

**EC 1055**

## Die Zentraleinheit EC 2655

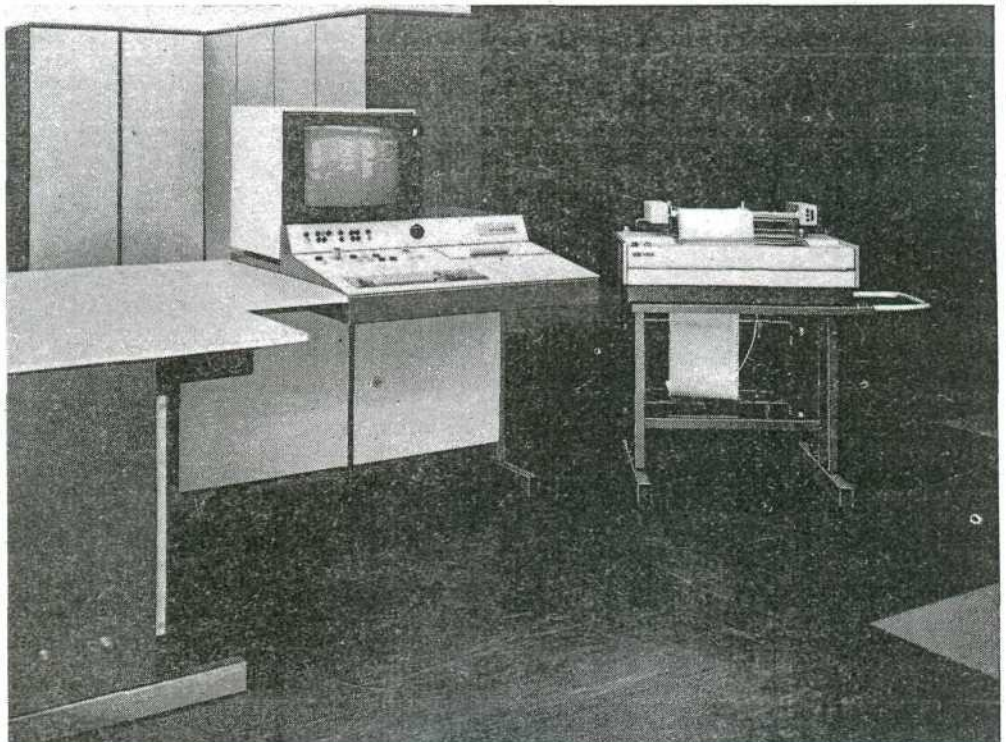
*Wolfgang Lampenscherf VEB  
Kombinat Robotron*

### 1. Logisch-funktionelle Struktur

Die Zentraleinheit (ZE) EC 2655 ist ein Funktionskomplex, zu dem die zentrale Verarbeitungseinheit, der Hauptspeicher sowie als Teil des Eingabe-/Ausgabesystems, die Kanäle gehören. Die EC 2655 ist der Kern der EDVA EC 1055. Zur ZE kann auch die Bedieneinheit, soweit sie der Kommunikation zwischen dem Bediener bzw. Wartungstechniker und der DV-Anlage dient, gerechnet werden. An dieser, schon von den Zentraleinheiten des ESER, Reihe I, her bekannten Grundstruktur hat sich auch beim Übergang zum ESER, Reihe II, nichts geändert. Die Zentraleinheit EC 2655 ordnet sich in das Spektrum der Zentraleinheiten des ESER II ein und realisiert die Funktionsprinzipien der Reihe II. Dabei werden neue Funktionen verwirklicht, wobei jedoch die Aufwärtskompatibilität von den Modellen der Reihe I zu denen der

System der EC 2640 (EC 1040) anzusehen.

*Zentraleinheit EC 2655  
mit Bedienpult EC 7069  
und robotron 1154*



Außer den vier Befehlen der Mehrprozessor-Einrichtung sind in der EC 2655 alle Befehle entsprechend den neuen Funktionsprinzipien enthalten. Gemäß dem ESER-Mix erreicht sie eine Operationsgeschwindigkeit von etwa 450 000 Op/s. Die wesentlichsten Neuerungen der EC 2655 gegenüber der EC 2640 sind:

- Konzept des virtuellen Speichers
- Erweiterung der Zeitgebereinrichtungen
- Einführung von Blockmultiplexkanälen
- Gleitkommaarithmetik mit erweiterter Genauigkeit
- Monitorbefehl zum Überwachen der Programmverarbeitung
- Programmereignisregistrierung zum Aufzeichnen bestimmter Ereignisse während des Programmablaufes
- Verbesserung des Diagnosesystems
- Emulatoreinrichtung zur Emulation des DOS/ES
- fehlerkorrigierender Code am Hauptspeicher
- Kanal-Kanal-Adapter
- modernes Konzept der Bedieneinheit
- Einführung der Restart-(Wiederanlauf-)Unterbrechung
- Anschlußmöglichkeit für den Matrixmodul
- Erweitertes Standard-Interface

Im Blockschaltbild (Abb. 1) sind die Funktionskomplexe der EC 2655 sowie ihre Eingliederung in den Systemverband dargestellt. Die wichtigsten technischen Parameter der EC 2655 sind aus Tab. 1 (S. 11) ersichtlich.

### 2. Zentrale Verarbeitungseinheit

Die zentrale Verarbeitungseinheit repräsentiert den steuernden und verarbeitenden Kern der ZE. In ihr werden die Maschinenbefehle ausgeführt bzw. deren Ausführung veranlaßt. Nach außen steht die zentrale Verarbeitungseinheit mit dem Hauptspeicher, dem zentralen Kanalteil und gegebenenfalls mit dem Matrixmodul über Daten-, Steuer- sowie Zustandssignalinterfaces

