

Die Zentraleinheit EC 2655

Wolfgang
Lampenscherf
VEB Kombinat
Robotron

Teil 2

3. Hauptspeicher

Gegenüber dem Hauptspeicher der EC 1040 wurden bei der Konzeption des Hauptspeichers der EC 1055 neue Wege beschritten. Hauptziele waren die Vergrößerung der Kapazität, der Einsatz moderner Halbleiterschaltkreise als Speichermedium, verbesserte Fehlererkennungs- und Korrekturmöglichkeiten sowie die Verwirklichung des virtuellen Speicher-

prinzips. Bewährte Konstruktionsmerkmale und Steuerungsprinzipien, wie z. B. der modulare Aufbau und die damit verbundene Möglichkeit zu überlappenden Speicherzugriffen, wurden beibehalten. Alle Hauptspeicherzugriffe der ZVE und der Kanäle werden vom Hauptspeicheradapter vermittelt. Die Maximalkapazität des Hauptspeichers beträgt 2 M Byte im normalen Speicherbereich und 64 K Byte im Zusatzbereich (Der Zusatzbereich des Speichers dient der Aufzeichnung der Subkanalworte.) Ein solcher Speicher ist in zwei identisch aufgebauten Speicherschranken untergebracht. Ein Speicherschrank

enthält demzufolge 1 M Byte im normalen Speicherbereich und 32 K Byte im Zusatzteil. Auf Sonderwunsch kann auch eine 512-K-Byte-Variante mit einem Zusatzbereich von 16 K Byte geliefert werden.

Die Gesamtkapazität jedes Hauptspeicherschrankes ist aus vier 256-K-Byte-Modulen zusammengesetzt. Ein Modul enthält 36 Speicher-Doppelsteckeinheiten. Die Kapazität jeder Doppelsteckeinheit beträgt 32 K x 2 Bit im Normalbereich und 1 K x 2 Bit im Zusatzbereich, womit sich die Aufrufbreite des Normalbereiches je Modul zu $36 \times 2 \text{ Bit} = 8 \text{ Byte}$ plus 8 Prüfbits ergibt (Abb. 6). Jede Doppelsteckeinheit ist mit 66 Halbleiterspeicherelementen bestückt. Es werden die dynamischen 1-K-Bit-MOS-Speicherschaltkreise vom Typ U 253 verwendet. Der Speicherschaltkreis verwendet als Grundelement für das Speichern eines Bits eine 3-Transistor-Zelle, in der die gespeicherte Information vom Ladungszustand einer Kapazität repräsentiert wird. Da die beim Beschreiben des Speichers auf geladene Kapazität im Laufe der Zeit ihre Ladung wieder verliert, muß in bestimmten Zeitabständen der Ladungszustand erneuert werden. Zu diesem Zweck werden in den normalen Arbeitsablauf periodisch sogenannte Regenerierzyklen eingeschoben. Aus der Verwendung dieser Halbleiterspeicherelemente resultiert auch, daß der Speicher bei Abschaltungen der Stromversorgung seinen Informationsinhalt verliert. Da die 1024 Speicherzellen eines Speicherschaltkreises in 32 Zeilen und 32 Spalten angeordnet sind, erfolgt die Auswahl einer Zelle durch Anlegen von 5 Zeilen- und 5 Spalten-Adreßbit. Diese 10 stellige Adresse heißt auch Chip-Adresse. Zur zeilenweisen Regenerierung der 1024 Speicherzellen eines Schaltkreises sind 32 Regenerierzyklen erforderlich. Zu jedem der beiden Speicherschränke gehört eine Speicherprüfeinrichtung, die das Prüfen von Speichermodulen und die Fehlersuche in defekten Speicherteilen ermöglicht. An die Speicherprüfeinrichtung lassen sich für Tests die Module 0 bis 3 einzeln oder auch gemeinsam anschließen.

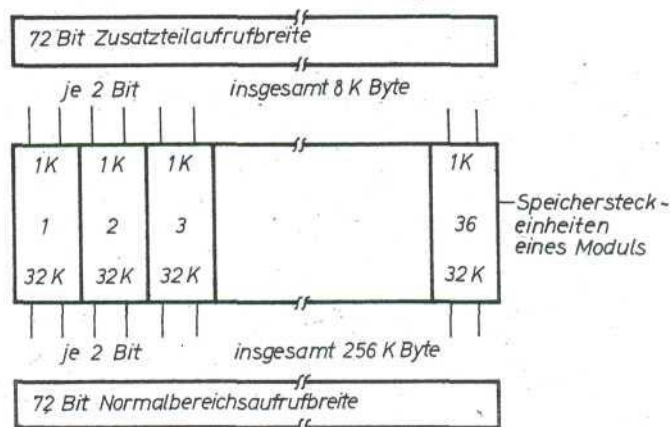


Abb. 6 Kapazität und Aufrufbreite eines Hauptspeichermoduls

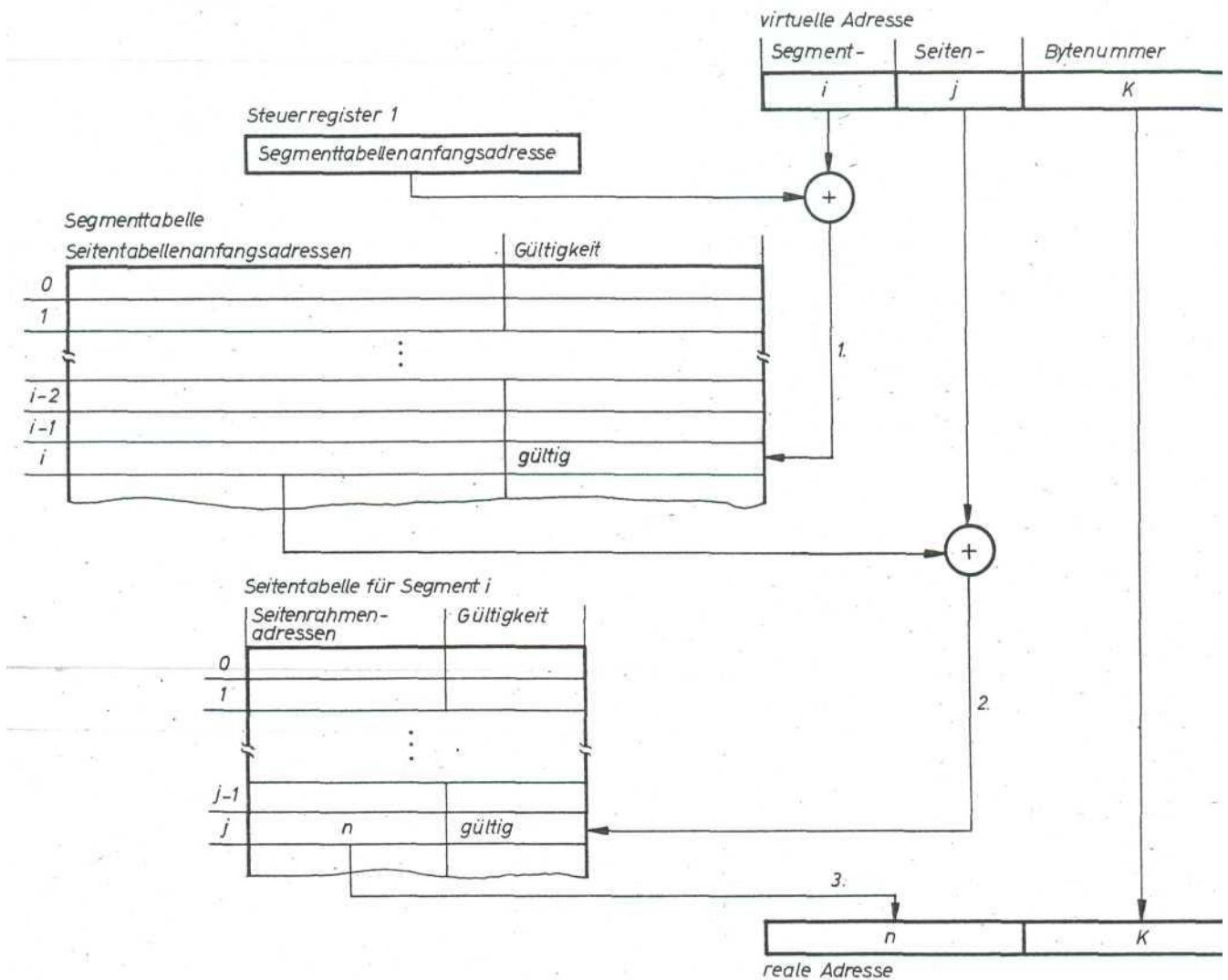


Abb. 13 Explizite Adreßumsetzung

sowie die zugehörigen Seitenrahmenadressen. Bei Aufruf einer virtuellen Adresse wird zunächst im Umsetzpuffer nachgesehen, ob die Segment- und Seitennummer enthalten ist. Ist das der Fall, kann dem Puffer die Seitenrahmenadresse entnommen werden. Auf diesem Weg tritt kein Verzögern bei Hauptspeicherzugriffen ein. Nur wenn der Puffer die erforderliche Adreßumsetzung nicht liefern kann, muß das explizite Umsetzen in der beschriebenen Weise ausgeführt werden. Nach erfolgreichem expliziten Umsetzen werden Teile der Segment- und Seitennummer sowie Seitenrahmenadresse in den Puffer übernommen und ermöglichen das verzögerungslose Umsetzen nachfolgender Zugriffe zum gleichen Seitenrahmen. Der Umsetzpuffer der EC 1055 kann 64 derartige Eintragungen enthalten und erlaubt damit beim Verwenden von 2 K Byte großen Seiten das Adressieren eines Hauptspeicherbereiches von 128 K Byte. Dieser Umsetzpuffer (Abb. 14) besteht aus 2 Teilen, die jeweils 32 Umsetzeintragungen enthalten können. Mit den zwei niedrigsten Bit der Segmentnummer und den drei niedrigsten Bit der Seitennummer einer virtuellen Adresse wird eine fünf Bit große Adresse gebildet, mit der beide Hälften des Puffers adressiert werden. Dadurch wird gleichzeitig aus jeder Pufferhälfte ein 8 Bit langer Adreßteil ausgelesen, der den nicht zur Pufferadressierung benutzten 8 Bit der virtuellen Adresse (von der

Bytenummer abgesehen) entspricht. Durch parallelen Vergleich dieser beiden ausgelesenen Adreßteile mit dem entsprechenden Teil der angebotenen virtuellen Adresse, wird festgestellt, ob die benötigte Seitenrahmenadresse im Puffer enthalten ist. Stimmt der ausgewählte Adreßteil der virtuell Adresse mit einem der beiden ausgelesenen Adreßteile überein, so ist die in dieser Puffereintragung enthaltene Seitenrahmenadresse gültig und kann in Verbindung mit der Byte nummer der virtuellen Adresse zum Adressieren des Hauptspeichers benutzt werden. Wird keine Übereinstimmung festgestellt, so muß explizit umgesetzt werden. Nach erfolgreichem expliziten Umsetzen wird die ermittelte Seitenrahmenadresse gemeinsam mit dem entsprechenden 8 Bit langen Adreßteil der virtuellen Adresse in genau die Zeile des Puffers eingetragen, die mit der erwähnten 5-Bit-Adresse adressiert ist. Um entscheiden zu können, in welche Hälfte die Eintragung zu erfolgen hat, enthält jede Puffereintragung ein Alterungsbit. Die beiden bei der Adressierung des Puffers mit ausgelesenen Alterungsbit sind stets ungleich und kennzeichnen die Eintragung, die von beiden am längsten nicht für Umsetzungen benutzt wurde. Im Bedarfsfälle wird diese dann überschrieben. Eine Besonderheit des Umsetzpuffers der EC 1055 besteht darin, daß er Umsetzeintragungen von drei verschiedenen

