



Dr. H. Wehrig · Bad Hersfeld

ZUSE Z 31 Eine neue Datenverarbeitungsanlage für kommerzielle und technisch-wissenschaftliche Aufgaben

Dem Einsatz einer Datenverarbeitungsanlage in einem Betrieb geht im allgemeinen eine umfangreiche Analyse der durch diese Anlagen zu lösenden Aufgaben voraus. Die Wahl eines bestimmten Datenverarbeitungssystems wird einmal von der Art der Aufgaben und zum anderen von ihrem Umfang bestimmt. So ist zunächst die Frage zu beantworten, ob die Anlage überwiegend Aufgaben des kommerziellen oder technisch-wissenschaftlichen Bereiches zu lösen hat, da wegen der sehr unterschiedlichen Verarbeitungsprinzipien der genannten Bereiche aus wirtschaftlichen Gründen zwei grundsätzlich verschiedene Systeme von Datenverarbeitungsanlagen angeboten werden. Im folgenden sollen vorerst einmal die charakteristischen Merkmale der beiden Aufgabengebiete erläutert werden.

1. Datenverarbeitungsanlagen für kommerzielle Aufgaben

Im kommerziellen Bereich ist im allgemeinen eine sehr große Menge von Daten zu verarbeiten, d. h. in die Anlage einzugeben. Diese große Datenmenge läßt sich jedoch in eine große Anzahl gleichartiger Gruppen unterteilen, wobei jede Gruppe selbst nur aus relativ wenigen Daten besteht und nach dem gleichen Programm verarbeitet wird (z. B. bei der Lohn-, Material-Konten-Abrechnung usw.). Demzufolge kann in der Anlage jede Gruppe unabhängig von den anderen verarbeitet werden.

Damit ist es möglich, jeweils nur die Daten einer Gruppe in die Anlage einzugeben, zu verarbeiten und die Ergebnisse sofort wieder auszugeben. Um eine schnelle Verarbeitung der Daten zu ermöglichen, müs-

sen die Daten, die Zwischen- und Endergebnisse sowie das Programm in einem Speicher kurzer Zugriffszeit, dem sog. Arbeitsspeicher der Anlage, gespeichert werden. Unter der Zugriffszeit versteht man die Zeit, die vergeht, bis eine aufgerufene Information aus dem Speicher zum Ort der Verarbeitung, dem sog. Operationswerk der Anlage, gelangt. Da einmal die Anzahl der Daten einer Gruppe nur gering ist, zum anderen wegen der einfachen Verarbeitungsprinzipien die kommerziellen Programme nur relativ wenige Befehle enthalten, braucht der Arbeitsspeicher einer solchen Anlage eine nur relativ kleine Kapazität haben.

Da jedoch sehr viele Gruppen und damit sehr viele Daten ein- und ausgegeben werden müssen, ist eine hohe Ein- und Ausgabegeschwindigkeit der Daten über entsprechende Informationsträger (Lochstreifen, Lochkarten usw.) erforderlich. Unter der Voraussetzung, daß alle zur Verarbeitung notwendigen Daten jeweils neu in die Anlage eingegeben werden, sind außer dem genannten Arbeitsspeicher keine weiteren Speicher erforderlich. Da jedoch die Datenverarbeitungsgeschwindigkeit einer solchen Anlage maßgeblich von den erreichbaren Ein- und Ausgabegeschwindigkeiten abhängt, diese aber infolge der hierbei verwendeten mechanischen Geräte begrenzt sind, sollte die Anzahl der Eingabedaten möglichst beschränkt werden.

Es ist ohne weiteres möglich, bestimmte Daten (z. B. Kontostände, Materialbestände usw.) dauernd in der Anlage zu speichern, um sie nicht jedesmal neu eingeben zu müssen. Zur Speicherung dieser großen Datenmenge kommt der Arbeitsspeicher wegen der dann erforderlichen hohen Kapazität und des damit verbun-

denen hohen Preises nicht in Frage. Bei entsprechender Vorsortierung der noch verbleibenden Eingabedaten können die erwähnten Daten auf Speichern längerer Zugriffszeit gespeichert werden, ohne daß sich diese Zugriffszeit störend bemerkbar macht*).

Diese Speicher längerer Zugriffszeit, insbesondere Magnetbänder, sind wesentlich preiswerter als der Arbeitsspeicher. Vergleichsweise betragen die Kosten für einen Magnetbandspeicher nur etwa 1 % der Kosten für einen Arbeitsspeicher (Magnetkernspeicher) gleicher Kapazität.

Eine Datenverarbeitungsanlage für kommerzielle Aufgaben wäre demnach folgendermaßen zu charakterisieren:

Die Kapazität des Arbeitsspeichers der Anlage braucht nur relativ gering zu sein.