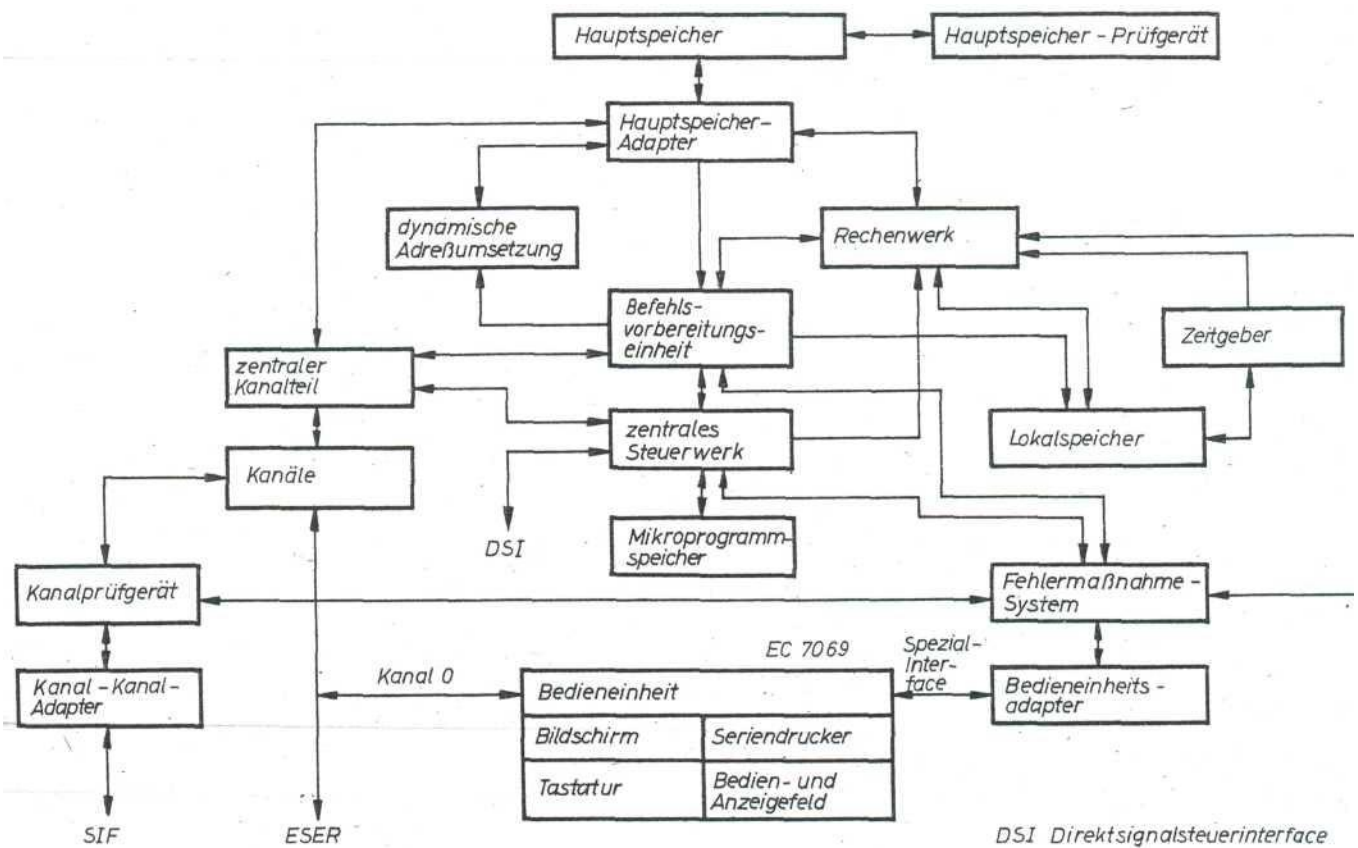


Abb. 1 Blockschaltbild EC 2655

in Verbindung. Darüber hinaus existiert noch das Interface für die Direktsignalsteuerung und ein Spezialinterface für die Kommunikation mit der Bedieneinheit. Die Funktionsabläufe der zentralen Verarbeitungseinheit sind mikroprogramm- bzw. folgesteuert.

Neu gegenüber dem ESER I sind das S-Befehlsformat und die erweiterte Gleitkommazahlendarstellung. *Folgende Komplexe werden zur zentralen Verarbeitungseinheit gerechnet: Hauptspeicher-Adapter, Einrichtung zur dynamischen Adreßumsetzung, Befehlsvorbereitungseinheit, Rechenwerk, Lokalspeicher, Zeitgebereinrichtungen, zentrales Steuerwerk, Mikroprogramm-speicher, Fehlermaßnahmesystem und Bedieneinheits-Adapter.* Der Vollständigkeit halber müssen an dieser Stelle auch die Stromversorgungseinrichtungen und das Taktsystem erwähnt werden. Diese Komplexe werden hier nicht näher beschrieben. Als Übersichtsinformation zum Taktsystem sei bemerkt, daß ein symmetrisches Viertaktsystem mit einem Taktzyklus von 380 ns verwendet wird. Vier jeweils um 95 ns versetzte Taktphasen bilden den als Maschinenzklus bezeichneten Taktzyklus, mit dem auch alle an die zentrale Verarbeitungseinheit angeschlossenen Funktionskomplexe versorgt werden.

## 2.1. Befehlsvorbereitungseinheit (BVE)

Dieser Funktionskomplex dient der zentralen Verarbeitungseinheit als wirksames Mittel zur Beschleunigung der Programmverarbeitung. Die Einrichtungen und Funktionen der BVE ermöglichen eine weitgehende Überlappung der Teilprozesse Befehlsaufruf, Befehlsvorbereitung (Adressenmodifikation, Operandenlesen) und Befehlsausführung. Zu den Aufgaben der BVE gehören der Befehlsaufruf, die Befehlsauswahl, die Adres-

senmodifikation der Operandenadressen, der vorbereitende Operandenaufzuruf bzw. das vorbereitende Lesen des Befehls in Richtung eines erfüllten Sprunges bei Sprungbefehlen sowie die Verwaltung der Anforderungen an die dynamische Adreßumsetzung. Die BVE enthält den Befehlszähler, in welchem die Adresse des aktuellen Befehls aufbewahrt und aktualisiert wird sowie das Befehlsregister, welches den ausführen reifen Befehl aufnimmt. Durch ein in der BVE enthaltenes Netzwerk werden alle Adressen geschleust, für die die dynamische Adreßumsetzung erfolgen soll. Nach dem Einführen eines neuen Befehlszählerstandes, z. B. mit Laden eines neuen Programmzustandswortes, beginnt die BVE, mit dieser Adresse Hauptspeicherzugriffe zu starten. Da auch die Verbindung der BVE mit dem Hauptspeicher auf Doppelwortbreite basiert, entsteht für die BVE die Aufgabe aus den gelesenen Doppelworten die einzelnen Befehle auszuwählen. Dazu analysiert die BVE den Operationscode, aus dem die Länge des jeweiligen Befehls hervorgeht. Bei der Befehlsauswahl erkennt die BVE das Format der einzelnen Befehle und bestimmt daraus die erforderlichen Adressenmodifikationen. In einem eigens dafür vorgesehenen Adressenrechenwerk werden diese dann ausgeführt. Dabei benutzt die BVE den Lokalspeicher, in dem auch die Universalregister untergebracht sind. Der fertig modifizierte Befehl kann vor seiner Übertragung in das Befehlsregister noch in einer weit ren Pufferstufe aufbewahrt werden. Insgesamt besteht die Befehlsvorbereitungseinrichtung aus einer Folge von Pufferstufen, in denen die aufeinanderfolgenden Befehle jeweils in verschiedenen Bearbeitungsstufen enthalten sind. Mit der Folgesteuerung des Befehlsvorbereitungsprozesses wird die parallele Arbeit der BVE zur eigentlichen Befehlsausführung