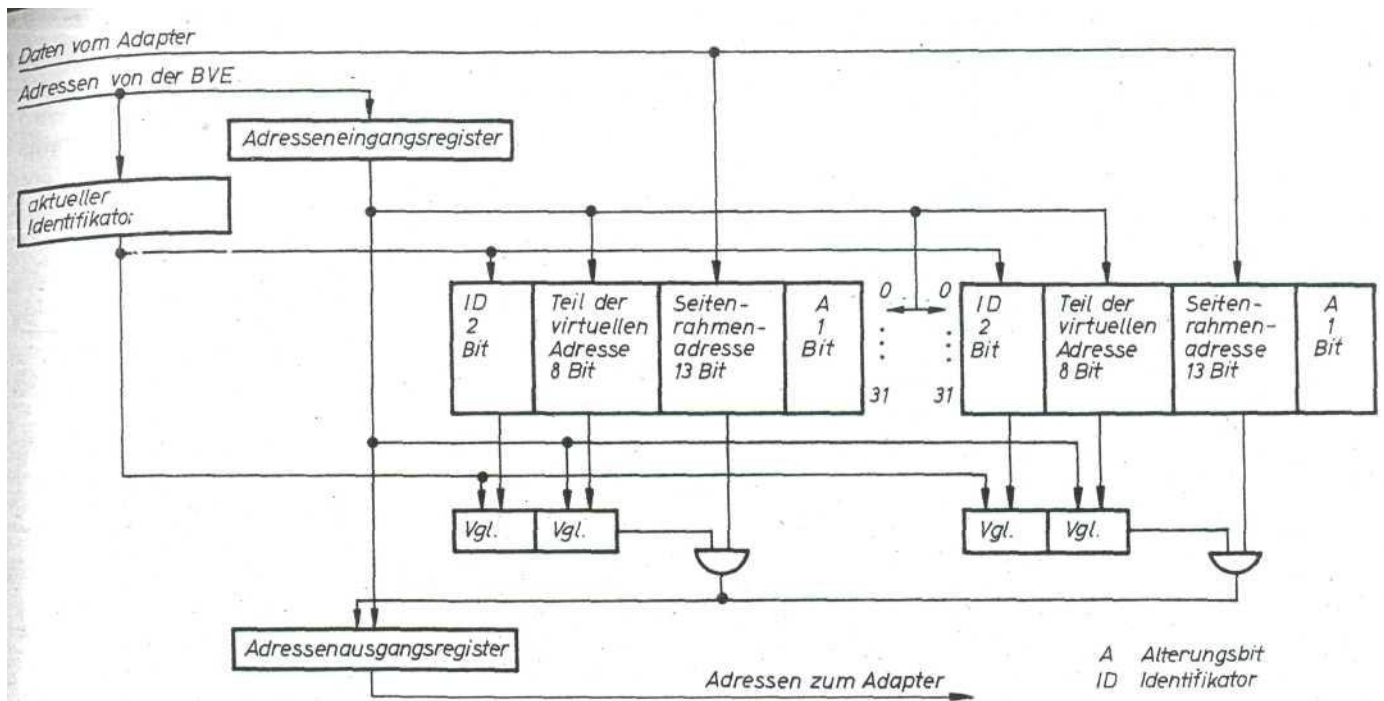


Abb. 14 Adreßumsetzpuffer

virtuellen Adreßräumen enthalten kann. Diese Möglichkeit wird dann genutzt, wenn während der Systemarbeit durch Neuladen der Steuerregister 0 und 1 ein neuer Umsetztabelleinsatz und damit ein neuer virtueller Adreßraum eingeführt wird. Mit dem Befehl *Laden Steuerregister* können die Informationen, die die Adreßumsetzung spezifizieren (Segmenttabellestartadresse und die Formatdefinition), auf die festgelegten Positionen in den Steuerregistern 0 und 1 und in die entsprechenden Register der Adreßumsetzeinrichtung transportiert werden. Außerdem existieren drei interne Register, die jeweils für einen spezifizierten virtuellen Adreßraum die genannten Informationen aufnehmen können. Zur Unterscheidung ist jeder Eintragung ein 2 Bit großer Identifikator zugeordnet. Ein solcher Identifikator ist auch in jeder Eintragung des Puffers enthalten und wird beim Lesen des Puffers mit dem jeweils aktuellen Identifikator verglichen. Eine Puffereintragung ist nur dann gültig, wenn auch der * Identifikatorvergleich positiv ist. Während der Arbeit mit einer bestimmten Belegung der Steuerregister 0 und 1 werden die Eintragungen in den Puffer mit dem gültigen Identifikator markiert. Beim Neuladen der Steuerregister 0 und 1 werden zunächst die drei internen Register geprüft, ob die neue Umsetzinformation mit einer der drei zuletzt benutzten übereinstimmt. In diesem Fall braucht nur der frühere Identifikator reaktiviert zu werden und die Information erneut in die Umsetzeinrichtung transportiert zu werden. Mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit werden für den reaktivierten Identifikator noch gültige Eintragungen im Puffer gefunden, so daß dafür keine erneuten expliziten Umsetzungen erforderlich sind.

Wird beim Einführen eines neuen Adreßraumes gefunden, daß dieser nicht zu den drei zuletzt benutzten gehört, so wird das Register mit der ältesten Adreßrauminformation überschrieben. Die neue Eintragung erhält den Identifikator der überschriebenen Information. Zusätzlich müssen alle Eintragungen mit diesem Identifikator im Puffer gelöscht werden. Das beschriebene Verfahren ist allerdings nur dann wirksam.

wenn nach dem Neuladen der Steuerregister 0 und 1 kein Befehl *Löschen TLB* ausgeführt wird, da dieser Befehl den gesamten Umsetzpuffer löscht. Der Umsetzpuffer ist wie der Schlüssel Speicher aus 16 x 4 Bit RAM-Elementen aufgebaut. Der Adreßumsetzungsvorgang ist nur im erweiterten Steuermodus (EC-PSW) bei eingeschaltetem Umsetzsteuerbit möglich. Prinzipiell nicht umgesetzt werden Adressen der Kanäle sowie die bei internen Steuerabläufen der ZE verwendeten Adressen von fest zugeordneten Plätzen im unteren Hauptspeicherbereich. Zum Komplex der Adreßumsetzeinrichtung gehört auch die Hardware zur Hauptspeicherüberwachung der Programmereignisregistrierung (PER). Es handelt sich um Register und Vergleicher, mit deren Hilfe geprüft wird, ob eine virtuelle Adress in den zu überwachenden Hauptspeicherbereich fällt. Tritt dieser Fall ein, so sendet die PER-Einrichtung ein Signal an die zentrale Steuerung, von der die weitere Behandlung übernommen wird.

5. Neue Funktionen

Gemäß den Operationsprinzipien des ESER II werden bei EC 2655 einige neue Befehle und Funktionen eingeführt, von denen im folgenden der Befehl *Monitorruff*, die *Restart-Unterbrechung*, die *Programmereignisüberwachung* und die *Emulationseinrichtung* für die Emulation des DOS/ES vorgestellt werden sollen.

5.1. Monitorruff

Der Befehl *Monitorruff* (Mnemonic MC. Code AF) gehört zu den nicht privilegierten Befehlen des SI-Befehlsformates. Mit seiner Hilfe lassen sich während des Verarbeitens von Programmen gezielt Unterbrechungen verursachen, die zur Beobachtung des Programmablaufs sowie zur Gewinnung von Informationen über den Stand der Programmverarbeitung genutzt werden können. Voraussetzung dafür ist die Existenz

eines Monitorprogrammes, welches durch die vom Monitorruffbefehl ausgelösten Unterbrechungen aktiviert wird und die erforderlichen Überwachungsfunktionen realisiert. In der 2. Tetrade des Direktoperandenfeldes kann im MC-Befehl eine von 16 Monitorklassen codiert werden. Im 2. Halbwort des Steuerregisters 8 sind die diesen Monitorklassen entsprechenden Maskenbit angegeben. Bei der Ausführung des MC-Befehls wird nur dann eine Monitorruff-Unterbrechung eingeleitet, wenn das, der vom Befehl spezifizierten Monitorklasse zugeordnete Maskenbit eingeschaltet ist. Durch die Maskenbit im Steuerregister 8 kann somit eine Auswahl unter den Monitorbefehlen getroffen werden, die bei der Ausführung des Programms unterbrechend wirken sollen. Insbesondere kann mit Löschen des Steuerregisters 8 jede Monitorruff-Unterbrechung verhindert werden, ohne daß die MC-Befehle aus dem Programm entfernt werden müssen. Sie wirken in diesem Falle wie *keine Operation*. Ist das der Monitorklasse im MC-Befehl zugeordnete Maskenbit eingeschaltet, so wird eine Programmausnahme-Unterbrechung eingeleitet. Bei der Behandlung dieser Unterbrechung wird der Unterbrechungscode X '0040' im Alt-PSW oder im EC-Modus auf den Plätzen 142—143 gespeichert. Zusätzlich wird die im Befehl angegebene Monitorklasse auf dem Hauptspeicherplatz 149 und der nach der normalen Adreßarithmetik ((BI) + D ohne dynamische Adreßumsetzung) berechnete Monitorcode auf den Hauptspeicherplätzen 157—159 bereitgestellt. Das nach dem PSW-Wechsel aktivierte Monitorprogramm kann mit Hilfe dieser Informationen den zugeordneten Monitorruff-Befehl ermitteln und die geforderten Programmlaufinformationen zusammenstellen.

5.2. Restart

Durch die Ausführung einer speziellen Bedienfunktion läßt sich bei EC 2655 eine neuartige Unterbrechung auslösen. Dieser als *Restart- (Wiederanlauf-) Unterbrechung* bezeichnete Eingriff ist mit der bekannten Unterbrechung durch Betätigung der externen Unterbrechungstaste vergleichbar, weist jedoch zwei Besonderheiten auf. Die erste Besonderheit besteht in ihrer Nichtmaskierbarkeit. Damit ist gewährleistet, daß die Restart-Unterbrechung unbedingt und unabhängig von den jeweiligen Betriebssystemaktivitäten erfolgt. Nach dem Abschluß des laufenden Befehls wird demzufolge bei Fehlen weiterer Unterbrechungsbedingungen (die Restart-Unterbrechung hat bei laufender Maschine die niedrigste Priorität) der Restart-PSW-Wechsel ausgeführt. Die Hauptspeicherplätze 8 bis 15 nehmen das steuernde PSW als Restart-Alt-PSW auf, während das Restart-Neu-PSW von den Hauptspeicherplätzen 0—7 geholt und als steuerndes PSW aktiviert wird. Ein Unterbrechungscode wird dabei nicht gespeichert. Die zweite Besonderheit der Restart-Unterbrechung besteht darin, daß sie auch im Stopp-Zustand der ZE ausgelöst werden kann. In diesem Fall besitzt sie die höchste Priorität, da alle anderen Unterbrechungsbedingungen im Stopp-Zustand nicht wirksam werden können. Für die Unterbrechungsbehandlung existiert kein Unterschied, ob die Restart-Funktion im Lauf- oder im Stopp-Zustand der Maschine eingeleitet wurde. Der Übergang vom Stopp- in den Lauf-Zustand kann daher entweder mit Drücken der Start-Taste oder Auslösen einer Restart-Unterbrechung vollzogen werden.

5.3. Programmereignis-Registrierung (PER)

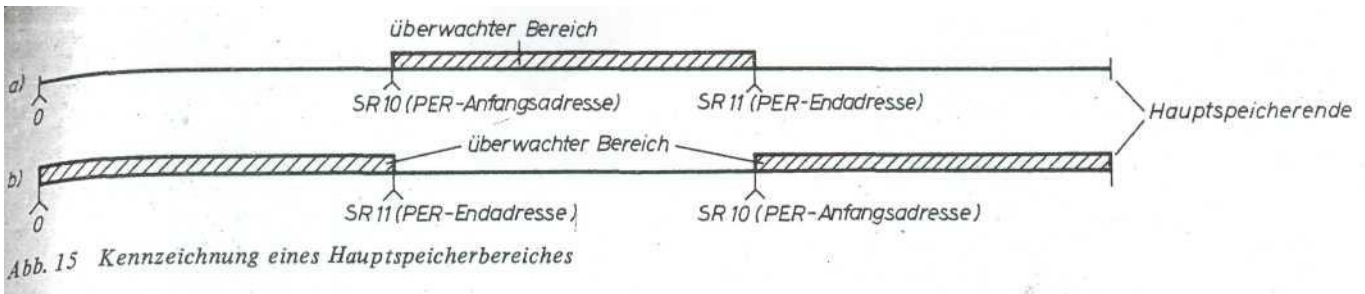
Der Zweck dieser bei den Modellen des ESER II neu eingeführten Einrichtung ist die Unterstützung der Programmtests durch die Meldung bestimmter, im Programm aufgetretener Ereignisse. Folgende Ereignisse sind registrierbar:

- die erfolgreiche Ausführung eines Sprungbefehls,
- der Aufruf eines Befehls aus einem gekennzeichneten Haupt Speicherbereich,
- die Änderung des Inhalts eines Hauptspeicherplatzes, innerhalb eines gekennzeichneten Hauptspeicherbereiches,
- die Änderung des Inhalts von gekennzeichneten Universal registern.

