

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

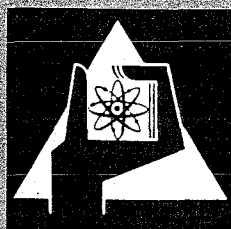
März 1972

KFK 1526

Institut für Datenverarbeitung in der Technik

Universelle Zeitdienstverwaltung in einem Realzeitsystem

D. Hilse



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

März 1972

KFK 1526

Institut für Datenverarbeitung in der Technik

Universelle Zeitdienstverwaltung in einem
Realzeitsystem

D. Hilse

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

Kurzfassung

Ausgehend vom Begriff eines Zustandsraumes wird ein allgemeines Auftragsbearbeitungssystem beschrieben und anhand einer universellen Verwaltung von Zeitdienstanforderungen exemplarisch erläutert. Die Verwaltung erlaubt sowohl Absolutzeit- als auch beliebige Zeitintervall-Weckdienste, bei vorgegebener Periodizität, zu bearbeiten. Sie ist von der Anzahl der Aufträge unabhängig.

Abstract

The introduction of a space of states permits the description of a general job-management system. As example a general management of timing requirements in a real time environment is described. At a given periodicity an arbitrary number of jobs can be handled in absolute time as well as in optional time intervals.

Inhalt:

1. Einführung
2. Ein Zustandsmodell
 - 2.1. Begriffsdefinitionen
 - 2.2. Der Systemzustandsraum
 - 2.3. Der Ereignis- und Filterfunktionenraum
 - 2.4. Der Wirkungsraum
 - 2.5. Zusammenstellung der Ergebnisse
3. Anwendungsbeispiel: Realzeituhrverwaltung
 - 3.1. Voraussetzungen
 - 3.2. Die Korrektur der Relativzeit RZ_K
 - 3.3. Die Wahl der Zustandsvariablen und der Grenzzustände
 - 3.4. Die Abbildungsfunktionen
 - 3.5. Die Grenzzustandsfunktionen
4. Zusammenfassung

1. Einführung

In Realzeitsystemen gibt es oft Anforderungen, die nach einer Steuerung durch eine Realzeituhr verlangen / 1,2 /. Dazu gehören die vielfältigen Weckdienste sowohl zu bestimmten Tageszeiten (Absolutzeit) als auch in frei wählbaren periodischen Zeitintervallen (Relativzeit). Ihre Benutzung gestattet nicht nur die Aktivierung von Auftraggeberprozessen, sondern darüberhinaus können sie auch, durch zeitliche Verzögerungen, zur Synchronisation ansonsten unabhängiger Prozesse herangezogen werden.

In bisherigen Systemen / 3 / wurde die Abarbeitung von Relativzeitweckaufträgen in einer Zeitdienstverwaltung nur mit einer Grundzeiteinheit vorgenommen. Die Folge war eine sehr starke Eingriffsbelastung für das gesamte Realzeitsystem.

Die Einführung mehrerer Grundzeiteinheiten im vorliegenden System (bis zu 10) beseitigt diesen Nachteil, ohne gleichzeitig den Umfang der für die Bearbeitung der Zeitaufträge notwendigen Verwaltung zu erhöhen.

Die vorliegende Zeitdienstverwaltung ist ein Modul des im Institut für Datenverarbeitung in der Technik der GfK Karlsruhe konzipierten Realzeitbetriebssystems CALAS70 / 4,5 / (Computer Aided Laboratory Automation System).

Ihr liegt ein Zustandsmodul zugrunde, das im folgenden Abschnitt in einer allgemeinen Form beschrieben wird.

2. Ein Zustands-Modell

2.1. Begriffsdefinitionen

Bearb. System: Eine Menge von Objekten (z.B. Hard- und Software-Module), das in der Lage ist, Aufträge entgegenzunehmen, zu bearbeiten und an ein Zielsystem weiterzuleiten.

Auftrag: Von einem Auftraggeber in einer Parameterliste eindeutig spezifizierter Bearbeitungswunsch.

Auftraggeber: Ein dem o. def. Bearbeitungssystem nicht angehörendes System.

2.2. Der Systemzustandsraum

An ein System werden voneinander unabhängige Aufträge herangezogen, dort schrittweise nach vorgegebenen Algorithmen bearbeitet und die Resultate ggf. dem Auftraggeber zurückgemeldet.