Tabelle 1: Technische Parameter des Systems EC 2655

<b>Hauptspeicher</b>	
Speichermedium	Halbleiterspeicherelemente (MOS)
Kapazität	0,5, 1,0, 1,5, 2,0 M Byte
Zykluszeit	1,2 $\mu$ s
Auflaufbreite	8 Byte
Speicherschutz	Lese- und Schreibschutz
<b>Zentrale Verarbeitungseinheit</b>	
Steuerungsprinzip	Mikroprogramm- und Folgesteuerung
Mikroprogramm Speicher	
Kapazität Nur-Lese-Teil	8 K Mikrobefehle zu je 8 Byte Länge
ladbarer Teil	32 Mikrobefehle
Zykluszeit	380 nsec
Zugriffszeit	140 nsec
Befehlssystem	entspricht ESER-Operationsprinzipien – Reihe II 179 Befehle (+ 2 Emulationsbefehle) (+ 37 MAMO-Befehle)
Operationsgeschwindigkeit (ESER-Mix)	etwa 450 000 Op./s
<b>E/A-System</b>	
Kanäle	maximal 5
Blockmultiplexkanäle	maximal 4 (Kanäle 1, 2, 3, 4)
Bytemultiplexkanäle	maximal 2 (Kanäle 0, 4)
Gerätesteuereinheiten je Kanal	8–10
Anzahl der Subkanäle (bei mindestens 512 K Byte Haupt- speicher)	128 (für jeden Kanal 0, 1, 2, 3)  256 (für Kanal 4)
<b>Übertragungsgeschwindigkeit</b>	
Blockmultiplexkanal 1	1,5 M Byte/s (1-Byte-Interface) 3,0 M Byte/s (2-Byte-Interface)
Blockmultiplexkanäle 2, 3, 4	1,5 M Byte/s
Bytemultiplexkanäle 0, 4	40 k Byte/s (Multiplexbetrieb) 1,5 M Byte/s (Stoßbetrieb)
<b>Kanal-Kanal-Adapter</b>	
Anschließbarkeit von Kanälen	Kanäle entsprechend ESER I (Kompatibilitätsmodus) Kanäle entsprechend ESER II (Erweiterter Modus)
<b>Datenraten</b>	
normale Übertragung (ESER I, 1-Byte-Inter- face)	0,75 M Byte/s
beschleunigte Übertragung (ESER II, 1-Byte-Inter- face)	1,5 M Byte/s
beschleunigte Übertragung (ESER II, 2-Byte-Inter- face) maximal	3,0 M Byte/s

ermöglicht. Im Idealfall verkürzt sich dadurch die Operationszeit auf die Zeit der Ausführungsphase. Das kann insbesondere dann eintreten, wenn die BVE mit einer von ihr modifizierten Adresse auch noch ein vorbereitendes Operandenlesen ausführt. Falls bei der Befehlsvorbereitung ein Sprungbefehl erkannt wird, startet die BVE ein vorbereitendes Befehlslesen in Sprungrichtung. Im Verlauf der Verarbeitung des Sprungbefehls mikroprogrammes wird erkannt, ob der vorbereitende Aufruf in Sprungrichtung genutzt werden kann, oder ob, wegen nicht erfüllter Sprungbedingung, diese Vorbereitung annulliert und der Folgebefehl als nächster modifiziert und zur Ausführung bereitgestellt werden muß.

Wegen der Möglichkeit des parallelen Auftretens von Hauptspeicheranforderungen gilt folgende Prioritätenregel: *Operandenzugriffe des' aktuellen Befehls vor vorbereitendem Operandenlesen des nächsten Befehls, vor vorbereitendem Befehlslesen weiterer Befehle.*

Bei der Ausführung eines Befehls kann es vorkommen, daß ein bereits in der BVE gepufferter Befehl modifiziert wird. Diesen Fall erkennt die BVE mit einer besonderen Hauptspeicher-Adressenkoinzidenzsteuerung. Diese veranlaßt dann die Annullierung der bereits vorbereiteten Befehlsfolge und startet die BVE zu erneutem Befehlsaufruf. Ähnliche Verhältnisse liegen vor, wenn während der Befehlsausführung bestimmte Steuerinformationen geändert werden, die Auswirkungen auf den weiteren Befehls- und Operandenaufruf haben (z. B. Laden eines neuen Programmzustandswortes mit Umschalten des Steuerbit für die dynamische Adreßumsetzung u. ä.). Die zu solchen Befehlen gehörenden Mikroprogramme müssen die BVE-Puffer löschen und den erneuten Befehlsaufruf erzwingen. Man bezeichnet diesen Vorgang als Serialisieren des Befehlsaufrufs. Von Befehlen modifizierte Universalregisterinhalte, die bereits zu vorbereitenden Adressenmodifikationen benutzt wurden, erkennt die BVE in einer Lokalspeicher-Adressenkoinzidenzsteuerung und leitet selbst den erforderlichen Serialisiervorgang ein. Alle bei den ausgeführten Hauptspeicherzugriffen von der BVE erkannten Ausnahmebedingungen (Programmausnahmen und Maschinenfehler) werden nicht unmittelbar, sondern erst zum Zeitpunkt des Verwendens der gelesenen Informationen, gemeldet. Das ist erforderlich, weil bis zum Verwendungszeitpunkt nicht sicher ist, ob die Daten überhaupt benötigt werden, wobei im Nichtverwendungsfalle auch die Ausnahmebedingungen nicht gemeldet werden dürfen. In allen Pufferstufen führt die BVE deshalb auch die zu den gepufferten Befehlen gehörenden Ausnahmebedingungen mit.

## 2.2. Rechenwerk

Innerhalb der zentralen Verarbeitungseinheit repräsentiert das Rechenwerk denjenigen Funktionskomplex, der für die Ausführungsphase der Maschinenbefehle bestimmend ist. Die Aktivitäten des Rechenwerkes gehen weit über die arithmetischen Funktionen hinaus, da jeder Befehl der Befehlsliste der EC 265 mindestens teilweise im Rechenwerk behandelt wird bzw. die Einrichtungen des Rechenwerkes bei seiner Arbeit benutzt. In diese Aktivitäten eingeschlossen ist das Durchschleusen von Informationen zwischen verschiedenen Funktionskomplexen, insbesondere zwischen dem Hauptspeicher und dem Lokalspeicher. Zum Funktionsumfang des Rechenwerkes gehören auch diverse Hilfsfunktionen als Teile von Unterbrechungs-, Bedien- und Diagnoseabläufen sowie das Aktualisieren der Zeitgeber. Hauptfunktion des Rechenwerkes ist jedoch das Ausführen der arithmetischen, logischen, Verschiebe- und Transportbefehle. Funktionen unterscheiden sich viele dieser Befehle nur in der Operandenherkunft sowie den verwendeten Operandenlängen. Das Rechenwerk verarbeitet Operanden aus dem Hauptspeicher, dem Lokalspeicher sowie im Befehl enthaltene Direkt Operanden. Den wesentlichen Operandenformaten entsprechen! dient ein Teil des Rechenwerkes der Parallelverarbeitung von Doppelworten (z. B. lange Gleitkommaoperanden). Mit Zusatz Steuerungen wird dafür gesorgt, daß wortlange Operanden zeit-effektiv in einer Hälfte der Doppelwortverarbeitungsrichtungen behandelt werden können. Ein anderer Teil des Rechenwerkes