Das Verwenden der PER-Einrichtung ist an den erweiterten Steuermodus (EC) gebunden. Das EC-PSW enthält in der Bit Position 1 die PER-Hauptmaske. Bei ausgeschalteter Hauptmaske ist die PER-Einrichtung unwirksam. Eine Auswahl unter den vier registrierbaren Ereignisklassen kann durch Setzen von vier zugeordneten Submaskenbit im Steuerregister 9 getroffen werden. Falls die Änderung von Universalregister-Inhalten registriert werden soll, sind die zu überwachenden Register durch Einschalten weiterer Maskenbit zu markieren. Diese Maskenbit sind im 2. Halbwort des Steuerregisters 9 untergebracht und erlauben die Auswahl maximal aller 16 Register. Damit ein Universalregisteränderungsereignis auftreten kann, müssen demzufolge drei Maskenbit eingeschaltet sein, die PER-Hauptmaske im PSW, die Submaske im Steuerregister 9, die den Universalregister-Änderungsereignissen zugeordnet ist, und das Maskenbit im Steuerregister 9, mit welchem das zu überwachende Universalregister ausgewählt wird.

Ein Schreibvorgang in das Universalregister führt in diesem Fall nach Abschluß des Befehls zu einer Programmausnahme wegen einer PER-Unterbrechungsbedingung. Das Ausschalten der PER-Überwachung sollte in jedem Fall durch die Hauptmaske im PSW erfolgen, da sonst Operationszeitverlängerungen auftreten können, auch für den Fall, daß keine PER-Unterbrechung zustande kommt. Diese Aussage gilt für alle Programmereignisse und folgt daraus, daß bei eingeschalteter Hauptmaske intern PER-Bedingungen auftreten können, die erst mit der mikroprogrammtechnischen Untersuchung der weiteren Masken als nicht zu behandelnde Bedingungen identifiziert und verworfen werden müssen. Die Markierung eines bestimmten Hauptspeicher-Bereiches erfolgt durch die Belegung der Steuerregister 10 und 11. Im Steuerregister 10 ist die Anfangsadresse und im Steuerregister 11 die Endadresse eines zu überwachenden Hauptspeicherbereiches anzugeben. Entsprechend der Größen der angegebenen Adressen ergeben sich damit zwei Möglichkeiten zur Kennzeichnung eines Hauptspeicherbereiches (Abb. 15). Die Überwachung der Schreibzugriffe zu diesem Hauptspeicherbereich erfolgt jedoch nur dann, wenn sie durch Programmbefehle ausgelöst werden. Nicht überwacht werden Schreibzugriffe zu diesem Bereich, die von Kanalkommandos oder zentraleinheitsinternen Abläufen (z.B. Zugriffe auf festgelegte Hauptspeicherplätze bei Unterbrechungsbehandlungen) angefordert wurden.

Bei der Ermittlung von Befehlslese- oder Hauptspeicher-Änderungsereignissen werden immer logische Adressen zum Vergleich herangezogen. Ohne Benutzung der dynamischen Adreß



Umsetzung sind logische = reale Adressen. Da die zu überwachenden Hauptspeicherbereiche bytegenau angegeben werden können, müssen immer alle 24 Adressenbit zum Vergleich herangezogen werden.

Alle während des Ausführens eines Befehls registrierten Ereignisse werden nach Operationsende während der Behandlung der PER-Unterbrechung in einem Ereigniscode auf dem Hauptspeicherplatz 150 angegeben. Die Adresse des verursachenden Befehls wird auf den Hauptspeicherplätzen 153 bis 155 gespeichert.

Wird bei der Befehlsausführung noch eine weitere Programmausnahme erkannt, so repräsentiert der Ereigniscode alle bis zum Zeitpunkt des Erkennens dieser Ausnahmebedingung aufgetretenen Programmereignisse. Der PER-Unterbrechungscode einer ausschließlichen PER-Unterbrechung X '0080' und wird auf den Hauptspeicherplätzen 142 und 143 abgelegt. Der Befehlslängecode ist in diesem Fall nicht von Bedeutung. Werden Programmereignisse gemeinsam mit einer anderen Programmausnahme angezeigt, so stellt der gespeicherte Unterbrechungscode die Disjunktion des regulären Programmausnahme-Unterbrechungscode und des PER-Unterbrechungscode dar.

Programmereignisse, die der von einem EXECUTE-Befehl aufgerufene Substitutionsbefehl hervorruft, führen zum Speichern des zugehörigen Ereigniscode und der Adresse des EXECUTE-Befehls.

Für das Verwenden der PER-Einrichtung existieren bei der Arbeit im Emulationszustand (LEX-Modus) gewisse Einschränkungen. Die Ereignisse *Befehlslesen* und *Hauptspeicheränderung* sind nicht mehr registrierbar. Die Ursache dafür liegt im Verwenden der PER-Hauptspeicherüberwachungseinrichtung für den DOS/ES-Bereich. Die Anfangsadresse des zu kontrollierenden Hauptspeicherbereiches wird dabei an das Ende des DOS/ES-Bereiches gelegt, die Endadresse dagegen an dessen Anfang. Damit ist gesichert, daß Adreßüberschreitungen aus dem DOS/ES-Bereich registriert werden können. Allerdings ent-

steht in diesem Fall keine PER-Meldung, sondern es wird für das DOS/ES eine Adressierungsausnahme signalisiert. Eine weitere Besonderheit betrifft die Meldung von Programmereignissen im Emulationszustand.

Programmereignisse werden im Emulationszustand nur in Verbindung mit anderen Unterbrechungsbedingungen gemeldet. Ein Programmereignis kann allein keine Unterbrechung auslösen. Es wird das erste auftretende Programmereignis registriert (einschließlich der Befehlsadresse), aber erst gemeinsam mit der nächsten Unterbrechung behandelt.

5.4. Emulation des DOS/ES

Obwohl das Modell EC 1055 auch mit Betriebssystemen des ESER I (einschließlich des DOS/ES) betrieben werden kann, ist als Hauptbetriebssystem eine moderne Version des OS/ES anzusehen, mit welchem auch die neuen Funktionen der Gerätetechnik, wie z. B. die Arbeit mit dem virtuellen Speicher, genutzt werden können. Programme, die für OS/ES des ESER I geschrieben wurden, können auch unter einem solcher moderneren OS/ES der Reihe II verarbeitet werden. Programme, die für die Arbeit unter DOS/ES geschrieben wurden können jedoch nicht mit Hilfe des OS/ES ausgeführt werden. Für viele Nutzer, die bisher mit dem DOS/ES gearbeitet haben entsteht deshalb das Problem des Überganges zum OS/ES. Grundsätzlich ist das Umprogrammieren der für das DOS/ES geschriebenen Programme in eine für das OS/ES geeignete Form zu empfehlen. Da dies aber einen erheblichen Zeitaufwand erfordert, wurde in der Zentraleinheit EC 2655 eine Einrichtung vorgesehen, die die Emulation von DOS/ES-Programmen unter der Steuerung des OS/ES ermöglicht und damit den Übergang auf das OS/ES erleichtert.

Die Emulationseinrichtung umfaßt bestimmte gerätetechnische Funktionen und ein Emulatorprogramm. Zu den gerätetechnischen Funktionen gehören zwei spezielle Befehle

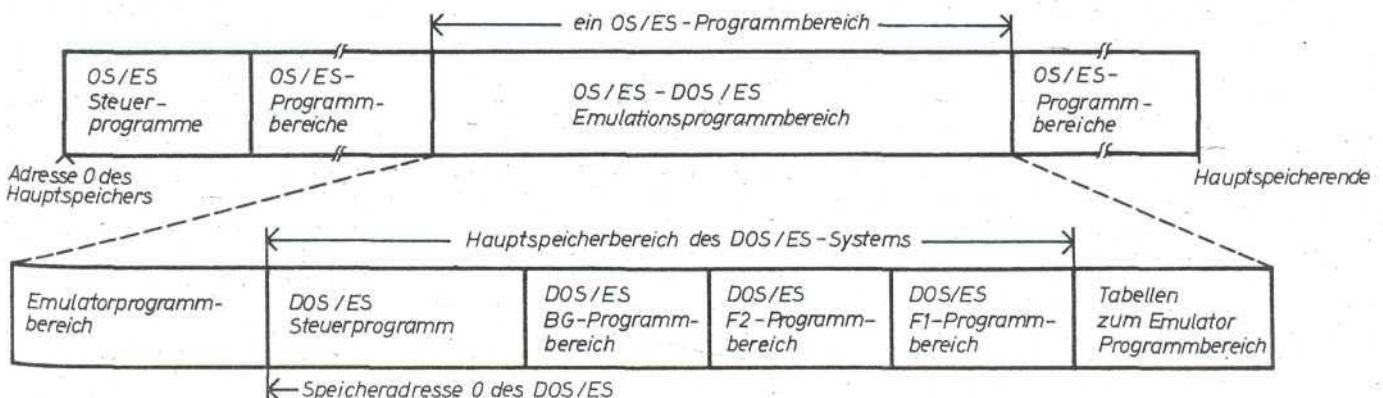


Abb. 16 Hauptspeicheraufteilung bei der DOS/ES-Emulation

und eine Modifizierung der Unterbrechungssteuerung, während das Emulatorprogramm eine vermittelnde Wirkung zwischen dem OS/ES und dem DOS/ES besitzt. Unter Steuerung des OS/ES kann somit neben weiteren OS/ES-Jobs auch ein Emulationsjob, bestehend aus dem DOS/ES-Steuerprogramm und bereits existierenden, getesteten DOS/ES-Problemprogrammen, ausgeführt werden (Abb. 16). Emuliert werden sowohl das DOS/ES-Steuerprogramm als auch die DOS/ES-Problemprogramme. Mit einem der erwähnten Befehle wird ein spezieller Steuerzustand, der Emulationsmodus, eingeschaltet. Das DOS/ES geht bei seiner Arbeit davon aus, daß ihm der gesamte Hauptspeicher von der Adresse 0 an zur Verfügung steht. Während der Emulation ist der dem DOS/ES zugeordnete Hauptspeicherbereich jedoch um eine bestimmte Adreßkonstante gegenüber der Adresse 0 verschoben. Der eingeschaltete Emulationsmodus bewirkt nun, daß zu allen Befehls- und Operandenadressen diese Adreßkonstante addiert wird. Der Befehl, der den Emulationsmodus (auch als lokaler Ausführungsmodus bzw. LEX-Modus bezeichnet) einschaltet, besitzt die mnemonische Bezeichnung EXL (Code B20E) und gehört zu den nichtprivilegierten S-Format-Befehlen. Die im Befehl enthaltene Operandenadresse zeigt auf ein Parameterfeld (LEX-Liste), in welchem auch die beschriebene Adreßkonstante (DOS/ES-Anfangsadresse) enthalten ist (Abb. 17). Die 40 Byte große LEX-Liste wird vom Emulatorprogramm bereitgestellt. Auch das Emulatorprogramm arbeitet wie andere Problemprogramme unter OS/ES im Problemzustand und mit einem Schutzschlüssel ungleich Null. Durch Ausführung des EXL-Befehls übergibt das Emulatorprogramm die Steuerung an das DOS/ES-Steuer- bzw. Problemprogramm. Dabei wird das 2. Wort des lokalen PSW aus der LEX-Liste in das steuernde PSW eingetragen, die DOS/ES-Anfangsadresse zur lokalen Befehlsadresse im Befehlszähler addiert und der LEX-

Modus eingeschaltet. Das lokale Systemmasken- und das lokale Systemsteuerbyte werden nicht in das steuernde PSW übernommen. Dadurch bleiben der Problemzustand und der Schutz Schlüssel ungleich Null, die vom OS/ES eingestellt wurden, erhalten. Bei der Ausführung des EXL-Befehls werden auch die Universalregister 14 und 15 mit den entsprechenden Informationen aus der LEX-Liste geladen. Bei der Arbeit im LEX-Modus werden alle Befehls- und Operandenadressen dahingehend überwacht, ob sie den Adreßbereich zwischen DOS/ES-Anfangsadresse und DOS/ES-Anfangsadresse + lokale Grenzadresse einhalten. Ein Überschreiten dieser Grenzen führt zu einer Adressierungsausnahme-Unterbrechung. Die Speicherschutzeinrichtung ist innerhalb des Emulatorprogrammereiches nicht wirksam. Aus diesem Grunde ist es ratsam, nur getestete DOS/ES-Programme zu emulieren.