Die Bearbeitung eines Auftrages läßt sich als eine schrittweise Änderung seines Bearbeitungszustandes oder kürzer, seines Zustandes beschreiben. Die Zustandsänderungen werden entweder durch interne oder externe Ereignisse gesteuert.

Stehen gleichzeitig mehrere Aufträge zur Bearbeitung an, so kann die Änderung ihrer Zustände streng sequentiell oder parallel ablaufen, je nach Art und Anzahl der für die Bearbeitung zur Verfügung stehenden Betriebsmittel.

In einem bestimmten Zeitpunkt t_1 befinden sich alle N von dem betrachteten System bearbeiteten Aufträge in einem eindeutig definierten Zustand z (v_1, v_2, \dots, v_d). Der aktuelle Zustand z_k eines Auftrags A_k hängt von den aktuellen Werten seiner Argumente, den Zustandsvariablen $\{v_i\}$, $i=1, 2, \dots, d$, ab. Es sind die Koordinaten eines Punktes z_k in einem d -dimensionalen Raum, dem Zustandsraum Z des Systems.

Die Änderung des Zustandes eines der N unabhängigen Aufträge A_k bedeutet also die Änderung seiner Zustandsvariablen $\{v_i\}$, oder geometrisch, die Änderung seines Ortes im Zustandsraum Z .

Der Zustandsraum Z kann nun in eine Anzahl von Teilräumen Z_i zerlegt werden

$$Z_i \in Z \quad i=0, 1, 2, \dots, I \quad (\text{Gl. 2.2.-1})$$

In einem Teilraum Z_i werden diejenigen Aufträge A_k zusammengefaßt, die in mindestens einer Zustandsvariablen v_i übereinstimmen. Die Elemente $z_{i,1}$ des Teilraumes Z_i sind also Aufträge mit den Zuständen $z(v_1, v_2, \dots, v_i = \text{const}, \dots, v_d)$. Z_i ist als Teilraum von Z mit obiger Eigenschaft höchstens $(d-1)$ -dimensionaler Raum.

Innerhalb eines Teilraumes lassen sich jeweils bestimmte Grenzzustände G_i definieren. Nimmt ein Auftrag A_k im Verlauf seiner Zustandsänderungen diesen Grenzzustand ein, so wird eine grenzzustandsspezifische Aktivität gestartet (z.B. Statusmeldung an den Auftraggeber, Rückgriff auf eine auftragsspezifische Parameterliste u dgl.).

2.3. Der Ereignis- und Filterfunktionenraum

Wie bereits angedeutet, werden die Zustandsänderungen im Zustandsraum des Systems durch das Auftreten interner oder externer Ereignisse veranlaßt. Innerhalb des Systems ist jedes interne Ereignis durch eine Ereignisfunktion e_i repräsentiert. Die Menge aller Ereignisfunktionen bildet den sog. Ereignis- oder E-Raum.

Die unmittelbare zustandsändernde Einwirkung der Ereignisfunktionen auf eine Gruppe von Zuständen (z.B. Zustände eines Teilraumes Z_i) wird mittels gewisser, diesen Ereignisfunktionen fest zugeordneter Filterfunktionen begrenzt. Die Filterfunktionen sind Elemente m_i eines sog. Masken- oder M-Raumes. Ihre aktuellen Größen hängen ab von den Elementen $z_{i,1}$ des Teilzustandsraumes Z_i nach Abschluß eines Bearbeitungsschrittes, d.h. nach Beendigung der zustandsändernden Einwirkung der Ereignisfunktionen auf die Elemente des Zustandsraumes Z (Rückkopplung des Zustandsraumes Z auf den Maskenraum).

$$f_{m_i} : Z \supseteq Z_i \rightarrow M \quad (\text{Gl. 2.3.-1})$$

$$m_i = f_{m_i}(z_{i,l}) \quad (\text{Gl. 2.3.-2})$$

für $i = 0, 1, 2, \dots, I$

$l = 1, 2, \dots, L$

wobei $z_i \in Z_i$, $m \in M$, f_{m_i} = Abbildungsfunktion.