ist auf die Verarbeitung von byteorientierten Daten zugeschnitten. Dieser Teil wird insbesondere für das Ausführen von Befehlen der Dezimalarithmetik benutzt. Ein dritter Teil des Rechenwerkes ist ein Hauptspeicheroperandenpuffer, der es gestattet, Hauptspeicherdaten vorbereitend zu lesen, ohne den Zeitpunkt der Datenlieferung schon beim Lesestart berücksichtigen zu müssen. Dadurch können Wartezeiten des Rechenwerkes bei Hauptspeicherzugriffen vermieden werden. In diesen Puffer werden auch die von der BVE vorbereitend gelesenen Operanden eingetragen. Der Operandenpuffer besteht aus zwei doppelwortgroßen Pufferregistern, die die Informationen vom Hauptspeicheradapter übernehmen. Das Rechenwerk wird in seinen wesentlichen Teilen mikroprogrammgesteuert. Besondere Einrichtungen dienen dem Beschleunigen der Punktoperationen Multiplikation und Division. Bei Gleitkommaoperationen werden Exponenten und Mantissen parallel verarbeitet. Die neu eingeführte Möglichkeit des Verarbeitens von Gleitkommazahlen des erweiterten Formats (die Mantisse besteht aus 28 hexadezimalen Zahlen) erfordert bei Nutzung der doppelwortbreiten Verarbeitungswege geeignete Algorithmen, die in Mikroprogrammen realisiert werden. Derartige Operanden belegen je zwei doppelwortgroße Gleitkommaregister und gestatten die Erzielung wesentlich größerer Genauigkeiten als das bisher möglich war.

Für die Operationsgeschwindigkeit der ZE ist ein hoher Durchsatz in der Dualverarbeitung bedeutsam. Das Rechenwerk erreicht diesen hohen Durchsatz nicht zuletzt wegen der Möglichkeit des parallelen Zugriffs zu Lokalspeicheroperanden und zu in den Operandenpuffer transportierten Hauptspeicherdaten. In Tab. 2 sind die Ausführungszeiten einiger typischer arithmetischer Operationen zusammengestellt. Die Schwankungen

Tabelle 2: Ausführungszeiten ausgewählter arithmetischer Operationen

Operationsformat	Operation	Operandenlänge	Ausführungszeit
RR	Addition, Festkomma (dual)	32 Bit	1,0– 1,2 $\mu$ s
RX	Addition, Festkomma (dual)	32 Bit	1,2– 1,4 $\mu$ s
RR	Addition, Gleitkomma	56 Bit	3,0– 3,3 $\mu$ s
RX	Addition, Gleitkomma	56 Bit	3,0– 3,3 $\mu$ s
RR	Addition, Gleitkomma	112 Bit	7,7– 8,0 $\mu$ s
SS	Addition, dezimal	5 + 5 Ziffern	9,0–11,0 $\mu$ s
RX	Multiplikation, Festkomma (dual)	32 Bit	9,2– 9,3 $\mu$ s
RX	Multiplikation, Gleitkomma	56 Bit	9,5–10,0 $\mu$ s
RR	Multiplikation, Gleitkomma	112 Bit	85 $\mu$ s
SS	Multiplikation, dezimal	5 x 5 Ziffern	90 $\mu$ s
RX	Division, Festkomma (dual)	32 Bit	20,0–24,0 $\mu$ s
RX	Division, Gleitkomma	56 Bit	17,5 $\mu$ s
SS	Division, dezimal	11 : 7 Ziffern	80 $\mu$ s

der Operationszeiten sind durch mehr oder minder vollständige Befehlsvorbereitung in der BVE (einschließlich des vorbereitenden Operandenlesens) während der Ausführungsphasen des vorhergehenden Befehls bedingt. In einigen Fällen existieren jedoch auch starke Abhängigkeiten der Befehlszeiten von den jeweils verwendeten Operanden.

### 2.3. Lokalspeicher

Zum Zwischenspeichern von Steuer- und Verarbeitungsdaten enthält die zentrale Verarbeitungseinheit den Lokalspeicher. Dieser auch als Registerspeicher bezeichnete Funktionskomplex umfaßt die Universal- und Gleitkommaregister, die von der BVE und dem Rechenwerk benutzt werden. Darüber hinaus sind im Lokalspeicher auch die neu eingeführten Steuerregister sowie eine Reihe von Hilfsregistern für Steuerzwecke und Zustandsspeicherung untergebracht. Mit dem Speichern von Arbeitsinformationen im Lokalspeicher (z. B. Multiplikandenvielfache bei der Multiplikation) werden Hauptspeicherzugriffe eingespart und die Verarbeitungsabläufe zeiteffektiver gestaltet. Im einzelnen dienen die Register des Lokalspeichers dem Speichern von

- Operanden und Resultaten der Festkomma- und der logischen Befehle
- Basis- und Indexadressen für die Adressenmodifikation
- Operanden und Ergebnissen der Gleitkommabefehle
- Steuerbit und -bitgruppen, die im weitesten Sinne als Ergänzungen zum Programmzustandswort aufzufassen sind
- Zeitgeberwerten
- Arbeits- und Zustandsinformationen für verschiedene Zwecke.

Dementsprechend gehen die Hauptverbindungen des Lokalspeichers zur BVE, dem Rechenwerk sowie zu den Zeitgeber einrichtungen. Der Lokalspeicher ist aus Halbleiterbauelementen aufgebaut und hat eine Kapazität von 320 Byte. Die 16 ein Wort langen Universalregister sind doppelt vorhanden. Diese Lösung ermöglicht den parallelen Zugriff der BVE zu zwei Adreßkomponenten während der Adressenmodifikation oder des Rechenwerks zu den beiden Operanden beim Ausführen von RR-Befehlen. Der Zugriff zum Lokalspeicher kann je Maschinenzyklus einmal erfolgen, gegebenenfalls zu zwei verschiedenen Wortplätzen, das entspricht einer Zykluszeit von 380 ns.