Der LEX-Modus bleibt bis zur nächsten auftretenden Unterbrechung eingeschaltet. Wegen des Problemzustands erzeugt z. B. jede auszuführende privilegierte Operation (auch die berechtigten privilegierten Operationen des DOS/ES-Steuerprogrammes) eine Unterbrechungsbedingung. Entsprechend dem noch wirkenden LEX-Zustand wird die Unterbrechungsbehandlung gegenüber dem Normalablauf modifiziert. Zunächst wird aus Teilen des steuernden PSW das lokale PSW zusammengestellt und in die LEX-Liste eingetragen. Weiterhin wird vom aktuellen Befehlszähler die DOS/ES-Anfangsadresse subtrahiert und die erhaltene lokale Befehlsadresse gemeinsam mit dem Unterbrechungscode in das lokale PSW eingefügt. Die wahre Befehlsadresse wird an einem gesonderten Platz in der LEX-Liste aufbewahrt. Ebenso werden die aktuellen Belegungen der Universalregister 14 und 15 auf die zugeordneten Plätze in die LEX-Liste geschrieben. Nach dieser LEX-Liste-Aktualisierung wird entsprechend der Unterbrechungsbedingung (Programmausnahme- oder SVC-Unterbrechung) eine Adresse aus der LEX-Liste entnommen und in das steuernde PSW eingesetzt. Da diese Adressen Eintrittspunkte in das Emulatorprogramm darstellen, kann dort nach dem Aktivieren des steuernden PSW die weitere Behandlung der Unterbrechungsbedingungen erfolgen. Wegen des fehlenden PSW-Wechsels (es wird nur die Befehlsadresse ausgetauscht) spricht man in diesem Zusammenhang von einer halben Unterbrechung. Analog wird bei asynchronen Unterbrechungsanforderungen (externe, E/A-, nicht dringende Maschinenfehler- und Restart-Unterbrechungen) verfahren. Nach der LEX-Liste-Aktualisierung und dem Einfügen der Adresse für asynchrone Unterbrechungen aus der LEX-Liste in das steuernde PSW erfolgt hierbei noch ein vollständiger PSW-Wechsel. Damit ist garantiert, daß alle asynchronen Unterbrechungsbedingungen dem OS/ES zur Behandlung zu geführt werden (Abb. 18).

Bezüglich der automatischen Umrechnung aller lokalen Operandenadressen während des LEX-Modus gibt es eine Einschränkung. Zu den Datenadressen der Kanalkommandoworte (CCW) wird die DOS/ES-Anfangsadresse nicht automatisch addiert. Deshalb muß das Emulatorprogramm vor dem Start von E/A-Operationen dafür sorgen, daß die Datenadressen in den CCW korrigiert werden. Das Emulatorprogramm benutzt dabei einen weiteren neuen Befehl. Mit dem Befehl *Anpassen CCW-Kette* (Mnemonic ACCW, Code B20F) können in zusammenhängenden Teilketten eines Kanalprogramms die Datenadressen modifiziert werden. Der ACCW-Befehl gehört wie der EXL-Befehl zu den nichtprivilegierten S-Format-

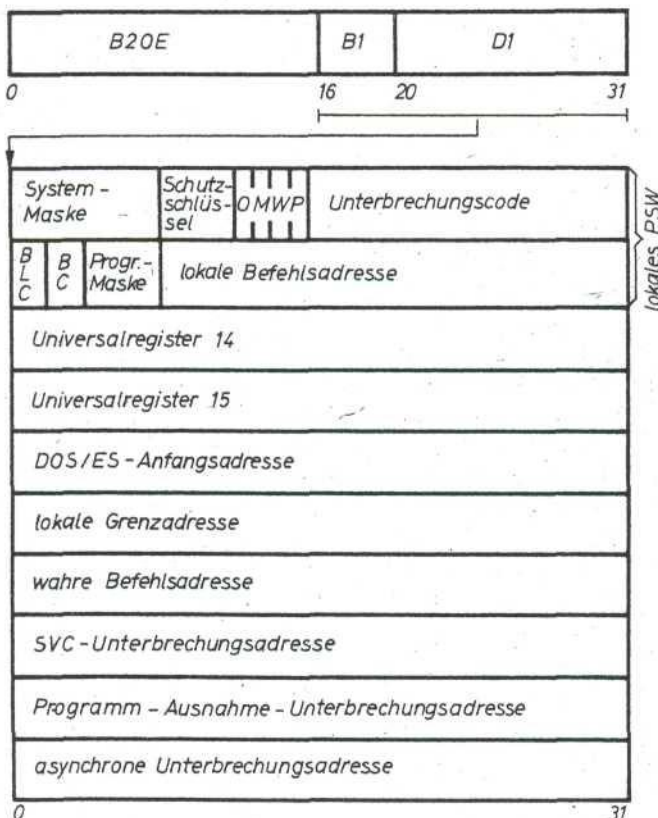


Abb. 17 EXL-Befehl und LEX-Liste

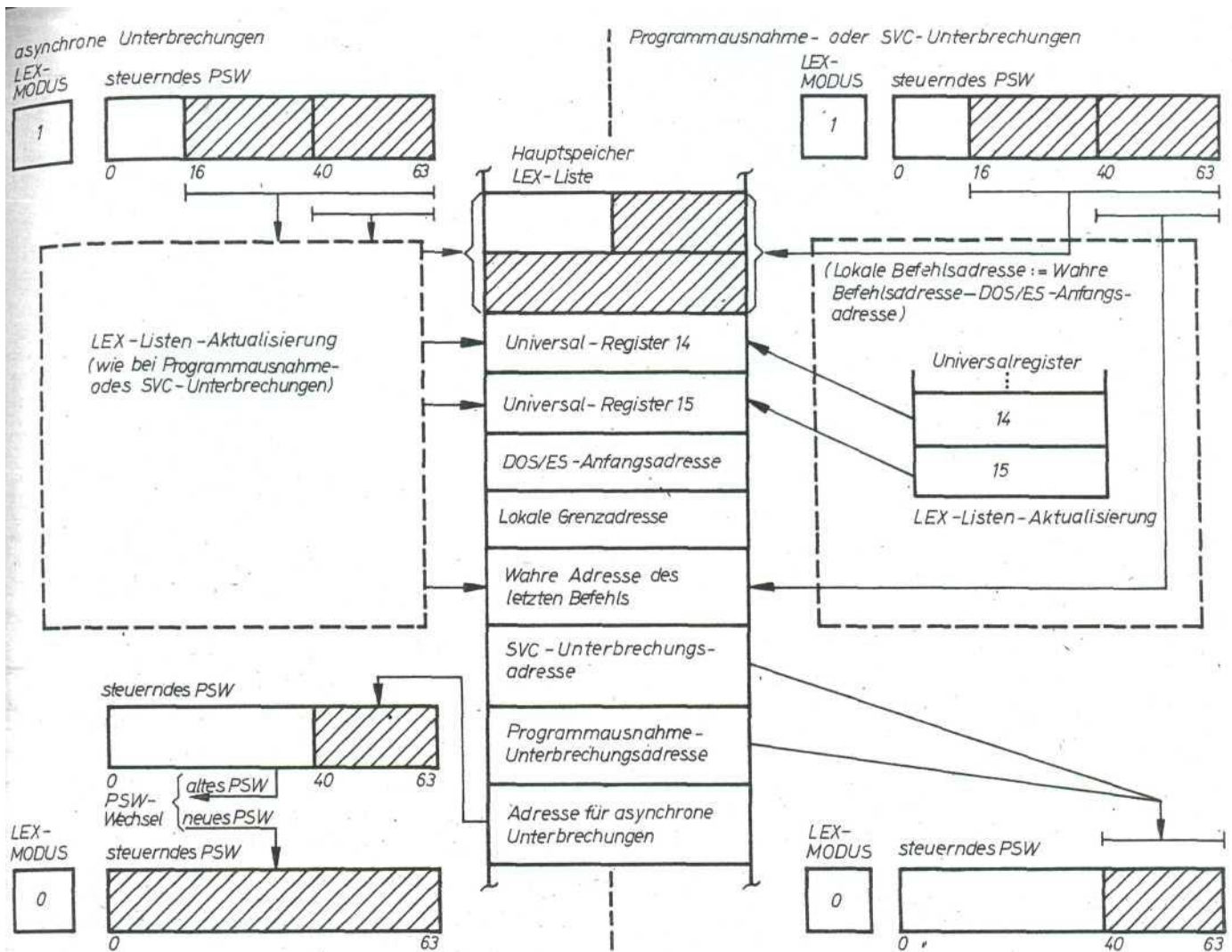


Abb. 18 Unterbrechung im LEX-Modus

Befehlen. Auch er adressiert mit seiner Operandenadresse ein Parameter-Feld, die 24 Byte lange ACCW-Liste. Diese Liste enthält neben der Startadresse der zu behandelnden CCW-Kette auch die DOS/ES-Anfangsadresse und die lokale Grenzadresse. In diesem Fall ist die DOS/ES-Anfangsadresse als vorzeichenbehaftete Größe angegeben, da der Befehl auch zur Rückrechnung der Datenadressen von bereits behandelten CCW verwendet wird (mit der negativen DOS/ES-Anfangsadresse). Der Befehl wandelt die Datenadressen in den CCW um, bis er auf das Ende der CCW-Kette, ein TIC-Kommando oder eine Ausnahmebedingung stößt. Eine Ausnahmebedingung signalisiert der Befehl z. B. dann, wenn bei der Addition des Bytezählers zur umgewandelten Datenadresse des CCW eine Überschreitung des DOS/ES-Adreßbereiches erkannt wird. Die Ende-Bedingungen übermittelt der Befehl im Bedingungscode.

6, Ein-/Ausgabesystem

Als wesentlicher Bestandteil der Datenverarbeitungsanlage EC 1055 ist das E/A-System anzusehen. Mit seiner Hilfe wird die Verbindung zwischen dem Rechner und dessen Anwender hergestellt. Das E/A-System umfaßt die Kanäle, die -Gerätesteuereinheit und die eigentlichen E/A-Geräte (Abb. 19).

Das E/A-System wird mit einer Folge von Steuerkommandos bedient, die den Datentransport vom Hauptspeicher zu den E/A-Geräten und in umgekehrter Richtung steuern. Prinzipiell werden E/A-Operationen vom Betriebssystem gestartet bzw. beendet. Da die Arbeitsgeschwindigkeit der E/A-Geräte in den meisten Fällen sehr viel geringer ist als die der zentralen Verarbeitungseinheit, wird ein Arbeitsprinzip verwendet, das die asynchrone und parallele Arbeit von E/A-Geräten und zentraler Verarbeitungseinheit gestattet. Da das E/A-System vom Betriebssystem verwaltet wird, kann sich der Nutzer auf die problembezogenen Aspekte der in seinem Programm benötigten E/A-Vorgänge beschränken. Zum Ausführen einer E/A-Operation ruft der Nutzer das Betriebssystem (mittels E/A-Makros) und teilt ihm über Steuerinformationen seine Anforderungen bezüglich der auszuführenden E/A-Operationen mit. Darüber hinaus entstehen bei der Arbeit des Betriebssystems Bedingungen, die E/A-Operationen notwendig machen, ohne daß dazu Nutzeranforderungen vorliegen (z. B. bei der Verwaltung des virtuellen Speichers). Dem Betriebssystem stehen für den Start und die Steuerung von E/A-Vorgängen acht privilegierte E/A-Befehle zur Verfügung (Abb. 20). Mit einem E/A-Befehl wird den Kanälen mitgeteilt, welche Operation auszuführen ist und welcher Informationspfad von der zentralen Verarbeitungseinheit zu einem peripheren Gerät benutzt werden soll. Da in diesem Abschnitt nur der Z-Eseitige Teil des E/A-