Der Anschluß von Speichern großer Kapazität, aber längerer Zugriffszeit (sog. Nachschubspeicher) sollte möglich sein.

Die Ein- und Ausgabegeschwindigkeit der Daten muß groß sein, da durch sie in den meisten Fällen die effektive Datenverarbeitungsgeschwindigkeit bestimmt wird.

Wegen der sehr einfachen kommerziellen Programme ist nur ein sehr einfacher Befehlscode (Operationsschlüssel) der Anlage erforderlich.

2. Datenverarbeitungsanlagen für technisch-wissenschaftliche Aufgaben

Im Vergleich zu kommerziellen Aufgaben ist die Menge der zu verarbeitenden Daten im technisch-wissenschaftlichen Bereich gering. Mit diesen Daten sind jedoch mei-

*) Ein Speicher mit langer Zugriffszeit wird zum Speicher mit kurzer Zugriffszeit, wenn die Daten in der gespeicherten Reihenfolge verarbeitet werden.

stens sehr umfangreiche Berechnungen anzustellen, die wiederum sehr lange Programme erfordern. Zur Speicherung der Programme kommt praktisch nur ein Speicher kurzer Zugriffszeit in Frage, da infolge der zahlreichen Verzweigungsmöglichkeiten innerhalb des Programmes jeder gespeicherte Befehl bei Bedarf schnell erreichbar sein muß.

Der Befehlscode einer wissenschaftlichen Anlage unterscheidet sich meist erheblich von dem einer kommerziellen Anlage. Die komplizierten Probleme erfordern einen wesentlich flexibleren Befehlscode, um möglichst befehlsparende und dennoch schnelle Programme aufstellen zu können.

Eine Datenverarbeitungsanlage für technisch-wissenschaftliche Aufgaben wäre demnach folgendermaßen zu charakterisieren:

Die Kapazität des Arbeitsspeichers sollte möglichst groß sein.

Die Ein- und Ausgabegeschwindigkeit der Daten braucht nicht sehr groß zu sein, da die effektive Datenverarbeitungsgeschwindigkeit meistens durch die interne Verarbeitung der Daten bestimmt wird.

Wegen der komplizierten Berechnungen ist ein flexibler Befehlscode vorteilhaft.

Ein Vergleich der beiden angeführten Datenverarbeitungssysteme zeigt, daß sich die jeweils geforderten Eigenschaften ziemlich genau widersprechen. Aus diesem Grunde ist es nur mit großen Schwierigkeiten möglich, mit einer kommerziellen Anlage ein umfangreiches wissenschaftliches Problem zu lösen und umgekehrt. Sehr oft hat die scharfe Trennung in kommerzielle und wissenschaftliche Anlagen für einen Betrieb erhebliche Nachteile, da in vielen Fällen mit der Anlage kommerzielle und wissenschaftliche Aufgaben bearbeitet wer-



den müssen, wobei das eine Gebiet nur nebenbei behandelt werden soll, dann aber wegen der Eigenart der Anlage zu einem schwierigen Problem wird.

Bei der Entwicklung der im folgenden beschriebenen programmgesteuerten elektronischen Datenverarbeitungsanlage ZUSE Z 31 waren folgende Gesichtspunkte maßgebend:

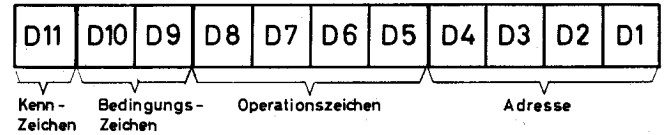
Die Anlage sollte besonders zur Lösung von Aufgaben des kommerziellen Bereiches geeignet sein.

Die Anlage sollte jedoch wissenschaftliche Probleme ebenfalls gut lösen können.

Die beiden Forderungen wurden einmal durch die Wahl eines außerordentlich flexiblen Befehlscodes und zum anderen durch ein konsequent durchgeführtes sog. Baukastenprinzip erfüllt. Durch das Baukastenprinzip ist es möglich, die Anlage sowohl in der Speicherkapazität als auch hinsichtlich der Ein- und Ausgabegeräte dem vorliegenden Problem anzupassen. Außerdem kann bei wachsenden Aufgabenbereichen die Anlage ständig erweitert werden.

3. Das ZUSE Z 31 - System

Das ZUSE Z 31 - System bietet die Möglichkeit, verschiedene Datenverarbeitungsgeräte entsprechend den zu lösenden Problemen zu einer Datenverarbeitungsanlage zusammenzustellen.