Die spezielle Art der Abbildung (die Elemente $z_{i,l}$ der Zustandsteilräume Z_i werden auf die Elemente m_i des M-Raumes abgebildet) liefert einen (entsprechend Z_i) höchstens $(d-1)$ -dimensionalen M- bzw. E-Raum.

2.4. Der Wirkungsraum

Die gefilterten Elemente (Ereignisfunktionen) des E-Raumes bilden die Elemente eines Wirkungs- oder W-Raumes. Sie entstehen durch eine geeignete Abbildung des E- auf den W-Raum.

$$f_w : E \rightarrow W \quad (\text{Gl. 2.4.-1})$$

$$w_i = f_w(e_{i,m_i}), \quad i=0, 1, 2, \dots, I \quad (\text{Gl. 2.4.-2})$$

$e \in E$, $m \in M$, $w \in W$, f_w = Abbildungsfunktion.

Die Elemente w_i des Wirkungsraumes wirken nun unmittelbar auf die Elemente $z_{i,l}$ entsprechender Teil-Zustandsräume Z_i ein. Die Abbildungsfunktion f_z führt den Zustand der Aufträge zum Zeitpunkt t_1 in einen neuen Zustand zum Zeitpunkt t_2 über.

$$f_z : W \rightarrow Z_i \quad (\text{Gl. 2.4.-3})$$

$$z_{i,l}^{t_2} = f_{z_i}(w_i) \quad (\text{Gl. 2.4.-4})$$

mit $z_{i,l} \in Z_i$, $w \in W$, f_z = Abbildungsfunktion.

In der Abb. 1 sind die gegenseitigen Abhängigkeiten der Elemente einzelner Räume dargestellt.

