Auftragsausführung zukommt, ist es notwendig, ein integriertes System der operativen Leitung mit Elektronenrechner zu schaffen. Die Ausstattung mit mechanisch-graphischen Anlagen ist wegen der Mängel nicht zu empfehlen.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Effizienz eines Leitungssystems wird von der Erfüllung einiger Beziehungen eingeschränkt, die die Dynamik des Systems, „Technologischer Prozeß — Leitungsprozeß" kennzeichnen.

Grundsätzlich sind Algorithmen der optimalen prädiktiven Leitung vorzuziehen.

Der Einführung eines elektronischen Verarbeitungssystems der Informationen muß nicht nur eine statische Analyse, sondern auch eine dynamische Analyse des Systems vorausgehen.

BIBLIOGRAPHIE

1. C. Massaro: *Controllo statico e controllo dinamico integrate mediante calcolatori numerici industriali* Automazione e Strumentazione 1962 3(119) 4(175) 5 (223)

2. N. N. Costake: *Nekotoroe voprosi teorii optimisaţii technologitscheskich proţessov* Automatika i Telemehanika 1965 10 (1682)

3. IPA — *Werkstatt für Komplexautomatisierung*: Verwendung der Elektronenrechner bei technisch-ökonomischen Berechnungen. Projekt Nr. 287 — 6/1965

DYNAMIC LIMITATION IN ENTERPRISES MANAGEMENT

The introduction of complex automatisation must be preceded by a technical-economic analysis in order to dimension the data processing electronic equipment, as wel as by the determination of economic efficiency.

The paper presents an aspect of the limitativa conditions which have to be fulfilled from a dynamic point of view by the „technological process — unit management" system, in order to fulfill in an efficient was its optimisation.

LIMITATIONS DYNAMIQUES DANS LA GESTION DE L'ENTREPRISE

L'introduction de l'automatisation complexe doit être précedée d'une analyse technique-économique en vue de dimensioner l'équipement électronique du traîtement des informations, de même que la détermination de l'éfficacité économique.

L'étude présente l'aspect des conditions limitatives qui doivent être satisfaites du point de vue dynamique par le système „processus technologique — géstion de l'unité" pour que l'optimisation de celui-ci soit éfficace.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ В РУКОВОДСТВЕ ПРЕДРИЯТИЯМИ

Внедрению комплексной автоматизации должен предшествовать технико-экономический анализ расчета размеров электронного оборудования для переработки информации, также определения экономической эффективности.

В статье выявляются ограничительные условия, которым должна соответствовать в динамическом отношении система «технологический процесс — руководство предприятием» для того, чтобы ее оптимизация могла быть эффективной.