### 2.4. Zeitgeber

Gegenüber den Zeitgebereinrichtungen (auch Uhren genannt) der ZE des ESER I wurden bei den ZE der Reihe II umfangreiche Erweiterungen vorgesehen. Neben dem aus Kompatibilitätsgründen beibehaltenen Intervallzeitgeber wurden bei EC 2655 eine Tageszeituhr und ein ZVE-Zeitgeber eingeführt. Der Tageszeituhr ist ein Tageszeituhr-Vergleicher zugeordnet. Diese entsprechend den neuen Funktionsprinzipien realisierten Zeitgebereinrichtungen arbeiten eng mit dem Rechenwerk dem Lokalspeicher und dem Hauptspeicher zusammen. Die Auswertung der zugeordneten Zeitwerte, repräsentiert von binären Festkommazahlen, kann zu Meß- und Abrechnungszwecken von den System- bzw. Nutzerprogrammen vorgenommen werden.

Der Uhrwert der Tageszeituhr hat eine Länge von 52 Bit und wird in jeder Mikrosekunde um 1 erhöht. Der Wertebereich

etwa 143 Jahren hat keine praktische Bedeutung. Das te Bit des ersten Wortes der Tageszeituhr (Bit 21) schaltet etwa jede Sekunde um. Die Tageszeituhr läuft auch im Stopp-zustand der zentralen Verarbeitungseinheit weiter. In die Tageszeituhr kann mit einem speziellen Befehl ein Anfangswert gesetzt werden, wobei jedoch zum Schutz vor unbeabsichtigten Eingriffen noch eine Taste am Bedienfeld der Bedieneinheit betätigt werden muß.

Der in den Uhr-Vergleicher mittels eines Befehls eingesetzte Wert wird ständig mit dem Wert der Tageszeituhr verglichen. Sind beide Werte gleich, so wird eine Unterbrechungsanforderung gestellt. Bei korrekt eingestellter Tageszeituhr lassen sich damit zu bestimmten Tageszeiten Unterbrechungen des normalen Programmablaufes erzeugen.

Per Uhrwert des ZVE-Zeitgebers ist wie der der Tageszeituhr 52 Bit lang, wird jedoch in jeder Mikrosekunde um 1 vermindert. Ist der Wert des ZVE-Zeitgebers negativ, Bit 0 = 1, entsteht ebenfalls eine Unterbrechungsanforderung. Die Funktion des ZVE-Zeitgebers entspricht der des bekannten Intervallzeitgebers, nur besitzt er ein höheres Auflösungsvermögen. Per Uhrwert des Intervallzeitgebers hat eine Länge von 24 Bit und wird in Abständen von 3,3 ms um 1 vermindert. Er wird auf den Hauptspeicherplätzen 80 bis 83 gespeichert. Der Zyklus des Intervallzeitgebers beträgt rund 15,4 h. Beim Übergang auf einen negativen Uhrwert entsteht eine Unterbrechungsanforderung.

Alle Unterbrechungsanforderungen der Zeitgeber sind mit zugeordneten Steuerbit im Programmzustandswort bzw. im Steuerregister 0 maskierbar, d. h. verhinderbar. Während die Unterbrechungsanforderung des Intervallzeitgebers bei Behandlung zurückgenommen wird, müssen zur Zurücknahme der Unterbrechungsanforderungen des Uhrvergleichers bzw. des ZVE-Zeitgebers programmtechnisch neue Uhr- bzw. Vergleichswerte geladen werden.

Für die Tageszeituhr existiert ein 52stufiger Zähler, während die Werte des ZVE-Zeitgebers und des Uhrvergleichers im Lokalspeicher aufbewahrt werden. Mit einem 20stufigen Zähler werden aus 1-Mikrosekunden-Takten etwa jede Sekunde Anforderungssignale zum Aktualisieren der Tageszeituhr und des

ZVE-Zeitgebers erzeugt. Aktualisiert wird mit Mikroprogrammen. Die 1-Mikrosekunde-Takte werden unabhängig vom Taktsystem der ZE aus einem 8-MHz-Oszillator abgeleitet. Ein 12stufiger Zähler, der ebenfalls mit den 1-Mikrosekunde-Takten versorgt wird, generiert etwa alle 3,3 ms den Auslösetakt zum Aktualisieren des Intervallzeitgebers. Das korrekte Aktualisieren des Intervallzeitgebers nach jeweils 3,3 ms ist deshalb erforderlich, weil unbemerkt von der zentralen Steuerung von einem Programm zum Uhrwert auf dem Hauptspeicherplatz zugegriffen werden kann. Demgegenüber sind die Werte der Tageszeituhr und des ZVE-Zeitgebers nur mit speziellen Befehlen lesbar. Daher reicht ein Aktualisieren im Sekundenabstand aus, da die Befehlsmikroprogramme die genauen Zeitgeberwerte aus dem zuletzt aktualisierten Wert und dem Zählerstand des 20stufigen 1-Mikrosekunde-Takt-Zählers ermitteln können. Trotz des Aktualisierens im Sekundenrhythmus ist auch das exakte Auslösen der Unterbrechungsanforderungen durch den Uhrvergleich und den ZVE-Zeitgeber gewährleistet. Um die Operationszeitüberschreitung zu überwachen, erhält das Fehlermaßnahmesystem von der Zeitgebereinrichtung etwa jede Sekunde einen Steuerimpuls. Dauert die Ausführung eines Befehls unbeabsichtigt länger als maximal zwei Sekunden, so erzeugt das Fehlermaßnahmesystem eine Maschinenfehlermeldung.

## 2.5. Zentrales Steuerwerk

Das zentrale Steuerwerk ist für die interne Organisation der zentralen Verarbeitungseinheit zuständig. In ihm erfolgen die zentrale Steuerung der Programm- und Systemzustände, die Unterbrechungsbehandlung, die Mikroprogrammsteuerung sowie die Anschlußsteuerung für den Matrixmodul und für die über das Direktsteuer-Interface gekoppelte Einheit außerhalb der EC 2655. Entsprechend seiner Aufgaben hat das zentrale Steuerwerk enge Verbindungen zu den meisten anderen Funktionskomplexen.