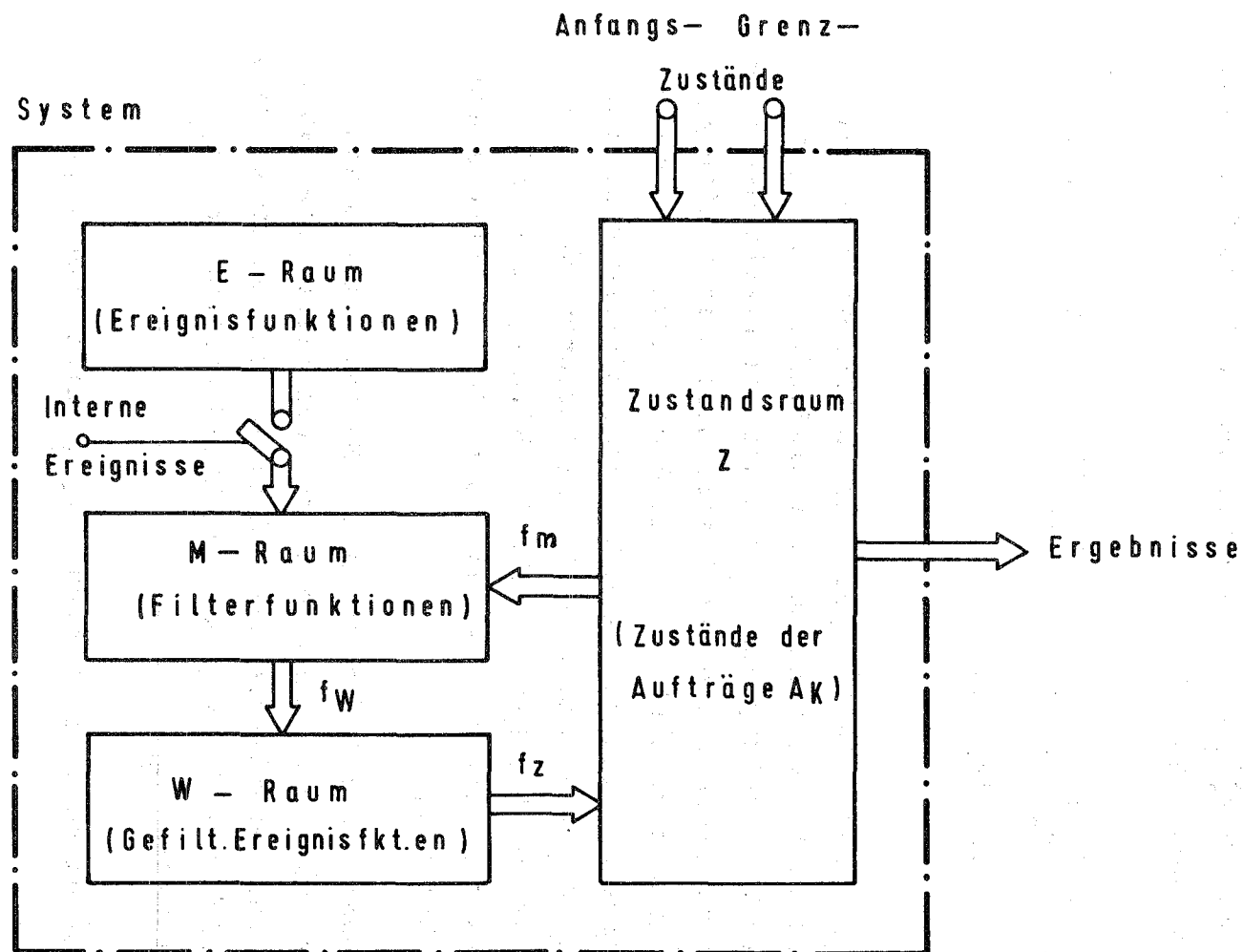


ABB.1. EINWIRKUNG DER ELEMENTE VERSCHIEDENER RÄUME AUF EINANDER

2.5. Zusammenstellung der Ergebnisse

Gemäß den Gleichungen 2.3.-2, 2.4.-2 und 2.4.-4 erhält man die Elemente $z_{i,l}^{t_2}$ des Zustandsraumes Z^{t_2} zum Zeitpunkt t_2 aus den Elementen $z_{i,l}^{t_1}$ des Zustandsraumes Z^{t_1} zum Zeitpunkt t_1 nach folgendem Algorithmus:

$$z_{i,l}^{t_2} = f_{z_i} (f_{w_i} (e_i, f_{m_i} (z_{i,l}^{t_1}))) \quad (\text{Gl. 2.5.-1})$$

für $i=0,1,\dots,I$

$l=1,2,\dots,L$

Danach bewirkt das i -te Ereignis eine Aktivierung der diesem Ereignis fest zugeordneten Ereignisfunktion e_i . Die funktionelle Verknüpfung von e_i mit der entsprechenden Filterfunktion m_i liefert die gefilterte Ereignisfunktion w_i , die unmittelbar zustandsändernd auf die Zustände des Teilzustandsraumes Z_i einwirkt. Die Zustandsänderung ruft über die Funktion f_{m_i} eine Änderung der Filterfunktion m_i hervor. Die Funktion f_{m_i} hat deshalb die Wirkung einer Rückkopplung des veränderten Zustandes auf die ihn verändernde Ereignisfunktion e_i .

Das Einbringen neuer Aufträge in den Systemzustandsraum (Anfangszustände) wird durch externe Ereignisse veranlaßt. Der sich dabei verändernde Zustand eines Teilzustandsraumes Z_k beeinflusst über die zugehörige Abbildungsfunktion f_{m_k} die Filterfunktion m_k .

Für eine Veränderung der Zustände $z_{i,l}$ werden benötigt:

- a) Die Abbildungsfunktionen f_{z_i} , f_{w_i} und f_{m_i}
- b) Die Ereignisfunktionen e_i
- c) Die Anfangs- und Grenzzustände.

3. Anwendungsbeispiel: Realzeituhr-Verwaltung

3.1. Voraussetzungen

Die Verwaltung der an das System "UHR" gerichteten Aufträge besteht in einer geeigneten Änderung ihrer Zustände im Systemzustandsraum Z , mittels des in der Gl. 2.5.-1 angegebenen Algorithmus. Die Anwendung dieser Vorschrift setzt die Kenntnis der im Abschnitt 2.5. unter a) - c) aufgeführten Größen voraus.

Die Anfangszustände der Aufträge A_k hängen vom jeweiligen Inhalt ihrer auftragsspezifischen Parameterliste ab. Jeder Auftrag A_k ist darin durch die Angabe mindestens eines der folgenden Punkte vollständig beschrieben:

1. Absolutweckzeitpunkt AZ_k (Tageszeit).
2. Größe eines Zeitintervalls RZ_k (Relativzeit), evtl. mit Angabe der Periodizität WZ_k (Wiederholzahl).
3. Zielauftrag (Aktivierung nach Ablauf der vorgewählten Zeit).