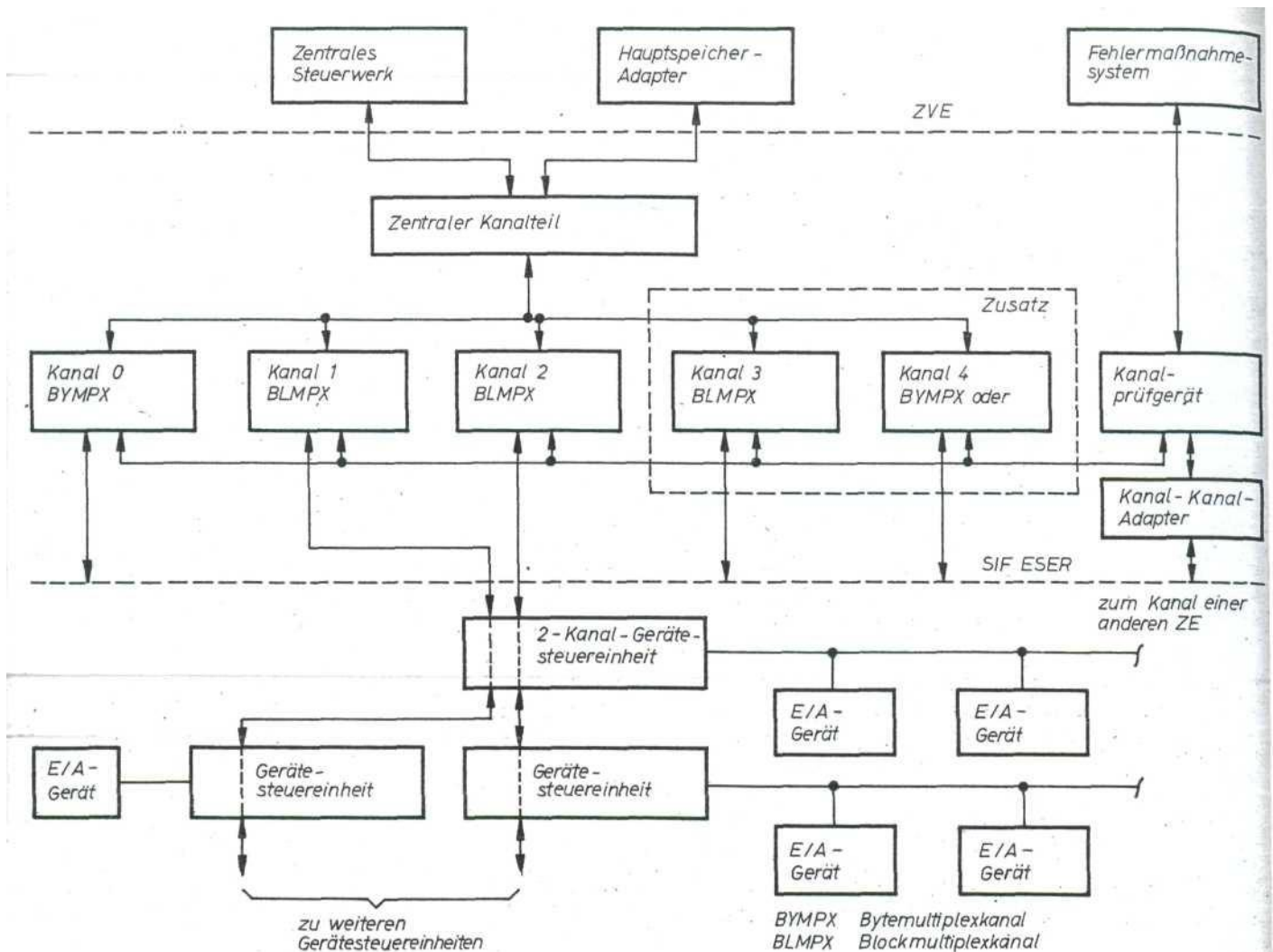


Abb. 19 Struktur des E/A-Systems

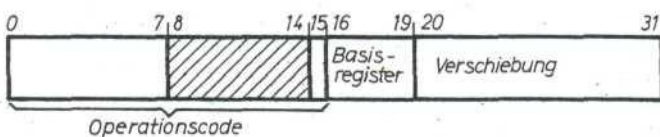


Abb. 20 E/A-Befehlsformat

Systems beschrieben wird, soll die Funktion von Gerätesteuer-einheiten und E/A-Geräten nur soweit betrachtet werden, wie es zum Verständnis der beschriebenen Baugruppen erforderlich ist.

Empfänger eines E/A-Befehls ist bei der EC 1055 der zentrale Kanalteil (ZKT). An den ZKT sind die eigentlichen Kanäle angeschlossen. Er enthält alle Einrichtungen und Funktionskomplexe, die für das Betreiben der Kanäle erforderlich sind. Der ZKT repräsentiert gewissermaßen die zentrale Sammel- und Verteilerstelle zwischen Hauptspeicheradapter, dem zentralen Steuerwerk und den Kanälen. Entsprechend seiner Stellung im E/A-System hat der ZKT drei Hauptaufgaben:

- Die erste Hauptaufgabe betrifft die Zusammenarbeit mit dem Hauptspeicher-Adapter. Hierbei obliegt ihm die Steuerung des doppelwortweisen oder byteweisen Datentransports in beiden Richtungen zwischen Kanälen und Adapter. Er hat für die Bereitstellung der Adressen für Daten-, Kommando- und sonstige Steuerzugriffe zu sorgen. Auch den

Schutzschlüssel für die Gewährleistung des Speicherschutzes bei E/A-Vorgängen übermittelt der ZKT an den Adapter. Für diese Funktionen erhält der ZKT einen umfangreiche! Datensammel- und Verteilerkomplex, der neben Pufferfunktionen auch wegen der in den Kanälen und dem Adapter unterschiedlichen Übertragungsbreiten Formatwandlungen vornehmen kann. Der ZKT berücksichtigt beim Ausführen dieser Aufgaben auch die unterschiedlichen Prioritäten der von den Kanälen angeforderten Speicherzugriffe. Diese Prioritäten fallen mit steigender Kanalnummer.

- » Zweitens steuert der ZKT die Zusammenarbeit mit den Kanälen. Dabei hat er den Austausch von Daten, Kommandos, Adreß- und Zustandsinformationen, die für den Verkehr mit den peripheren Geräten erforderlich sind, zu organisieren und zu überwachen. Die Verbindung zu den E/A-Geräten übernehmen die Kanäle in eigener Regie. Der ZKT wird mit einem bestimmten Kanal über interne Auswahl- und Zuschaltabläufe zusammengeschaltet.
- » Die dritte Hauptaufgabe des ZKT bezieht sich auf die Zusammenarbeit mit dem zentralen Steuerwerk. In diesem Zusammenhang hat er für die Entgegennahme der E/A-Befehle mit ihren Operations-, Kanaladreß- und Geräteadreßinformationen zu sorgen. Die beim Ausführen der E/A-Befehle auftretenden Zustandsinformationen liefert der ZKT als Bedingungscode, der in das PSW eingetragen

wird, an das zentrale Steuerwerk. Zur Mitteilung der Beendigung von E/A-Operationen bzw. zur Übergabe von Zustandsinformationen nach regulärer oder fehlerhafter Verarbeitung von Kanalprogrammen hat der ZKT die Möglichkeit, Unterbrechungen der Arbeit der zentralen Verarbeitungseinheit anzufordern.

Eine weitere Funktion, die der ZKT zu erfüllen hat, ist die Steuerung der Abläufe für die indirekte Datenadressierung, die als Äquivalent zur dynamischen Adreßumsetzung anzusehen ist. Auf diese neue Funktion wird später noch eingegangen. Während einige E/A-Befehle den ZKT veranlassen, Verbindung mit einem Kanal aufzunehmen, um einen E/A-Vorsang einzuleiten, kann er bestimmte andere E/A-Befehle selbständig ausführen. Die bei der Arbeit der Multiplexkanäle notwendige Verwaltung der Subkanalworte übernimmt ebenfalls der ZKT. Für seine von der zentralen Verarbeitungseinheit unabhängige Funktion besitzt der ZKT eine eigene Folgesteuerung. Zum Grundbestand der an den ZKT angeschlossenen Kanäle gehören ein Byte- und zwei Blockmultiplexkanäle. Zusätzlich können zwei weitere Blockmultiplexkanäle oder ein Block- und ein Bytemultiplexkanal angeschlossen werden. Die zusätzlich angeschlossenen Kanäle setzen allerdings voraus, daß eine Hauptspeicherkapazität von mindestens 512 K Byte vorhanden ist, da der Zusatzteil eines 256 K Byte großen Hauptspeichers nur für das Speichern der Subkanalwerte von den Kanälen 0, 1 und 2 ausreicht. Die Kanäle 0, 1, 2 und 3 besitzen jeweils 128 Subkanäle, während der Kanal 4 - unabhängig davon, ob es sich um einen Block- oder einen Bytemultiplexkanal handelt - immer 256 Subkanäle aufweist. Der Kanal 4 wird als Block- oder Bytemultiplexkanal physisch im Kanal durch Verwenden eines Schalterelementes gekennzeichnet. Die Kanäle können eigentlich selbst als spezielle, programmgesteuerte Rechner angesehen werden. Die von ihnen verarbeiteten Programme, die sich nur auf E/A-Operationen beziehen, bezeichnet man als Kanalprogramme. Die Anweisungen dieser Programme werden Kanalkommandoworte (CCW) genannt und geben die Richtung der Datenübertragung, die Datenquellen bzw. den Datenzielort im Hauptspeicher, die zu übertragende Datenmenge sowie weitere Hilfsinformationen für den Datentransport an (Abb. 21). Vor einer E/A-Operation stellt das Betriebssystem das vorbereitete Kanalprogramm im Hauptspeicher bereit. Im sogenannten Kanaladreßwort (CAW) wird vom Betriebssystem auf den Hauptspeicherplätzen 72 bis 75 die Anfangsadresse des Kanalprogramms sowie der Schutzschlüssel für den von der E/A-Operation betroffenen Hauptspeicherbereich zur Verfügung gestellt (Abb. 22). Mit dem privilegierten E/A-Befehl *START E/A* kann dann der ZKT veranlaßt werden, den adressierten Kanal zur Aufnahme der Verbindung mit dem ausgewählten E/A-Gerät zu beauf-

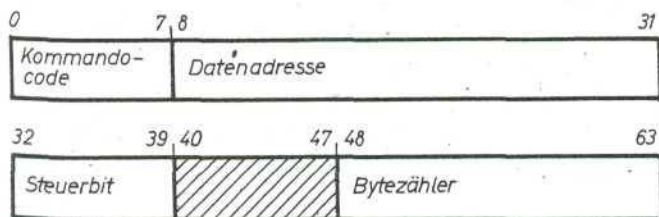


Abb. 21 Kanalkommandowort (CCW)