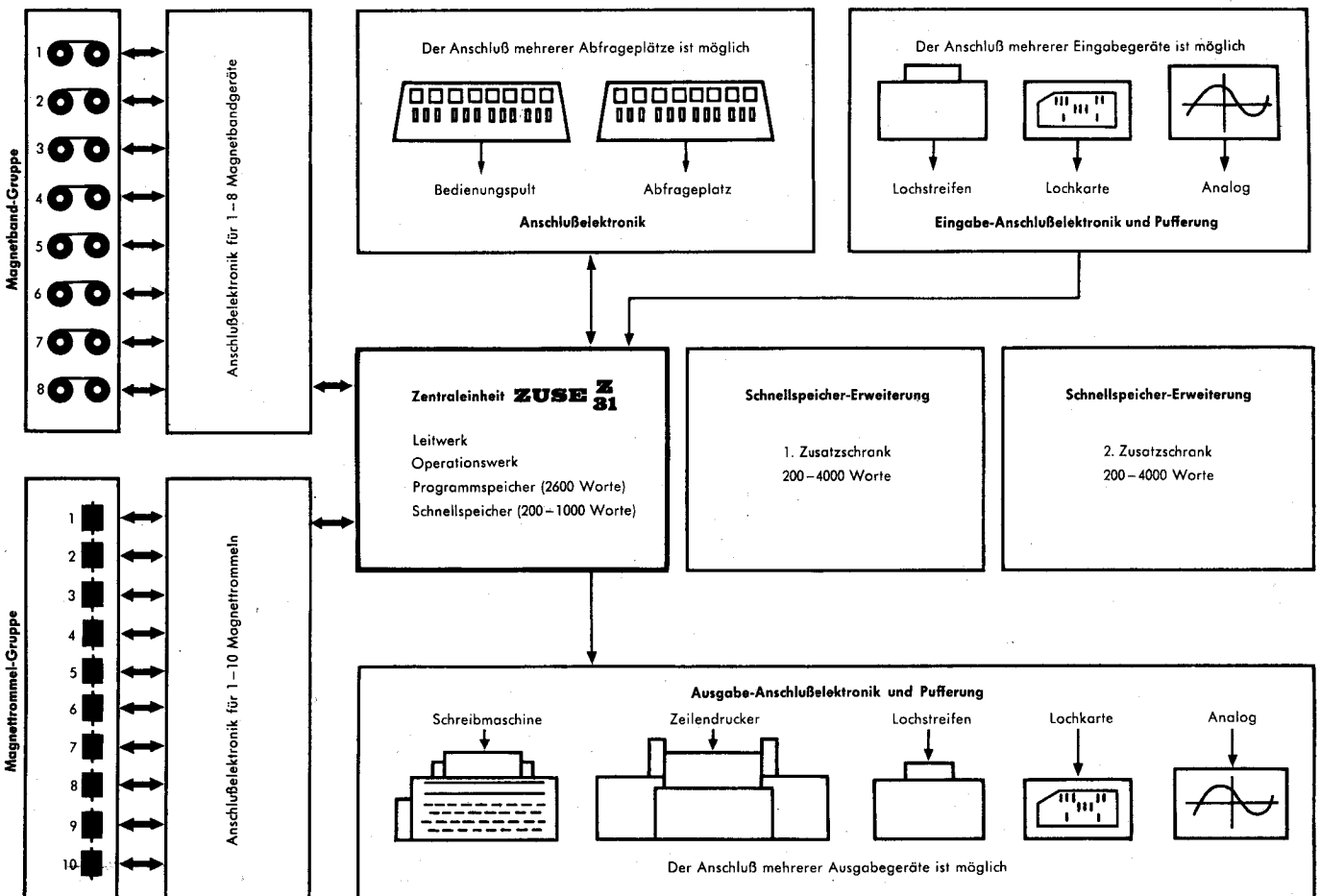
Aufbau des Befehlswortes der ZUSE Z 31

Eine Übersicht der Ausbaumöglichkeit des Systems gibt die untenstehende Schema-Zeichnung.

Das System wird durch die Zentraleinheit ZUSE Z 31 gesteuert, die zunächst behandelt werden soll. Im Anschluß daran erfolgt die Beschreibung des Nachschubspeicher- sowie des Ein- und Ausgabesystems.