Die Hardware erlaubt nur eine Tageszeit zwischen 00.00 und 23.59 Uhr als Absolutzeit mit einminütiger Genauigkeit zu benutzen.

Die Relativzeit (Zeitintervall) ist in den Grenzen zwischen einer Sekunde und mehreren Tagen frei wählbar.

3.2. Die Korrektur der Relativzeit RZ_k

Nach Abschnitt 3.1. arbeitet das System mit mehreren Grundzeiteinheiten. Die vorgewählte Relativzeit RZ_k muß deshalb in diese "zugelassenen" Grundzeiteinheiten ϵ_i zerlegt werden.

$$RZ_k = \sum_{i=0}^{I_k} T_i \cdot \epsilon_i \quad (\text{Gl. 3.2.-1})$$

wobei ϵ_i = die i-te Grundzeiteinheit mit

$$\epsilon_{I_k} = C_{I_k-1} \cdot \epsilon_{I_k-1} = \dots = C_i \cdot \epsilon_1 = C_0 \cdot \epsilon_0, \quad C_i = \text{ganz}$$

und T_i = Multiplikationsfaktor bedeuten.

Da der Zeitpunkt t der Auftragsannahme im allgemeinen nicht mit dem Beginn der ϵ_{I_k} -ten Grundzeiteinheit für die gewünschte Relativzeit RZ_k zusammenfallen wird, muß eine Zwangssynchronisierung durchgeführt werden.

Die korrigierte Relativzeit ergibt sich aus

$$RZ_k = \sum_{i=0}^{I_k-1} (T_i + t_i) \epsilon_i + T_{I_k} \cdot \epsilon_{I_k} \quad (\text{Gl. 3.2.-2})$$

Die Größe t_i erhält man als den i -ten Multiplikationsfaktor aus der Zerlegung

$$t = \sum_I t_i \epsilon_i$$

des Auftragsannahmezeitpunktes t in die gleichen Grundzeiteinheiten ϵ_i .

Die Normierung der Zeitgrößen auf ihre Einheiten ϵ_i liefert einen (I_k+1) -dimensionalen korrigierten RZ_k -Vektor

$$RZ_k = \{\tau_i\}, \quad i=0, 1, \dots, I_k \quad (\text{Gl. 3.2.-3})$$

3.3. Die Wahl der Zustandsvariablen und der Grenzzustände

Anzahl und Art der Zustandsvariablen sollte so gewählt werden, daß eine eindeutige Zustandsbeschreibung des k -ten Auftrags A_k möglich wird. Nach Gl. 3.2.-3 ist ein RZ -Zeitauftrag durch die Angabe des

1. Index i (Grundzeiteinheit)
2. Multiplikationsfaktors τ_i

beschrieben.

Der aktuelle Zustand eines Auftrags A_k wird also durch das Paar $(i, \tau_i)_k$ bestimmt; es stellt einen Punkt mit den Koordinaten $v_1=i$ und $v_2=\tau_i$ in einem zweidimensionalen Zustandsraum Z dar. Abb. 2.