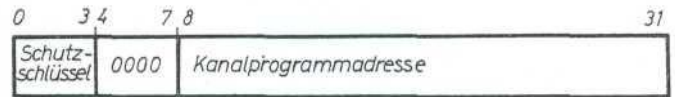


Abb. 22 Kanaladreßwort (CAW)

tragen. Die vom ZKT eingeleitete Auswahlfolge wird dabei mit der von der Gerätesteuereinheit ausgelösten Zuschaltfolge am Kanal beantwortet. Nachdem der ausgewählte Datenweg als verfügbar erkannt wurde, beendet der ZKT den START E/A-Befehl durch Setzen des Bedingungscode 0 und gibt damit die zentrale Verarbeitungseinheit für ihre weitere Arbeit frei. Die anschließenden Aktivitäten des E/A-Systems vollziehen sich parallel zur Arbeit der zentralen Verarbeitungseinheit. Der ZKT greift zum Kanaladreßwort zu und liest mit seiner Hilfe die Kanalkommandoworte, um sie nacheinander dem Kanal zur Ausführung zu übergeben. Nach dem Beenden des Kanalprogrammes wird vom ZKT bei der zentralen Verarbeitungseinheit eine Unterbrechung beantragt, um die Endmeldung mit einer dazugehörigen Statusinformation abzusetzen. Erlaubt die zentrale Verarbeitungseinheit diese E/A-Unterbrechung, so wird das laufende PSW auf den Hauptspeicherplätzen 56 bis 63 als E/A-Alt-PSW abgespeichert und das von den Plätzen 120 bis 127 gelesene E/A-Neu-PSW als laufendes PSW aktiviert. Damit erhält eine Routine des Betriebssystems die Steuerung, die die weitere Auswertung der Beendigung des E/A-Vorganges vornehmen kann. Mit dem E/A-Alt-PSW erhält die zentrale Verarbeitungseinheit einen Unterbrechungscode, in welchem durch die Kanal- und Geräteadresse die Quelle der Unterbrechung identifiziert ist. Wegen der parallelen Arbeit der Kanäle bzw. der Maskierbarkeit der E/A-Unterbrechungen kann es vorkommen, daß mehrere E/A-Unterbrechungsanforderungen gleichzeitig auftreten. Vom zentralen Steuerwerk werden die Unterbrechungsanforderungen nach einer festen Prioritätenfolge (fallend vom Kanal 0 bis 4) behandelt. Als weitere Information für die Behandlung der E/A-Unterbrechung durch das Betriebssystem speichert der ZKT auf die Hauptspeicherplätze 64 bis 71 das sogenannte Kanalzustandswort (CSW, Abb. 23). Treten während der Verarbeitung eines Kanalprogrammes Fehlerbedingungen auf, so kann der ZKT während der Unterbrechungsbehandlung diesbezügliche Zusatzdaten als Kanal-Logout-Information auf festvereinbarte Hauptspeicherplätze legen. Auf der Anschlußseite der Gerätesteuereinheiten realisieren alle Kanäle das erweiterte Standard-Interface (SIF) des ESER II (Abb. 24). Dabei handelt es sich um eine physisch und logisch eindeutig definierte Signalschnittstelle, die es ermöglicht, die unterschiedlichsten Geräte an die Kanäle anzuschließen, sofern sie ebenfalls — logisch und technisch — diese standardisierte Schnittstelle aufweisen. Die Erweiterung der Interface-Leitungen und Signale bei SIF-ESER der Reihe I betrifft einige neue Funktionen und Möglichkeiten, auf die im weiteren noch eingegangen wird. Grundsätzlich ist zu bemerken, daß das SIF-ESER II aufwärtskompatibel zum SIF der Reihe I ist. Daraus folgt, daß alle Geräte mit SIF-ESER auch an die Kanäle der EC 1055 angeschlossen werden können. Eine der wesentlichsten Aufgaben jedes Kanals besteht darin, das Signalisierungs-Rückantwort-Prinzip am Interface zu realisieren. Dieses Prinzip erfordert, daß die Belegung jedes der 30 Signalwege zum Kanal und jedes der 31 Signalwege zu den Gerätesteuereinheiten eine festgelegte Bedeutung hat und daß die Aufeinanderfolge der Signale definierten Regeln genügt.

Die am SIF ausgetauschten Signale lassen sich wie folgt in Gruppen einteilen:

- Informationssignale (vom Kanal zur Gerätesteuereinheit und in umgekehrter Richtung)
- Begleitsignale
- Auswahlsteuersignale (ebenfalls in beiden Richtungen)
- Meßsignale.

Der Anschluß der Gerätesteuereinheiten an die Kanäle erfolgt über das sogenannte Interface-Kabel, welches eine Maximallänge von etwa 50 m nicht überschreiten soll. Pro Kanal lassen sich etwa 8 bis 10 Gerätesteuereinheiten anschließen. Darüber hinausgehende Forderungen sollten im Einzelfall geprüft werden.

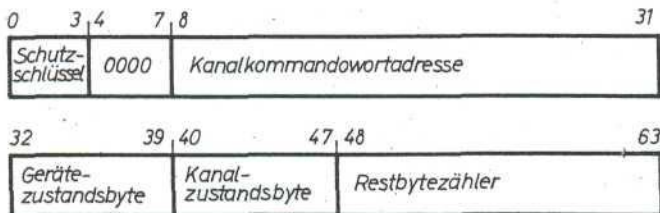


Abb. 23 Kanalzustandswort (CSW)

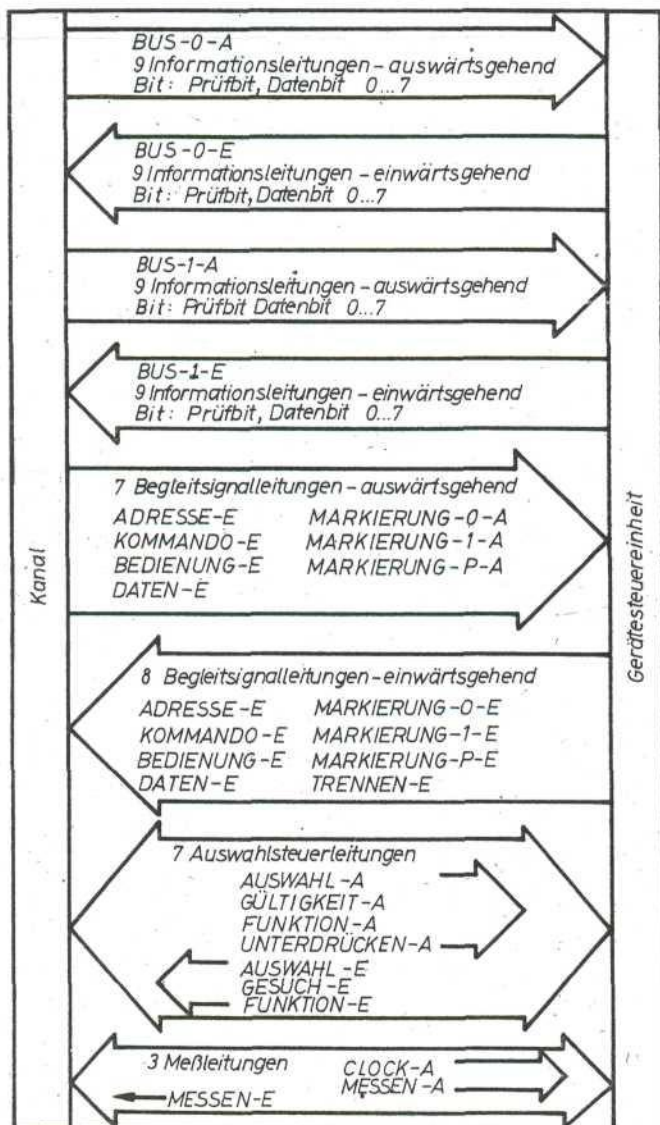


Abb. 24 Erweitertes SIF ESER

Nach der Beschreibung der Grundstruktur und der Hauptfunktionen des ZEseitigen E/A-Systems werden im folgenden einige neue Funktionen und Realisierungsmerkmale dieses Systems bei EC 1055 beschrieben.

• *START E/A-Befehl mit Schnellfreigabe (SIOF)*

Wie bei der Beschreibung des START E/A-Befehls bereits aus geführt wurde, prüft der Kanal vor dem Beenden des Befehls die Verfügbarkeit des adressierten Datenweges. Diese Prüfung beansprucht einen wesentlichen Teil der Befehlsausführzeit.] aber der gesamte E/A-Komplex vom Betriebssystem verwalte wird, besteht an dieser Stelle ein guter Überblick über die Verfügbarkeit der einzelnen Komponenten des E/A-Systems. Au dieser Sicht dürfte es der Normalfall sein, daß der gewünscht Datenweg benutzbar ist. Deshalb ist es gerechtfertigt, einen START-E/A-Befehl einzuführen, der die zentrale Verarbeitungs einheit bereits wieder freigibt, bevor der Datenweg auf seine Benutzbarkeit hin überprüft wurde. Diese Funktion hat der START-E/A-Befehl mit Schnellfreigabe. Sollte sich bei der weiteren Arbeit herausstellen, daß der Datenweg doch nicht frei ist, so wird diese Bedingung mit einer E/A-Unterbrechung dem Betriebssystem mitgeteilt und in geeigneter Weise behan delt. Der Maschinencode des SIOF-Befehls unterscheidet sich von dem des normalen START-E/A-Befehls durch eine 1 im niedrigsten Bit des sonst nicht benutzten 2. Operationscodebytes!

• *Bytemultiplexkanal (BYMPX)*

Der BYMPX wurde so konzipiert, daß er mehrere langsame E/A-Geräte wie Drucker, Bedieneinheit, Lochkarten- und Loch bandgeräte quasi gleichzeitig bedienen kann. Zu diesem Zwecke besitzt er eine Anzahl von Subkanälen (Kanal 0 besitzt 128, Kanal 4 besitzt 256 Subkanäle), von denen jeder den Datenverkehr mit einem der angeschlossenen Geräte steuern kann. Der Datentransport erfolgt bei dieser Arbeitsweise für die ein zelnen Geräte abwechselnd jeweils byteweise. Für die Übertra gung jedes einzelnen Byte werden die Informationen des zuständigen Subkanals aus dem Zusatzteil des Hauptspeichers i die entsprechenden Register des BYMPX geladen. Die Verbin dung zum betroffenen E/A-Gerät muß ebenfalls jeweils neu hergestellt werden. Für diese mit hoher Geschwindigkeit ablaufenden Vorgänge benötigt der BYMPX nur jeweils kurze Zeit. Die im Vergleich dazu relativ langsam arbeitenden Geräte können daher vom Kanal im Zeitmultiplexbetrieb nacheinander angesteuert werden, ohne daß sie sich gegensei tig behindern. Prinzipiell ist es möglich, auch schnelle Geräte am BYMPX zu betreiben. In diesem Fall kann jedoch der Bytemultiplex betrieb nicht mehr aufrecht erhalten werden. Sobald ein schnelles E/A-Gerät die funktioneilen Fähigkeiten des BYMPX zugeteilt bekommt, erzwingt es am Kanal die auch als Stoß^ betrieb bezeichnete Kanalbetriebsart. Der BYMPX kann erst nach dem Beenden der Datenübertragung im Stoßbetrieb seine normale Betriebsart wieder aufnehmen. Wegen der Beeinträchtigung der Arbeit langsamer Geräte während des Stoß betriebes wird von dieser Möglichkeit nur in Sonderfällen Gebrauch gemacht.

• *Blockmultiplexkanal (BLMPX)*

Der BLMPX wurde so konzipiert, daß er Datenblöcke abwechselnd für verschiedene schnelle E/A-Geräte übertragen kann. Damit kombiniert ein BLMPX die Eigenschaften der

kannten Selektorkanäle mit dem Multiplexbetrieb der Bytemultiplexkanäle. Die Blockmultiplexkanäle 1, 2 und 3 haben Zugriff zu je 128 Subkanalworten, während der wahlweise installierte BLMPX 4 über 256 Subkanalworte verfügt. Über jeden der vorhandenen Subkanäle kann der Datenverkehr zu einem angeschlossenen E/A-Gerät gesteuert werden. Die hohe Datenübertragungsrates der Blockmultiplexkanäle wird erreicht, weil - im Gegensatz zu den Bytemultiplexkanälen - jeder Datenblock zusammenhängend übertragen wird und damit der ständige Wechsel der Subkanalworte bei jedem zu übertragenden Byte entfällt.

Der BLMPX kann sich nur bei Operationen ohne Datentransport aus einem Kanalprogramm abhängen und inzwischen Datenübertragungsoperationen für ein anderes Kanalprogramm ausführen. Er realisiert demnach eine Art Multiprogrammbetrieb auf der Ebene der Kanalkommandos, den sogenannten Blockmultiplexbetrieb. Besondere Bedeutung hat der Blockmultiplexbetrieb für solche E/A-Geräte, bei denen Datenübertragungen mit hoher Geschwindigkeit und relativ langsame Operationen ohne Datenübertragung häufig wechseln. Das trifft in erster Linie auf Magnetplattenspeicher zu, bei denen sich langsame Positionieroperationen mit den teilweise sehr schnellen Datenübertragungsoperationen ständig abwechseln. Mit dem Wert des Bit 0 im Steuerregister 0 ist steuerbar, ob diese Kanäle als Blockmultiplex- oder als Selektorkanäle arbeiten.