3. 1. Die Zentraleinheit ZUSE Z 31

Die Zentraleinheit ZUSE Z 31 ist eine programmgesteuerte elektronische Rechenanlage in Transistortechnik. Die Informationseinheit der ZUSE Z 31 ist das aus 44 Bits bestehende Wort, das entweder eine Zahl, eine Textinformation oder einen Befehl darstellen kann. Die höchste Stelle des Wortes (D 11) besteht aus 4 Bits und dient zur Kennzeichnung des Wortes. Die übrigen 40 Bits stellen die eigentliche Information dar. Sie sind bei Zahlen und Befehlen in 10 Gruppen zu je 4 Bits, die sog. Dezimalstellen D 10 — D 1 unterteilt. In jeder Dezimalstelle können 10 verschiedene Zustände entsprechend den Ziffern 0—9 im 3-Excess-Code dargestellt werden;



ebenso gestattet die Kennzeichenstelle D 11 die Unterscheidung in 10 verschiedenen Wortarten. In D 11 kennzeichnet 0 eine positive, 9 eine negative Zahl, 1, 2, 3, 6, 7 und 8 je einen bestimmten Befehlstyp, 4 oder 5 schließlich je eine bestimmte Textverschlüsselung, bei der je 8 Bits der Stellen D 10—D 1 einen Buchstaben oder ein Satzzeichen darstellen.

Die Verarbeitung der Wörter der ZUSE Z 31 erfolgt im Serienprinzip, bei einigen Transportoperationen wird eine Parallelübertragung angewandt. Elementaroperationen, wie Additionen, Subtraktionen, logische Operationen, Transporte usw. werden in einer Wortzeit (420μ) ausgeführt. Durch einen speziellen Befehl ist es möglich, beliebige Teile eines Wortes herauszuschneiden und zu verarbeiten.

Aufbau des Befehlscodes der ZUSE Z 31

Ein Befehlswort der ZUSE Z 31 besteht, wie schon erwähnt, aus 11 Dezimalziffern, die in den Dezimalstellen D 11—D 1 dargestellt werden. Jeder Dezimalstelle des Befehlswortes ist eine bestimmte Bedeutung zugeordnet. Die obenstehende Zeichnung zeigt den Aufbau eines Befehlswortes der ZUSE 31.

In den Stellen D 8—D 5 können pro Befehl 4 Operationen gleichzeitig in der Anlage ausgelöst werden. Jede Stelle bietet die Möglichkeit, eine von 9 Operationen entsprechend den Ziffern 1—9 auszulösen. Von den damit $9^4 = 6561$ möglichen Befehlen stellen etwa 3200 Befehle sinnvolle Anweisungen für die Anlage dar. Die geschilderte Kombinationsmöglichkeit zwischen den Operationsdezimalen D 8—D 5 ist das Kennzeichen eines sog. analytischen Befehlscodes. Dieser Code gestattet es, sowohl befehlssparende als auch schnelle Programme aufzustellen, da, durch einen Befehl gesteuert, gleichzeitig mehrere Operationen in der Anlage durchgeführt werden können. In den Dezimalen D 8—D 5 stehen folgende Befehle zur Verfügung:

D 8: 4 Additions- bzw. Subtraktionsbefehle, 3 logische Befehle, 2 Transportbefehle.

D 7: 5 Stellenverschiebungsbefehle, 2 Adressenmodifikationsbefehle, 1 Befehl zur Steuerung des Programmablaufes, 1 Ergänzungsbefehl.

D 6: 4 Zählbefehle, 3 Befehle zur Steuerung des Programmablaufes, 1 Befehl zum Rechnen mit mehrfacher Zahlenlänge, 1 Ergänzungsbefehl.

D 5: 4 Zählbefehle, 4 Befehle zur Steuerung des Programmablaufes, 1 Ergänzungsbefehl.

In den Stellen D 4—D 1 wird die Adresse gegeben, d. h. die Nr. der Speicherzelle, in der sich der 1. Operand befindet. Der bei den meisten Operationen erforderliche 2. Operand wird, wie bei jeder Ein-Adreß-Anlage üblich, durch den speziellen Operationsbefehl mit angegeben. Bei der ZUSE Z 31 kennzeichnen insbesondere die 9 Befehle unter D 8 das Register, in dem sich der 2. Operand befindet.

Die Dezimalen D 10 und D 9 gestatten es, jeden Befehl bedingt zu geben: Der Befehl wird nur dann ausgeführt, wenn die in D 10 und D 9 gegebenen Bedingungen erfüllt sind. Die Bedingungen beziehen sich auf den Zu-

stand der Rechenregister, Zählregister und besonderer Bedingungsspeicher in der Anlage. Die Möglichkeit, jeden Befehl bedingt geben zu können, gestattet es der Anlage, zahlreiche logische Entscheidungen zu treffen.

Dadurch ergeben sich beachtliche Vorteile bei der Programmierung gegenüber Befehlscodes, bei denen die Bedingungen nur an einzelne Befehle, meistens Sprung- bzw. Verzweigungsbefehle, gekoppelt sind.

Die Kennzeichendezimale D 11 schließlich unterscheidet zwischen 6 Befehlstypen, und zwar zwischen einem Normalbefehl, einem Adressensubstitutionsbefehl, einem Wiederholungsbefehl, einem Blockübertragungsbefehl sowie zwischen zwei zusätzlich bedingten Befehlen.