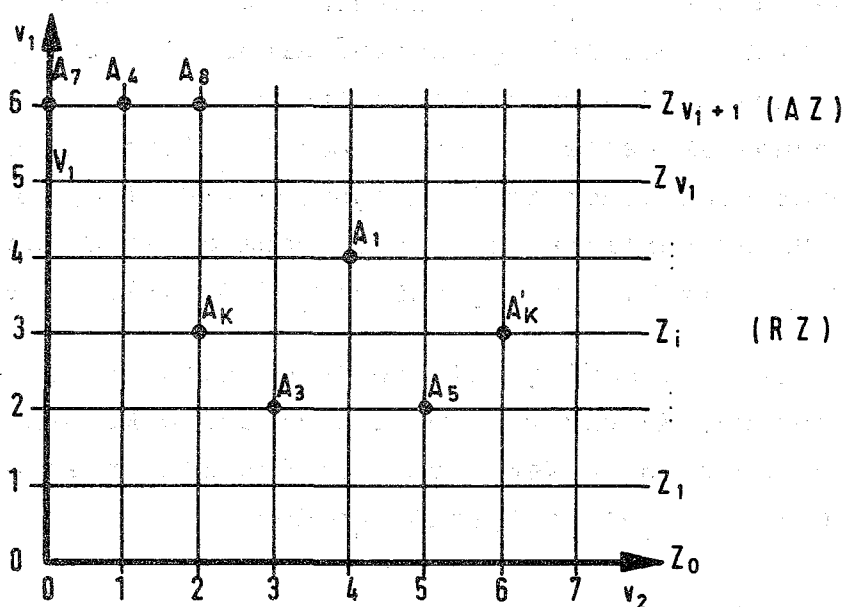


ABB. 2. ZWEIDIMENSIONALER ZUSTANDSRAUM Z

Jeder Auftrag A_k nimmt entsprechend der Größe seiner Zustandsvariablen einen bestimmten Platz in Z ein. Sein Anfangszustand (z.B. A'_k) ist das Paar (I_k, τ_{I_k}) gemäß der höchstwertigen Komponente des in seiner Parameterliste gespeicherten korrigierten RZ_k -Vektors (Gl.3.2-3). Nach Abschnitt 3.1 kann die Zustandsvariable v_1 aller RZ -Aufträge höchstens den Wert V_1 annehmen (Anzahl unterscheidbarer Grundzeiteinheiten), während die Zustandsvariable v_2 unbeschränkt bleibt. (Invariant gegen die Anzahl der Aufträge).

Der Zustandsraum Z wird nun entsprechend $v_1 = \text{const}$ in Teilzustandsräume $Z_i, i=0,1,\dots,V_1+1$, eingeteilt. Alle Aufträge in Z_i haben die Zustände $z(v_1 = \text{const}, v_2) = z_{i,l}, l=1,2,\dots,L$ (diskrete Zustände).

Die Veränderung eines Zustandes $z_{i,l}$ innerhalb von Z_i bedeutet eine Verschiebung nach links entlang der Waagerechten $v_1 = \text{const}$ (siehe Abb.2). Erreicht dabei ein Auftrag A_k den Zustand $z(i,0)$ (v_1 -Achse), so hat er seinen Grenzzustand eingenommen. Die hierbei aktivierte Grenzzustandsfunktion g_i entscheidet mittels Rückgriff auf die auftragspezifische Parameterliste über einen neuen Auftragsstatus (bestimmter Folgezustand oder Beendigung).

Der Teilzustandsraum Z_{V_1+1} ist ausschließlich für die AZ-Aufträge reserviert. Der Anfangszustand eines AZ-Auftrags ist eine Funktion des gewünschten Weckzeitpunktes AZ und der bei der Auftragsannahme aktuellen Uhrzeit. Der zeitlich aktuellste Auftrag befindet sich immer im Grenzzustand $z(V_1+1,0)$. Er wird gemäß seiner Parameterliste aktiviert, sobald der Grenzzustandsfunktion g_{V_1+1} die Einwirkung auf $z(V_1+1,0)$ erlaubt wird.

Nach Abschnitt 2.2. bedingt ein zweidimensionaler Z- einen ein-dimensionalen E-, M- und W-Raum. E-, M- und W können deshalb als (V_1+2) -dimensionale Vektoren, mit den Elementen e_i , m_i und w_i , $i=0,1,\dots,V_1+1$, aufgefaßt werden.

3.4. Die Abbildungsfunktionen

Der Wert der Vektorkomponenten m_i und w_i richtet sich nach den entsprechenden Abbildungsfunktionen f_m , f_w und f_z .

Die Komponenten m_i des M-Vektors sind vom Belegungszustand des i -ten Teilzustandsraumes Z_i abhängig (Gl. 2.3.-2). Falls Teilraum $Z_i = \emptyset$ (leer), bekommt die zugeordnete Komponente m_i den Wert 0, andernfalls den Wert 1.

$$m_i = f_{m_i}(z_{i,l}) = \begin{cases} 0, & \text{falls } Z_i = \emptyset \text{ für alle } l \\ 1 & \text{sonst} \end{cases} \quad (\text{Gl. 3.4.-1})$$

Die Komponenten m_i haben demnach den Wertvorrat $\{0,1\}$.