• *Indirekte Datenadressierung*

Als Kanäle des ESER II besitzen alle Kanäle der EC 1055 eine Einrichtung zur indirekten Datenadressierung. Diese Einrichtung ist ein Äquivalent zur dynamischen Adreßumsetzung der zentralen Verarbeitungseinheit und ermöglicht die Arbeit der Kanäle beim Verwenden des virtuellen Speichers. Da die Datenadressen aus den Kanalkommandos während der Verarbeitung von Kanalprogrammen aus Zeitgründen nicht erst explizit umgesetzt werden können, müssen dem Hauptspeicheradapter von den Kanälen reale Adressen angeboten werden. Selbstverständlich müssen auch alle von einem E/A-Vorgang betroffenen Seiten im Realspeicher vorhanden sein und bis zum Ende der E/A-Operation festgehalten werden. Die dazu erforderliche Verwaltungsarbeit wird vom Betriebssystem geleistet. Neben der Seitenbeschaffung und der Fixierung analysiert das Betriebssystem auch das gesamte Kanalprogramm vor dessen Ausführung, um alle dort vorhandenen logischen Datenadressen in die entsprechenden realen Adressen umzuwandeln. Die ermittelten realen Adressen werden jedoch nicht in das Kanalkommandowort eingetragen, sondern in eine Adreßliste. Das ist deshalb erforderlich, weil sich die Datenübertragung auf mehrere logische Seiten erstrecken kann, die im Realspeicher nicht zusammenhängend untergebracht sind. In diesem Fall werden in der erwähnten Adreßliste die jeweiligen realen Fortsetzungsadressen eingetragen. Die in das Kanalkommandowort gesetzte reale Adresse kennzeichnet die entsprechende Stelle der Adreßliste, in der die reale Anfangsadresse für den auszuführenden Datentransport steht (Abb. 25). Ein solches Kanalkommandowort wird durch ein besonderes Steuerbit (IDA-Bit) markiert. Beim Erkennen des IDA-Bit greift der ZKT mit der im Kommandowort stehenden Adresse zu der beschriebenen Adreßliste zu und holt die eigentliche Datenadresse für den Datentransport. Bei jeder Seitenüberschreitung während des Datentransportes wird dieser Vorgang wiederholt, die jeweils nächste Eintra-

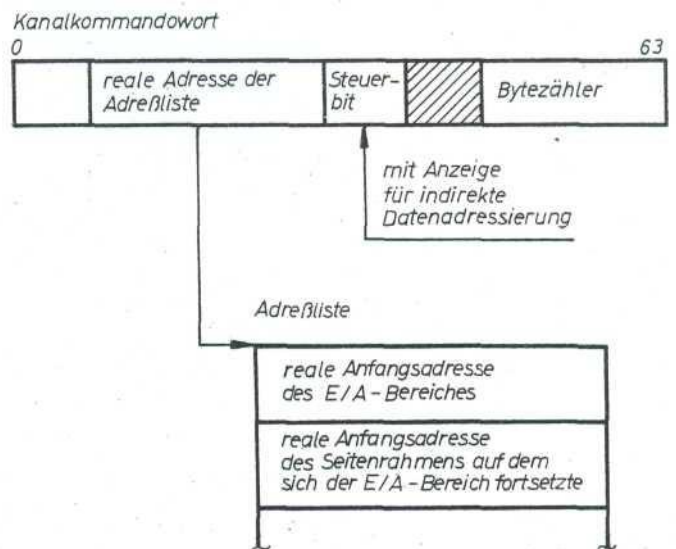


Abb. 25 Indirekte Datenadressierung

gung der Adreßliste gelesen und als reale Datenadresse interpretiert. Der ZKT deutet jede Überschreitung einer 2-K-Byte-Grenze als Seitenüberschreitung. Da die Adreßliste vom Betriebssystem in eben dieser Weise vorbereitet wurde, ist die Kanalarbeit von der jeweils gültigen Formatdefinition im Speicher unabhängig.

Die beschriebene Arbeitsweise mit der indirekten Datenadressierung ermöglicht es, daß für ein parallel zur Kanalarbeit laufendes Nutzerprogramm ein anderer Satz von Adreßumsetzungstabellen gültig sein kann als der, der für das die E/A-Aktivität enthaltende Programm existiert.

• *2-Byte-Interface*

Wie aus der Darstellung des erweiterten Standard-Interface hervorgeht, stehen jetzt für den Datentransport in beiden Richtungen jeweils 18 Leitungen zur Verfügung. Von sehr schnellen E/A-Geräten kann somit die Möglichkeit genutzt werden, 2 Byte parallel zu übertragen. Daraus resultieren sehr hohe Datenübertragungsrates. Zu den in Gruppen zu je einem Byte geführten Informationsbusleitungen gehören sechs Markierungssignale. Vier dieser Begleitsignale fungieren als Gültigkeitsanzeigen für die auf den Busleitungen liegenden Informationen, die zwei weiteren Markierungssignale dienen als Prüfbitkontrollsignale zu jeweils zwei der steuernden Markierungsleitungen.

• *Beschleunigte Datenübertragung*

Neben dem 2-Byte-Interface gibt es eine weitere Möglichkeit zur Beschleunigung einer Datenübertragung. Am Interface wurden dafür zwei neue Signale eingeführt — *DATEN-E* und *DATEN-A*. Sowohl bezüglich ihrer logischen Bedeutung als auch bezüglich des Austauschzeitpunktes innerhalb der Interfacesignalfolge weisen diese Signale eine große Ähnlichkeit zu den bekannten *BEDIEN-E*- und *BEDIEN-A*-Signalen auf. Sie gestatten es, die zeitlichen Lücken, in denen mit wechselweisem Abschalten von *BEDIEN-E* und *BEDIEN-A* der Ausgangszustand für eine weitere Byteübertragung hergestellt wird, ebenfalls für Byteübertragungen zu nutzen. *DATEN-E* bedeutet bei Leseoperationen, daß die Daten auf den *BUS-E-Leitungen* zur Verfügung stehen. Bei Schreiboperationen zeigt *DATEN-E* an, daß die Gerätesteuereinheit die auf *BUS-A* liegenden Informationen akzeptiert hat und wieder

zum Datenempfang bereit ist. Das Signal DATEN-A kann als Antwortsignal zu DATEN-E verstanden werden und zeigt dem Steuergerät an, daß die Daten auf BUS-E vom Kanal angenommen wurden, ohne daß der Kanal die erforderlichen Daten auf dem BUS-A bereitgestellt hat. Die DATEN-E und -A-Signale werden nur sinnvoll mit Selektor- oder Blockmultiplexkanälen genutzt.

• *Weitere neue Interfacesignale*

Durch Senden des neuen Signals *TRENNEN-E* kann eine dazu befähigte Gerätesteuereinheit den Kanal vom Auftreten bestimmter Fehlfunktionen unterrichten. Der Kanal beantwortet das *TRENNEN-E-Signal* mit einem selektiven Rücksetzen.

Das bereits beschriebene Signal *MARKIERUNG-O-E* besitzt noch eine Sonderfunktion. Es dient dem Kommando-Wiederanlauf. Wenn bei der Ausführung eines Kommandos eine Bedingung auftritt, die einen möglichen Wiederanlauf erforderlich macht, so zeigt die Steuereinheit das durch Senden des Signals *MARKIERUNG-O-E* an. Der Kanal kann in diesem Fall das betreffende Kommando wieder anlaufen lassen, ohne daß dazu Aktivitäten des Betriebssystems erforderlich sind.

• *Kanalprüfgerät (KPG)*

Bereits zur Grundausrüstung der Kanäle (ZKT, Kanäle 0, 1, 2) gehört ein Kanalprüfgerät, das integrierter Bestandteil des E/A-Komplexes im ZE-Schrank ist. Das KPG dient als Hilfsmittel für Inbetriebnahme und Test von Einrichtungen und Funktionen der Kanäle, des SIF und der jenseits des SIF angeschlossenen Gerätesteuereinheiten. Mit Hilfe spezieller Testmikroprogramme sowie dem Benutzen von Teilfunktionen des Diagnosebefehls wird das KPG gesteuert. Vom Fehlermaßnahmesystem werden Adressen und Steuerinformationen in das KPG geladen, welches entsprechend der Testergebnisse Anzeigedaten an das Fehlermaßnahmesystem zurückschickt. Das KPG kann mit allen installierten Kanälen Verbindung aufnehmen. Diese Eigenschaft wird unabhängig von den Prüfaufgaben des KPG auch für den Anschluß des Kanal-Kanal-Adapters genutzt. In diesem Fall erzeugt und steuert das KPG das Interfacesignalspiel sowohl zum Kanal als auch zum Kanal-Kanal-Adapter.

Die Prüffunktion des KPG kann z. B. durch folgende Arbeitsweise charakterisiert werden. Der zu prüfende Kanal wird von einer im KPG eingestellten Adresse ausgewählt, während dieser Kanal das KPG über eine ebenfalls vom KPG vorgegebene Adresse als Gerätesteuereinheit identifiziert. Das KPG verarbeitet logisch die Interfacesignale so, als wäre es physisch über das SIF in der ersten Gerätesteuereinheitenposition an diesen Kanal angeschlossen. Die auf diese Weise vom KPG simulierte Steuereinheit ist in der Lage, Einzelbyte- oder Stoßbetrieb, Ein- oder Zweibyte-Interface, normale oder beschleunigte Datenübertragung nachzubilden. Mit Sonderfunktionen können das KPG selbst oder der an das KPG angeschlossene Kanal-Kanal-Adapter getestet werden. Eine besondere Betriebsart des KPG ermöglicht Frequenz- und Gesamtdatenratentests. Das KPG nimmt dabei nacheinander mit allen zu testenden Kanälen Verbindung auf, ermittelt eventuelle Datenverluste bei den Datenübertragungsprüfungen und trifft eine Aussage zur realisierbaren Gesamtdatenrate. Bei diesem Test sind der ZKT, der Hauptspeicher-Adapter sowie der Hauptspeicher selbst einbezogen. Für seine Prüfaufgaben besitzt das KPG alle erforderlichen

Speicher- und Steuereinrichtungen, Insbesondere dient vom Fehlermaßnahmesystem aus ladbarer Speicher mit einer Kapazität von 384 Byte als Steuerspeicher. Die aus diesem Speicher ausgelesenen Steuerworte haben eine Länge von 2 Byte und wirken wie Mikrobefehle.

• *Kanal-Kanal-Adapter (KKA)*

Der KKA ist eine Zusatzeinrichtung und kann im gleichen Schwenkrahmen des ZE-Schranks untergebracht werden, in dem sich auch der ZKT, die Kanäle sowie das KPG befinden. Er dient zur schnellen Übertragung von Datenblöcken: sehen zwei Kanälen einer oder zweier Zentraleinheiten, während im letzteren Fall der KKA den Aufbau von Mehr-Rechner-Komplexen gestattet, liegt die Bedeutung der Nutzung zweier Kanäle einer ZE über den KKA in der Möglichkeit, Datentransporte im Hauptspeicher parallel zu laufenden Nutzerprogrammen vorzunehmen. Diese Möglichkeit dürfte jedoch nur für Spezialanwendungen interessant sein. Architektonisch betrachtet, ist der KKA kein Funktionskomplex der ZE. Er kann als eine symmetrische Gerätesteuereinheit angesehen werden, die an beiden Anschlußseiten durchgeführt ist. Bei seiner Arbeit führt der KKA wie eine solche Steuereinheit Kommandos aus und erzeugt Status- und Informationen. Über Kommandos können zwei Arbeitsweisen des KKA eingestellt werden:

- Kompatibilitätsmodus (ESER I)
- Erweiterter Modus (ESER II).

Entsprechend den funktionellen Möglichkeiten der beiden angeschlossenen Kanäle kann er mit dem 2-Byte-Interface und auch mit der beschleunigten Datenübertragung arbeiten. Bezüglich Bedienung, Anzeige und Diagnose wird der KKA wie ein Funktionskomplex der ZE betrachtet. Die Kanal-Geräteadresse auf der ZE-Seite sowie die Geräteadresse für Auswahl durch den externen Kanal werden über Schalterelemente im KKA eingestellt. Die Kopplung an den internen Kanal erfolgt über das KPG, über welches auch der Signalaus-tausch des SIF in beiden Richtungen vorgenommen wird. Interner Kanal nimmt der KKA die erste, am externen Kanal die letzte Gerätesteuereinheitenposition ein. Mit dem KKA sind folgende Datenraten erreichbar:

- Normale Übertragung, 1-Byte-Interface: rund 0,75 MByte/s
- beschleunigte Übertragung, 1-Byte-Interface: rund 1,5 MByte/s
- beschleunigte Übertragung, 2-Byte-Interface: max. 3,0 MByte/s

7. **Bedieneinheit EC 7069**

Mit der ZE wird die Bedieneinheit EC 7069 über vier Signalinterfaces verbunden:

- Standard-Interface (Anschluß an den Bytemultiplexkanal 0)
- Spezial-Interface (Anschluß an EC 2655)
- GSE-Stromversorgungssteuer-Interface
- System-Stromversorgungssteuer-Interface.