Im Rahmen dieser Abhandlung konnte nur der prinzipielle Aufbau des Befehlscodes der ZUSE Z 31 erläutert werden. Dieser Code stellt den sog. Interncode der Anlage dar, d. h. die in dieser Form ziffernverschlüsselten Befehle lösen im Befehlsregister der Anlage über Steuerleitungen die entsprechenden Operationen aus. Das Programmieren im Interncode gestattet es, die umfangreichen Möglichkeiten der Befehlsgebung auszunutzen und damit optimale Programme aufzustellen. Deshalb werden alle Grund- und Routineprogramme direkt im Interncode programmiert.

Ein wesentlich einfacheres und schnelleres Programmieren ist unter Verwendung der sog. Externcodes der ZUSE Z 31 möglich. Die Externcodes sind einfacher aufgebaut und bestehen aus weniger Befehlen, deren Anwendung sehr leicht zu erlernen ist. Es stehen verschiedene Externcodes zur Verfügung, von denen einige mit adressenlosen Befehlen arbeiten. Durch entsprechende Übersetzungsprogramme werden die Externbefehle nach dem Einlesen in die Anlage in Internbefehle umgewandelt. Der Vorteil der Externcodes besteht darin, daß die vorliegenden Aufgaben in kurzer Zeit von nicht unbedingt hochqualifizierten Kräften programmiert werden können.

Aufbau und Arbeitsweise der Zentraleinheit ZUSE Z 31

Der Aufbau und die Arbeitsweise der Zentraleinheit sollen an Hand des in Abb. 3 dargestellten vereinfachten Blockschaltbildes erläutert werden. Der Arbeitsspeicher, auch Schnellspeicher genannt, ist ein Ferritkernspeicher. Seine Zugriffszeit liegt in der Größenordnung von Mikrosekunden. Er gestattet in einer Wortzeit das Abholen eines gespeicherten Wortes und die Speicherung eines neuen Wortes in der gleichen Zelle. Im Grundaufbau hat der Schnellspeicher eine Kapazität von 200 Wörtern, entsprechend 2200 Dezimalstellen.

Der Schnellspeicher ist in Gruppen von je 200 Wörtern bis zu 1000 Wörtern in der Zentraleinheit ausbaufähig. Durch zwei weitere Zusatzschranken kann die Schnellspeicherkapazität bis auf insgesamt 9000 Wörter (99 000 Dezimalstellen) erweitert werden.

Zur Aufnahme von insgesamt 2600 Wörtern dient ein verdrahteter Ferritkernspeicher, der sog. Programmspeicher. In ihm werden die Grundprogramme sowie bestimmte unveränderliche Teile des Hauptprogram-

mes entsprechend den Aufgaben des Benutzers im Werk fest verdrahtet. Zu den Grundprogrammen gehören u. a. die Unterprogramme der Multiplikation, Division usw. sowie die Ein- und Ausgabeprogramme. Weiterhin können z. B. Teile von Sortierprogrammen, Lohn-, Material- und Kontenabrechnungsprogrammen einschließlich der erforderlichen Tabellen verdrahtet werden. Infolge des sehr flexiblen Befehlscodes ist es in Verbindung mit Adressenmodifikationsbefehlen möglich, durch die im Schnellspeicher befindlichen Befehle des Hauptprogrammes die fest verdrahteten Befehle und Konstanten des Programmspeichers beliebig in den Programmablauf einzubeziehen.

Der Programmspeicher hat gegenüber dem Schnellspeicher den Vorteil, daß sich mit einem wesentlich geringeren Material- und damit Kostenaufwand eine große Anzahl von Wörtern speichern lassen, die von der Anlage praktisch ohne Zugriffszeit abgerufen werden können. Der Programmspeicher besteht aus zwei austauschbaren Blöcken zu je 1300 Wörtern. Damit ist ein Programmwechsel innerhalb weniger Sekunden möglich.