Außer von den Informationen im Programmzustandswort gehen die Steuerwirkungen vor allem noch von den Steuerregistern im Lokalspeicher aus. Durch das zentrale Steuerwerk,

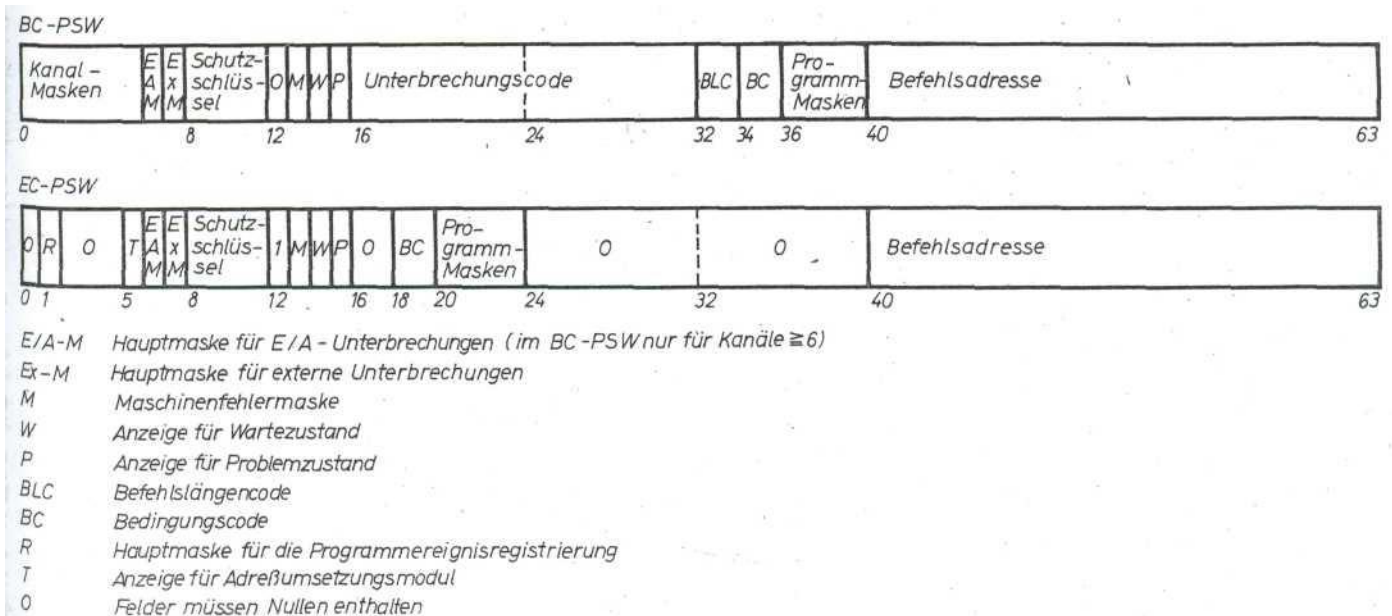


Abb. 2 Formate des Programmzustandswortes

in Verbindung mit geeigneten Mikroprogrammen, wird dafür gesorgt, daß alle betroffenen Funktionskomplexe mit den jeweils aktuellen Steuerinformationen versehen werden. Zur Verwaltung der umfangreichen neuen Funktionen wurden ein zusätzliches Format des Programmzustandswortes sowie die Steuerregister eingeführt. In Abb. 2 (S. 13) sind die beiden jetzt gültigen Formate des Programmzustandswortes dargestellt. Man unterscheidet den Basissteuermodus (BC) vom erweiterten Steuermodus (EC). Nach welchem Format ein aktives Programmzustandswort zu interpretieren ist, wird vom Bit 12 im Programmzustandswort selbst festgelegt. Der BC-Modus entspricht dem Steuermodus der Anlagen des ESER I. Die Steuerregister nehmen weitere Steuerinformationen auf, die nicht im Programmzustandswort enthalten sind. Abb. 3 zeigt die bei der EC 2655 belegten Steuerregister. Die nicht angegebenen Register (es sind maximal 16 möglich) werden von der EC 2655 nicht verwendet. Für das Laden bzw. Speichern der Steuerregister existieren zwei privilegierte Befehle. Beim zentralen Rücksetzen (mit Hauptspeicher-Löschen) der ZE wird automatisch eine Standardanfangsbelegung in den Steuerregistern erzeugt.

Während die Steuerregister nur durch programmtechnische Maßnahmen geladen und damit aktiviert werden können, wird das Programmzustandswort auch bei der internen Unterbrechungsbehandlung ausgetauscht. Zu bemerken ist, daß Teile der Steuerregister auch dann wirksam bleiben, wenn im BC-Modus gearbeitet wird (z. B. das SSM-Unterdrückungs-bit, das Blockmultiplex-Steuerbit und die selektiven Maskenbit für externe Unterbrechungen).

Wesentliche Steuerbit, die in beiden Formaten des Programmzustandswortes enthalten sind, sind das Problemzustandsbit und das Anzeigebit für Warte- bzw. Laufzustand. Während bei eingeschaltetem Problemzustandsbit nur nichtprivilegierte Befehle verarbeitet werden können, laufen im ausgeschalteten

Zustand dieses Bits, im sogenannten Supervisorzustand, auch die privilegierten Befehle. Wird das Warte-bit eingeschaltet, so stoppt die Befehlsverarbeitung. Die zentrale Verarbeitungseinheit reagiert im Wartezustand nur noch auf Unterbrechungen bei deren Behandlung im allgemeinen ein Programmzustandswort mit ausgeschaltetem Warte-bit aktiviert wird. Das Verhalten der zentralen Verarbeitungseinheit wird mit einem zentralen Steuerablauf bestimmt, dessen logischen Fluß Abb. 4 zeigt. Der Unterbrechungsvorgang als Bestandteil der zentralen Steuerschleife ist eine Hauptaufgabe des zentralen Steuerwerkes. Die wesentlichen Phasen für einen Unterbrechungsvorgang sind:

- Entgegennahme der Unterbrechungsanforderungen aus den verschiedenen Funktionskomplexen
- Prüfen der Unterbrechungsanforderung dahingehend, ob **nicht** von gesetztem Maskenbit verhindert bzw. verzögert werden soll, und ob sich die zentrale Verarbeitungseinheit überhaupt in einem unterbrechbaren Zustand befindet
- Berücksichtigen der den Unterbrechungsklassen zugeordneten Prioritäten in der Rangfolge
  - dringende Maschinenfehlerbedingung
  - Supervisor-ruf (SVC-Befehl)
  - Programmausnahme
  - nicht dringende Maschinenfehlerbedingung
  - externe Unterbrechung
  - RESTART<Wiederanlauf>-Unterbrechung
- Unterbrechungsbehandlung mit Wechsel des Programmzustandswortes und damit verbundenem Speichern von unterbrechungsidentifizierenden Informationen (Unterbrechungscode) durch entsprechende Mikroprogramme.