Die Abbildungsfunktion f_w hängt sowohl von den Ereignisfunktionen e_i (Komponenten des noch zu bestimmenden E-Vektors), als auch von den Filterfunktionen m_i ab (Gl. 2.4.-2).

Für die Verknüpfung beider Größen eignet sich die logische UND-Funktion. Die Komponenten w_i des W-Vektors ergeben sich aus

$$w_i = f_{w_i}(e_i, m_i) = e_i \& m_i \quad (\text{Gl. 3.4.-2})$$

mit dem Wertevorrat $\{0, e_i\}$ für $m_i = \{0,1\}$.

Die Veränderung der Zustände $z_{i,l}$ eines Teilraumes Z_i geschieht nach Gl. 2.4.-4 mit Hilfe der Funktion f_{z_i} . Sie soll nur dann wirksam und gleich der zugeordneten Ereignisfunktion e_i werden, wenn die entsprechende w_i -Komponente $\neq 0$ ist.

$$z_{i,l} = f_{z_i}(w_i) = \begin{cases} 0, & \text{wenn } w_i = 0 \text{ (keine Zustandsänderung in } Z_i) \\ l_i, & \text{sonst (Zustandsänderung gemäß } e_i) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} & \text{für } i=0,1,\dots,V_1,V_1+1 & \text{(Gl. 3.4.-3)} \\ & l=1,2,\dots,L \end{aligned}$$

Die Ereignisfunktion e_i wirkt nun auf einen belegten Zustand $z_{i,l}$ des Teilraumes Z_i so ein, daß eine sukzessive Verschiebung jeweils aller Aufträge in Z_i nach links in Richtung kleinerer Werte von v_2 erfolgt (Abb. 2). Die diskreten Zustandsvariablen l aller belegten Zustände in Z_i nehmen also jeweils die Werte $l:=l-1$ ein.

$$e_i = \begin{cases} e:=e-1, & \text{wenn } l \neq 0 \\ g_i, & \text{wenn } l = 0 \end{cases} \quad \text{(Gl. 3.4.-4)}$$

Erreicht auf diese Art ein Auftrag den Grenzzustand $z_{i,0}$ ($l=0$), so muß für ihn die Grenzzustandsfunktion g_i gestartet werden.

3.5. Die Grenzzustandsfunktionen g_i für $i=0,1,\dots,V_1,V_1+1$

Die Grenzzustandsfunktionen können ihrer Wirkung nach in zwei Gruppen eingeteilt werden.

(1) g_{V_1+1} für den Teilraum Z_{V_1+1} (AZ)

(2) g_i für die Teilräume Z_i , $i=0,1,\dots,V_1$ (RZ)

Bei der Aktivierung der Grenzzustandsfunktion g_{V_1+1} muß sich zumindest ein Auftrag A_k im Grenzzustand befinden. Die Wirkung der g_{V_1+1} auf den Zustand des Auftrags A_k beschreibt folgender Algorithmus.

Literatur

- / 1 / G. Krüger
Ein Betriebssystem für den Vielfachzugriff in
der Laborautomatisierung
Veröffentlich. in W. Händler, Betriebsprogrammierung
R. Oldenbourg Verlag München und Wien 1969
- / 2 / G. Krüger
Rechnereinsatz in Laboratorien und Prüffeldern
VDE-Fachberichte 1970, Band 26, S. 120-125
- / 3 / G. Gagel, G. Hepke, H. Herbstreith, J. Nehmer
CALAS68 - ein computergestütztes Vielfachzugriffs-
system zur Laborautomatisierung
Externer Bericht 19/69-1, November 1970,
Kernforschungszentrum Karlsruhe
- / 4 / H. Herbstreith, G. Hepke
Ablaufsteuerung für ein Realzeitsystem mit einfacher
Hardwarestruktur
KFK-Bericht 1530 (1971), Kernforschungszentrum K'he
- / 5 / G. Hepke, H. Herbstreith
Eingriffsorganisation für schnelle Aufgabenwechsel
in einem Realzeitsystem
KFK-Bericht 1531 (1971), Kernforschungszentrum K'he