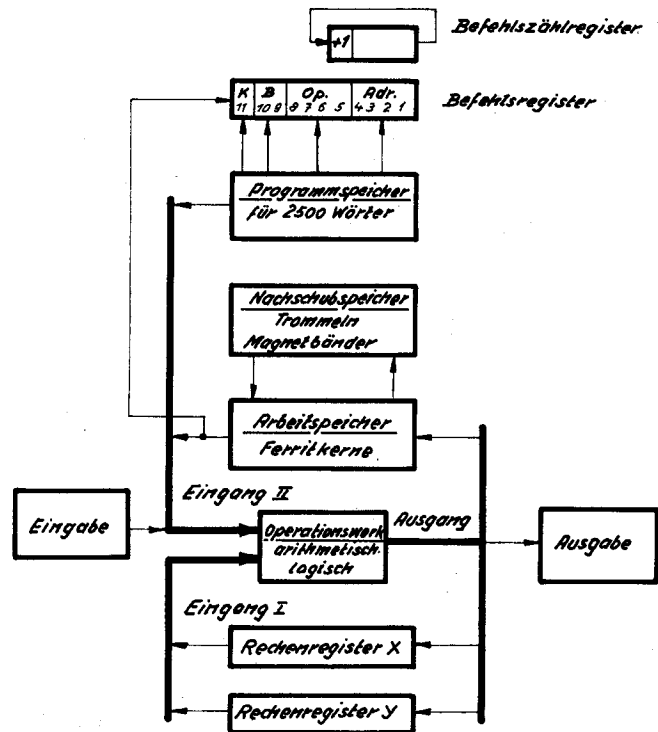
Betrachten wir einmal den Ablauf eines Programmes der ZUSE Z 31. Die variablen Teile des Hauptprogrammes sollen sich im Schnellspeicher, konstante Teile des Hauptprogrammes sowie die Grundprogramme im Programmspeicher befinden. Das Programm soll mit einem Befehl aus dem Schnellspeicher gestartet werden. Der Befehl gelangt in der ersten Wortzeit über den im Blockschaltbild eingezeichneten Weg vom Schnellspeicher in das Befehlsregister, wird dort entschlüsselt und steuert in der zweiten Wortzeit die angegebene Operation. Gleichzeitig wurde im Befehlszählregister ein linearer Programmablauf vorbereitet. Unter einem linearen Programmablauf versteht man die Ausführung der Befehle eines Programmes in der Reihenfolge, in der sie im Speicher gespeichert sind. Der lineare Programmablauf, also Befehl holen, ausführen; nächsten Befehl holen, ausführen usw., wird solange fortgesetzt, bis ihn ein sog. Sprungbefehl unterbricht.

Es kann nun entweder auf eine neue Adresse des Schnellspeichers oder auf eine des Programmspeichers „gesprungen“ werden. Es schließt sich dann ein erneuter linearer Programmablauf entweder aus dem Schnell- oder Programmspeicher an, bis der nächste Sprungbefehl den linearen Ablauf wiederum unterbricht.

Es ist zu erwähnen, daß bei einem Programmablauf aus dem Programmspeicher das Holen und Ausführen des Befehls in einer Wortzeit erfolgt, da der Befehl aus dem Programmspeicher parallel, und nicht wie beim Ablauf aus dem Schnellspeicher, serienmäßig ins Befehlsregister übertragen wird.

Das Vorhandensein des Programmspeichers ermöglicht es, die Teile des Hauptprogrammes im Schnellspeicher sehr kurz zu halten und damit diesen Speicher für die Aufnahme von Daten, Ergebnissen usw. freizuhalten.

Die eigentliche Datenverarbeitung findet im Operationswerk statt, wobei der eine Operand entweder aus dem Schnellspeicher oder aus dem Programmspeicher, der andere aus einem der beiden Rechenregister X oder



Y abgerufen werden kann. Das Ergebnis kann entweder in eines der Rechenregister oder in den Schnellspeicher gebracht werden. Die beiden Rechenregister können durch einen Befehl gesteuert unabhängig voneinander operieren. Der Inhalt des einen kann z. B. mit dem Inhalt einer Schnellspeicherzelle addiert werden, gleichzeitig kann der Inhalt des anderen mit Hilfe eines nicht eingezeichneten Addierwerkes um + 1 oder - 1 verändert werden. Ebenfalls gleichzeitig können im Blockschaltbild nicht eingezeichnete Zählregister und Bedingungsspeicher gesteuert werden.

In dem Blockschaltbild wurden nur die wichtigsten Informationswege angegeben. Es existieren z. B. in der Anlage weitere Wege, die den Informationsaustausch zwischen den Rechenregistern, das Modifizieren der Adressenstellen des Befehlsregisters usw. ermöglichen.

3. 2. Das Nachschubspeichersystem der ZUSE Z 31

Bei sehr vielen Aufgaben sowohl des kommerziellen als auch technisch-wissenschaftlichen Bereiches ist es notwendig, eine sehr große Anzahl von Daten oder Befehlen in der Anlage zu speichern. Wie schon erwähnt, benutzt man hierzu aus wirtschaftlichen Gründen keinen entsprechend großen Arbeitspeicher (Schnellspeicher), sondern sog. Nachschubspeicher, die wesentlich weniger Aufwand als der Schnellspeicher erfordern.