Zu beachten ist, daß bei Unterbrechungen im EC-Modus der Unterbrechungscode nicht im zugeordneten Alt-Programm-

Steuerregister		A		B		C		D		D		
0												
1	Segmenttabelllänge				Segmenttabellanfangsadresse							
2	Kanalmasken zur Steuerung von E/A-Unterbrechungen											
8											Monitor-Masken	
9	PER-Submasken										Masken für Universalregisteränderungsereignisse (PER)	
10					PER-Anfangsadresse für HS-Änderungsereignisse							
11					PER-Endeadresse für HS-Änderungsereignisse							
14	Masken für die Maschinenfehlerbehandlung											
15					Adresse für den erweiterten Maschinenfehler - log out							
	0		8				16				24	

A Blockmultiplex - Steuerbit  
 B Unterdrückungsbit für den Befehl Setze Systemmaske  
 C Information für die dynamische Adreßumsetzung (Segment- und Seitengröße)  
 D Masken für externe Unterbrechungen

Abb. 3 Steuerregisterbelegung

gen sowie das Anfangsprogramm (IPL). Für die Kommunikation der ZE mit einer externen Einheit, z. B. einer zweiten ZE; dienen zwei Befehle, die ein direktes Lesen bzw. Schreiben je eines Informationsbytes ermöglichen. Zusätzlich werden externe Unterbrechungssignale ausgetauscht. Das zentrale Steuerwerk führt die dazu notwendigen Funktionen aus und realisiert die Logik dieses Direktsteuer-Interfaces.

## 2.6. Mikroprogrammspeicher

Im Mikroprogrammspeicher sind alle Mikroprogramme der Befehls- und Steuerfunktionen innerhalb der zentralen Verarbeitungseinheit untergebracht. Die Kapazität dieses Nur-Lese-Speichers beträgt 8 K Mikrobefehle. Jeder Mikrobefehl hat eine Länge von 64 Informations- und 2 Prüfbit. Etwa die Hälfte der Gesamtkapazität des Mikroprogrammspeichers nehmen Testmikroprogramme ein. Dabei ist der Mikroprogrammspeicher so aufgebaut, daß bei einem Zugriff jeweils ein Doppelmikrobefehl von 132 Bit Länge aufgerufen wird. Zur Adressierung reichen deshalb 12 Bit aus. Ausgeführt wird jedoch immer nur eine Hälfte des Doppelmikrobefehls. Der auf dem Transformatorprinzip beruhende Speicher ist in 16 Blöcken (Zuordnern) zu jeweils 256 Doppelmikrobefehlen strukturiert. Seine Zykluszeit beträgt 380 ns, seine Zugriffszeit 140 ns. Neben dem Nur-Lese-Speicher existiert ein ladbarer Zusatz, der 32 Mikrobefehle bzw. beliebige Daten im Umfang von 256 Byte aufnehmen kann. Der ladbare Zusatz dient den Testmikroprogrammen insbesondere zur Aufnahme von Testdaten.

## 2.7. Bedieneinheitsadapter

In diesem Funktionskomplex ist die Anschlußlogik für die in der zentralen Verarbeitungseinheit auszuführenden Teile der Bedien- und Anzeigefunktionen enthalten. Die Hauptverbindungen des Bedieneinheitsadapters verlaufen zum Fehlermaßnahmesystem und über ein Spezialinterface zur Bedieneinheit.

Die Informationsübertragung über das Spezialinterface erfolgt bitseriell auf je einem Signalweg in 16-Bit-Vektoren einwärts und 12-Bit-Vektoren auswärts. Hinzu kommen einige Begleitsignale. Zum Funktionsumfang des Adapters gehören

- das Übertragen von Daten-, Adreß- und Steuersignalen einwärts zum Vermitteln von Ordnern der Bedieneinheit.
- das Übertragen von wichtigen ZE-Signalen auswärts zum Gewährleisten einer aktuellen Anzeige derselben auf der Bedieneinheit.
- das Ausführen bestimmter Rücksetzfunktionen nach dem Einschalten der Stromversorgung.

Der Adapter arbeitet auch im Stopp-Zustand der ZE.

## 2.8. Fehlermaßnahmesystem

Das Fehlermaßnahmesystem umfaßt alle Einrichtungen und Funktionen, die dem Erkennen und Behandeln von Maschinenfehlern dienen. Darüber hinaus ist es an einigen Funktionen und Abläufen, die die Kommunikation zwischen ZE und Bedieneinheit betreffen, beteiligt. Seinen Aufgaben gemäß ist das Fehlermaßnahmesystem mit den meisten anderen Funktions-

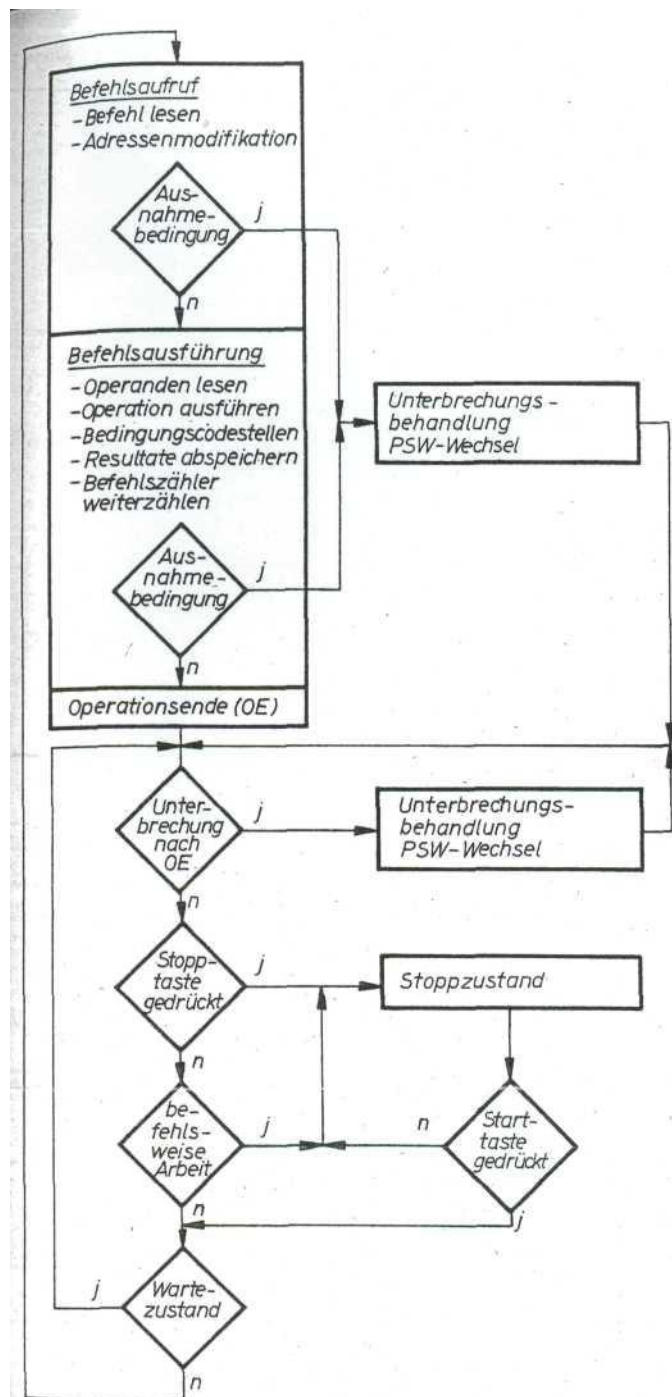


Abb. 4 Zentraler Steuerablauf

zustandswort, sondern auf gesonderten Hauptspeicherplätzen gespeichert wird (Abb. 5, Seite 16).