Die funktionelle Gliederung der Kommunikationsmöglichkeiten des Bedieners mit der DV-Anlage zeigt Abb. 26. Das Blockschaltbild (Abb. 27)

verdeutlicht den internen Aufbau der Bedieneinheit EC 7069.
Von Ausnahmen abgesehen, \ auch die Bedieneinheit von
Mikroprogrammen gesteuert.

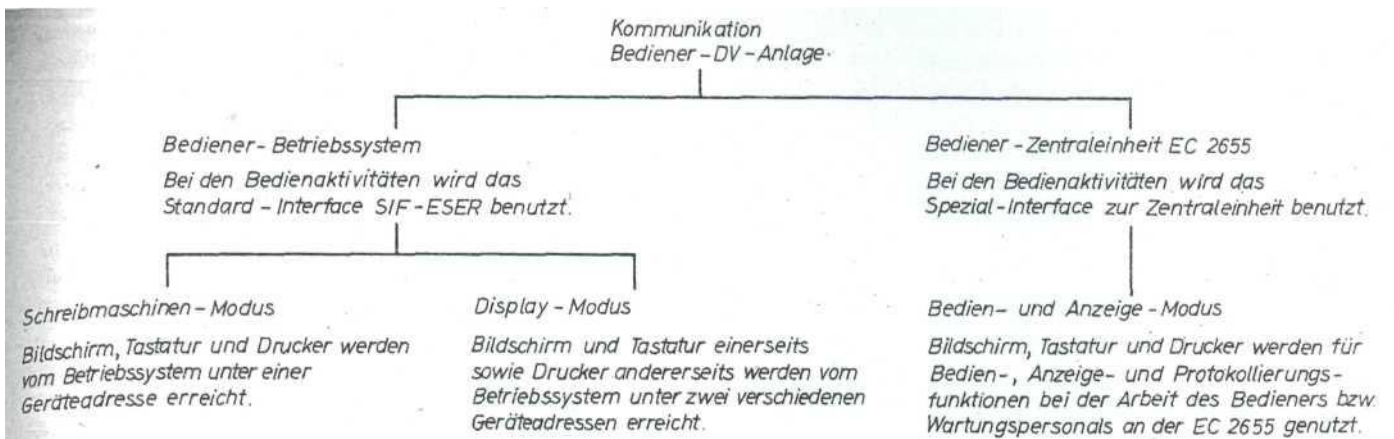


Abb. 26 Kommunikation Bediener-DV-Anlage mit EC 7069

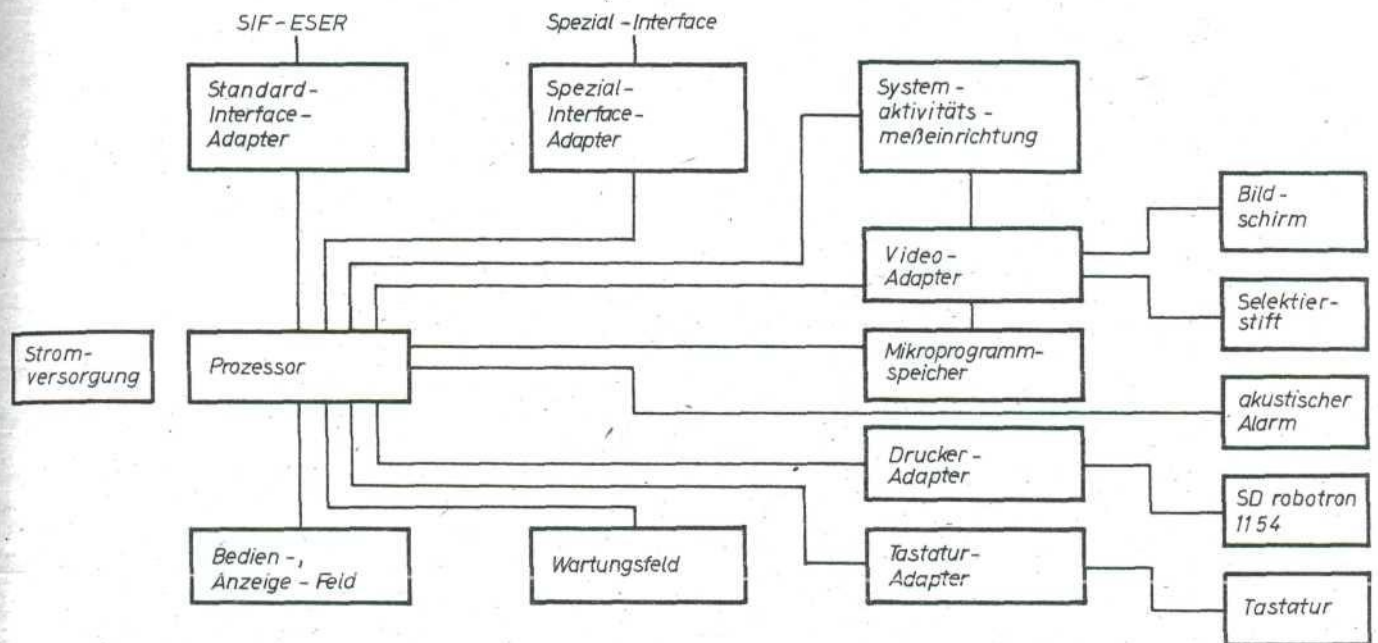


Abb. 27 Blockschalbild EC 7069

Der Prozessor besteht aus Mikroprogrammsteuerwerk, einer Verarbeitungseinheit und der Taktzentrale. Seine Aufgaben umfassen die internen Verarbeitungsoperationen sowie die Steuerung der Zusammenarbeit mit den anderen Bedieneinheitenkomplexen.

Der Video-Adapter ist ein weitgehend autonom arbeitender Funktionskomplex. Er liefert die Synchronisations- und Videosignale für das angeschlossene Bildschirmgerät, verarbeitet aber auch die Signale des Selektierstiftes. Über den Standard-Interface-Adapter wird EC 7069 an den Byte-Multiplexkanal 0 der ZE angeschlossen. Zu den Aufgaben des Adapters gehört die Realisierung der Interfacefolgen. Der Anschluß der Bedieneinheit über den Spezialinterface-Adapter erlaubt folgende Bedienfunktionen:

- Anzeige interner Hardwarezustände der ZE
- Eingriffe des Bediener (z. B. IPL starten, Belegung von Speicherplätzen ändern usw.)
- Eingriffe des Wartungspersonals (z. B. Mikrotest auslösen, Mikrobefehls-Adreßvergleichstopp einstellen usw.)

Das Spezialinterface besteht aus 16 Leitungen, von denen "einige bestimmten Signalen zugeordnet sind. Die eigentliche Informationsübertragung erfolgt jedoch in beiden Richtungen

bitseriell mit Hilfe standardisierter Prozeduren. Der Spezial-Interface-Adapter enthält deshalb z.B. Einrichtungen zur Serien-Parallel- bzw. Parallel-Serien-Wandlung der übertragenen Informationen.

Mit Hilfe der Tastatur- bzw. Drucker-Adapter werden die von Drucker bzw. Tastatur verwendeten Interface-Signale an die internen Bedingungen der Bedieneinheit angepaßt. Anstelle der Tastatur läßt sich für Eingabe- und Funktionssteuerzwecke auch ein Selektierstift benutzen.

Das Bedien- und Anzeigefeld ermöglicht nur noch die Ausführung und Kontrolle einiger weniger Bedienfunktionen. Dazu gehören z. B. die Netz EIN/AUS-Tasten (einschließlich NOTAUS-Schaltung) die STOP- und die START-Taste, sowie die zugehörigen Anzeigen. Den weitaus größten Teil nehmen die Bedienaktivitäten über Bildschirmmeinheit und Tastatur ein. Das Wartungsfeld der Bedieneinheit erlaubt dem Wartungspersonal in die Logik der Bedieneinheit einzugreifen und interne Zustände sichtbar zu machen.

Auf Fehlbedienungen und Fehler der Bedieneinheit wird der Bediener mit einem akustischen Alarmzeichen aufmerksam gemacht.

Als Zusatzeinrichtung kann bei der Bedieneinheit eine System-Aktivitäts-Meßeinrichtung installiert werden. Mit dieser Einrieb

tung kann eine mittels eines Drehschalters am Bedienfeld wählbare Meßgröße aus der EC 2655, die Aufschluß über die Systemauslastung gibt (z. B. Zeitmessung ZE-Arbeit oder Zählung Seitenwechsel), in analoger Form auf dem Bildschirm oder in numerischer Form durch das Seriendruckwerk angezeigt werden.

Nach dem Einschalten der ZE durch Drücken der Netz-EIN-Taste auf dem Bedienfeld der EC 7069 wird auf dem Bildschirm das Systemgrundbild sichtbar. Bei Anzeige dieses Bildes und einer geeigneten Funktionsauswahl mittels Tastatur (bzw. Selektierstift) lassen sich z. B. solche Bedienfunktionen wie IPL-Start oder auch das Einstellen eines Adressenvergleichsstopp realisieren. Darüber hinaus lassen sich von diesem Bild aus alle weiteren Bilder aufrufen- und anzeigen. Das Programmbild, welches der Systembediener bei seiner Arbeit benötigt, kann z. B. durch aufeinanderfolgendes Drücken der Tasten B und 1 ausgewählt und gezeigt werden. Für das Umschalten auf das Programmbild existiert jedoch noch eine gesonderte Taste auf dem Bedienfeld. Eine IPL-Start-Bedienfolge am Systemgrundbild kann durch Drücken der Tasten F 4 X eingeleitet werden. Damit wird zunächst nur System-Rücksetzen mit Löschen des Hauptspeichers ausgeführt. Anschließend wird nach Drücken der Taste L die Kanal- und Geräteadresse des IPL-Gerätes als 3stellige Hexadezimalzahl eingetastet. Die Eingabe dieser Adresse wird mit der ENTER-Taste abgeschlossen. Die nachfolgende Betätigung der Tasten F 5 X führt zum Start der IPL-Prozedur, was auch am Anzeigefeld durch Aufleuchten der IPL-Lampe erkennbar wird. Entsprechend der gedrückten Taste und der damit ausgewählten Bedienfunktion springt der Cursor auf dem Bildschirm in die zugeordnete Position. Die Betätigung der Taste X führt jeweils zur Ausführung der ausgewählten Bedienfunktion. Die gemäß den Operationsprinzipien des ESER II neu eingeführte Unterbrechungsmöglichkeit RESTART wird mit der Taste F 1 X realisiert.

Für den Systembediener ist neben dem Systemgrundbild und dem Programmbild noch ein weiteres Bild von Bedeutung, mit dessen Hilfe er die Belegung der Universal, Steuer- und Gleitkommaregister sowie von Hauptspeicherplätzen anzeigen und ändern kann. Dieses Bild, welches vom Systemgrundbild aus durch Drücken der Tasten B 3 ausgewählt und angezeigt wird, erlaubt auch die vollständige Anzeige des steuernden PSW. Für diese Bedienaktivitäten ist die ZE durch Drücken der STOP-Taste in den Stoppzustand zu bringen. Während des Stoppzustandes wird auch im unteren Teil des Programmbildes der aktuelle Befehlszählerstand angezeigt. Die STOP-Taste ist als Rasttaste ausgeführt und ermöglicht in eingerastetem Zustand bei Betätigung der START-Taste das befehlsweise Verarbeiten eines Programmes. Die weiteren vom Systemgrundbild auswählbaren Bilder (B 4-B 7, C 1-C 6) sind vorzugsweise für Wartungs- und Diagnosezwecke vorgesehen. Mit ihrer Hilfe lassen sich interne Zustände der ZE sichtbar machen, spezielle mikroprogrammierte Tests auslösen sowie bestimmte Test- und Steuerzustände einschalten. Alle auf den erwähnten Bildern angezeigten Informationen, einschließlich der eingegebenen Daten, lassen sich im Bedarfsfall durch Tastendruck auf dem Seriendrucker protokollieren. Dazu dient die Taste KOPIEREN. Bei der Arbeit mit dem Betriebssystem wird automatisch jede auf dem Programmbild erscheinende Informationszeile vom Seriendruckwerk kopiert (Schreibmaschinen-Modus).