Die Zusammenarbeit zwischen dem Schnellspeicher der Zentraleinheit und dem Nachschubspeicher spielt sich im Prinzip folgendermaßen ab:

Bei Bedarf werden aus dem Nachschubspeicher eine größere Anzahl von Wörtern, ein sog. Informationsblock, in den Schnellspeicher der Zentraleinheit übertragen. Natürlich ist auch der Transport in umgekehrter Richtung möglich. Entscheidend ist jedoch, daß die wegen der Zugriffszeit erforderliche Wartezeit der Anlage nur einmal für die Übertragung eines Informa-

tionsblockes auftritt. Je größer die Anzahl der Wörter eines Blockes ist, um so kleiner wird damit der Anteil der Wartezeit pro Wort. Die Wartezeit ist die Zeit, die die Anlage warten muß, bis ein Nachschubspeicher bereit ist, einen Informationsblock abzugeben oder aufzunehmen. Beim Magnetbandspeicher z. B. ist es die Zeit, die vergeht, bis sich die gewünschte Stelle des Magnetbandes unter den Lese- bzw. Schreibköpfen befindet.

Bei entsprechender Programmierung kann, wie später noch erläutert wird, die Wartezeit wesentlich kleiner als die Zugriffszeit sein. Hat schließlich eine Übertragung eines Informationsblockes in den Schnellspeicher stattgefunden, so werden die Informationen dort praktisch ohne Zugriffszeit verarbeitet. Die ZUSE Z 31 ermöglicht den Anschluß zweier Arten von Nachschubspeichern, und zwar von Magnettrommel- und Magnetbandspeichern, deren Wirkungsweise als bekannt vorausgesetzt wird.

Der Magnettrommelspeicher

Eine Magnettrommel des ZUSE Z 31-Systems gestattet die Speicherung von 6400 Wörtern bei einer mittleren Zugriffszeit von 10 ms pro Wortblock. Der Anschluß mehrerer Trommeln (bis zu 10 pro Trommelgruppe) ist möglich. Die Wörter auf der Trommel sind blockweise durch die sog. Blockadresse adressiert. Die Blöcke selbst können variable Länge haben und werden durch sog. Blocktrennungszeichen begrenzt.

Durch zwei Befehle ist es möglich, einen Wortblock von der Trommel in den Schnellspeicher oder in umgekehrter Richtung zu übertragen. Durch die beiden Befehle werden die Trommeladresse (z. B. Trommel Nr. 3), die Blockadresse und die Anfangsadresse des Schnellspeichers, die das erste Wort des Blockes abgeben oder aufnehmen soll, bestimmt. Die Übertragung eines Wortblockes wird durch das Blocktrennungszeichen beendet. Sollen nicht alle Wörter eines Blockes übertragen werden, so kann die Anzahl der zu übertragenden Wörter durch einen weiteren Befehl angegeben werden. Nach beendeter Übertragung „springt“ die Anlage in das Hauptprogramm zurück. Bei nur teilweiser Übertragung des Blockes können die übertragenen Wörter sofort verarbeitet werden, so daß bereits anschließend das erste Wort des nächsten Blockes übertragen werden kann.

Der Magnetbandspeicher

Ein Magnetband der ZUSE Z 31 gestattet die Speicherung von mehr als 750 000 Wörtern bei einer mittleren Zugriffszeit von 300 s. Der Anschluß mehrerer Magnetbandgeräte (bis zu 8 pro Magnetbandgruppe) ist möglich. Die Wörter auf dem Magnetband sind blockweise durch die Blockadresse adressiert. Die Blöcke selbst können variable Länge haben und sind durch Blocktrennungszeichen, gespeicherte Blockadressen und Zwischenräume zum Starten und Stoppen des Bandes getrennt. Wiederum durch zwei bzw. drei Befehle ist die Übertragung von Wortblöcken bzw. Teilen davon möglich.

Infolge der relativ großen Zugriffszeit des Magnetbandspeichers ist es wenig sinnvoll, die Anlage während

des Suchens eines bestimmten Informationsblockes warten zu lassen. Aus diesem Grunde besitzt die ZUSE Z 31 einen speziellen Suchbefehl. Wird dieser Befehl gegeben, so sucht das entsprechende Magnetbandgerät unabhängig von der Zentraleinheit die gewünschte Blockadresse. Ist die Blockadresse gefunden, stoppt das Magnetband und gibt ein sog. Freigabezeichen an die Zentraleinheit. Die Zentraleinheit war sofort nach dem Suchbefehl in das Hauptprogramm zurückgesprungen, konnte z. B. noch im Schnellspeicher befindliche Daten verarbeiten, Ein- und Ausgabegeräte versorgen usw. An geeigneten Stellen des Hauptprogrammes fragt die Zentraleinheit in gewissen Abständen durch einen speziellen Befehl die zum Freigabezeichen gehörige Freigabeleitung ab und leitet den Blocktransfer ein, sobald das Freigabezeichen auftritt. Durch diese Organisation ist es möglich, auch in mehreren Magnetbandgeräten Informationsblöcke suchen zu lassen, die zugehörigen Freigabeleitungen vom Hauptprogramm in gewissen Abständen abzufragen und damit die Wartezeiten der Anlage sehr gering zu halten.