Das zum zentralen Steuerwerk gehörende Mikroprogrammsteuerwerk ermöglicht den zentralen Steuerablauf auf dem Niveau der Mikrobefehle. Zu seinen Hauptaufgaben gehört daher das Adressenerzeugen für den Mikroprogrammspeicher. Insbesondere führen Unterbrechungsbedingungen zum Erzeugen von Festadressen, an denen die Behandlungsmikroprogramme beginnen. Mit einer speziellen Adressenkellertechnik ist auch auf dem Mikroprogramm-niveau die Arbeit mit Unterprogrammen möglich. Die Anweisungen in den einzelnen Mikrobefehlen eines Mikroprogrammes steuern die internen Abläufe in der zentralen Verarbeitungseinheit. Dazu gehören auch solche Abläufe wie das dynamische Rücksetzen mit Einstellung von Anfangswerten in den internen Steuereinrichtun-

Adresse															
hex.	dez.														
0	0	IPL-PSW; Restart-Neu-PSW													
8	8	IPL-CCW1; Restart-Alt-PSW													
10	16	IPL-CCW2													
18	24	externe Unterbrechung Alt-PSW													
20	32	SVC-Unterbrechung Alt-PSW													
28	40	Programm-Ausnahme-Unterbrechung Alt-PSW													
30	48	Maschinenfehler-Unterbrechung Alt-PSW													
38	56	E/A-Unterbrechung Alt-PSW													
40	64	Kanalstatuswort (CSW)													
48	72	Kanaladressewort (CAW)						unbenutzt							
50	80	Intervallzeitgeberwort						unbenutzt							
58	88	externe Unterbrechung Neu-PSW													
60	96	SVC-Unterbrechung Neu-PSW													
68	104	Programm-Ausnahme-Unterbrechung Neu-PSW													
70	112	Maschinenfehler-Unterbrechung Neu-PSW													
78	120	E/A-Unterbrechung Neu-PSW													
80	128	unbenutzt						0		Unterbrechungs-Code für externe Unterbrechung					
88	136	0		BLC 0		Unterbrechungs-Code für SVC-Unterbrechung				0		BLC 0		Unterbrechungs-Code für Programm-Ausnahme-Unterbr	
90	144	0		Umsetzungsausnahmedresse						0		Monitor-Klasse		PER-Code 0	
98	152	0		PER-Adresse						0		Monitor-Code			
A0	160	unbenutzt													
A8	168	Kanalerkennungsinformation						Adresse für erweiterten Kanal -log out							
B0	176	begrenzter Kanal -log out						unbenutzt							
B8	184	unbenutzt		0		Unterbrechungs-Code für E/A-Unterbrechung				unbenutzt					

BLC Befehlslängeencode  
 CCW Kanalkommandowort

Abb. 5 Belegung der unteren Hauptspeicherplätze



komplexen direkt verbunden, der Hauptspeicher ist jedoch nur über den Hauptspeicher-Adapter erreichbar. Das Fehlermaßnahmesystem enthält Mittel zur sogenannten on-line-Fehlererkennung. Dazu gehören z. B. Prüfbitkontroll-schaltungen, mit denen die Arbeit bestimmter Anlagenteile überwacht werden kann. Neben den Mitteln dieser Echtzeit-Fehlerüberwachung steht ein umfangreicher Komplex von Testmikroprogrammen zur Verfügung. Diese Testmikroprogramme werden bei laufendem Nutzerbetrieb nach einem bestimmten Algorithmus zyklisch verarbeitet. Dabei werden die Warte-Zustandszeiten der ZE genutzt, so daß keine Nutzerarbeitszeit verlorenght. Bei erkannten Fehlerzuständen, bzw. zur Kontrolle und Anzeige von ZE-internen Signalen, benutzt das Fehlermaßnahmesystem zur Informationsbeschaffung einen speziellen Auswahlschaltungskomplex. Die Auswahl ist pyramidenförmig gestaffelt und erlaubt, durch Anlegen geeigneter Adressen, eine Vielzahl von Signalen zu beobachten und zu protokollieren. Bei erkannten Maschinenfehlern kann das Maßnahmesystem während der Ausnahmebehandlung umfangreiche Informationen über den Anlagenzustand zum Zeitpunkt des Fehlers bereitstellen. Benutzt wird dabei auch die Möglichkeit der Taktausblendung, um Fehlerzustände bis zu ihrer Protokollierung einzufrieren. Dafür wurde der Hauptspeicherbereich 216—511 vereinbart, in welchem auf den Plätzen 232—239 auch ein spezieller Unterbrechungscode gespeichert wird. In den Steuerregistern 14 und 15 können Steuerinformationen zur Beeinflussung der Fehlerbehandlungsabläufe untergebracht werden.

Viele Befehlsmikroprogramme besitzen die Möglichkeit, nach erkannten Fehlerbedingungen eine Ablaufwiederholung anzufordern. Das Fehlermaßnahmesystem unterstützt die Ablaufwiederholung und leitet erst nach einer bestimmten Anzahl erfolgloser Versuche weitere Maßnahmen ein. Mit einem solchen Verfahren lassen sich insbesondere flüchtige Fehler, die zeitlich begrenzt auftreten, bekämpfen. Mit Hilfe von Zeitgebersignalen überwacht das Maßnahmesystem die Ausführungszeiten der Befehle. Wird während der laufenden Befehlsverarbeitung nicht innerhalb von zwei Sekunden ein Operationsende erkannt, so kommt es zu einer Fehlermeldung. Für besondere Zwecke (z. B. Matrixmodularbeit) läßt sich die Operationszeitüberwachung ausschalten. Ein besonderes Hilfsmittel für die systemunabhängigen Prüfprogramme ist der Diagnosebefehl. Mit seiner Hilfe können bestimmte Dienstmikroprogramme, aber auch beliebige Teilstücke der bestehenden Befehlsmikroprogramme, ausgeführt und die erzielten Resultate kontrolliert werden. Das Fehlermaßnahmesystem der zentralen Verarbeitungseinheit wird ergänzt mit dem Kanalprüfgerät, dem Speicherprüfgerät sowie Einrichtungen zur Überwachung der Stromversorgung und der auftretenden Temperaturen. Im Matrixmodul wird eine für größere Schaltungskomplexe besonders effektive Diagnoseeinrichtung installiert.