Jedes Wort auf dem Magnetband ist durch ein System von Prüfzeichen so geschützt, daß sog. Ein-Bit-Fehler pro Wort beim Ablesen automatisch korrigiert werden. Erst wenn zwei oder mehr Bits pro Wort falsch sind, gibt die Anlage Alarm, wodurch entweder entsprechende Fehlerprogramme oder ein Maschinenstop veranlaßt werden.

Abschließend sollen die wichtigsten Eigenschaften des Nachschubspeichersystems der ZUSE Z 31 zusammengefaßt werden:

Sowohl auf der Magnettrommel als auch auf dem Magnetband können eine beliebige Anzahl von Wörtern zu adressierbaren Informationsblöcken zusammengefaßt werden. Die Anzahl der Wörter pro Informationsblock wird nur durch die verfügbare Schnellspeicherkapazität begrenzt.

Es ist möglich, jeden beliebigen Informationsblock des Nachschubspeichers in einen frei wählbaren Block des Schnellspeichers zu übertragen und umgekehrt. Damit werden Umspeicherungen innerhalb des Schnellspeichers weitgehend vermieden.

Durch Suchbefehle für die Magnetbandgeräte ist es möglich, die Wartezeit der Anlage sehr gering zu halten und damit eine hohe effektive Datenverarbeitungsgeschwindigkeit zu erreichen.

3. 3. Das Ein- und Ausgabesystem der ZUSE Z 31

Das Baukastensystem der Anlage gestattet den nahezu beliebigen Ausbau des Ein- und Ausgabesystems. Es können verschiedene Arten von Ein- und Ausgabegeräten, wie z. B. Lochstreifengeräte, Lochkartengeräte, Analoggeräte, Drucker usw. angeschlossen werden. Je nach der im Betrieb vorliegenden Aufgabe können mehr oder weniger schnelle Geräte hierzu verwendet werden. Das System einer bereits vorhandenen Datenverarbeitung kann berücksichtigt werden. Es können z. B. Lochkarten verschiedener Hersteller verarbeitet werden, da die ZUSE Z 31 nicht auf einen bestimmten Lochkartencode angewiesen ist. In manchen Fällen wird es

sogar möglich sein, über eine entsprechende Anschlußelektronik bereits vorhandene Geräte direkt an die ZUSE Z 31 anzuschließen. Im folgenden soll zunächst das Prinzip der Ein- und Ausgabe von Informationen behandelt werden.

Jedes Ein- und Ausgabegerät besitzt einen sog. Pufferspeicher. Die Größe des Pufferspeichers hängt von der Art des Gerätes ab. So hat z. B. der Pufferspeicher bei den Ein- und Ausgabegeräten für 80stellige Lochkarten eine Kapazität von 960 Bits entsprechend den 960 möglichen Lochpositionen. Ein Drucker z. B. besitzt einen Pufferspeicher, der genau die Informationen einer Zeile aufnehmen kann, Lochstreifengeräte besitzen entsprechend kleinere Pufferspeicher.

Die Eingabe von Informationen spielt sich nun folgendermaßen ab: Nach einem Startsignal wird die Information vom externen Informationsträger (z. B. von der Lochkarte) in den zugehörigen Pufferspeicher übertragen. Die hierzu benötigte Zeit ist im Vergleich zur internen Datenverarbeitungsgeschwindigkeit der Zentraleinheit sehr groß. Die Füllung des Pufferspeichers durch das Eingabegerät erfolgt jedoch nach dem Start des Gerätes unabhängig von der Zentraleinheit, die während dieser Zeit z. B. schon vorher eingelesene Daten verarbeiten kann.

Nach beendeter Füllung des Pufferspeichers stoppt das Eingabegerät und gibt ein Freigabezeichen.

Die zugehörige Freigabeleitung wird in gewissen Abständen von der Zentraleinheit abgefragt. Bei vorhandenem Freigabezeichen wird der Inhalt des Pufferspeichers in den Schnellspeicher mit der hohen internen Übertragungsgeschwindigkeit übernommen und gleichzeitig ein neues Startsignal für das Eingabegerät gegeben. Bei der Ausgabe finden entsprechende Vorgänge statt, wobei das Freigabezeichen angibt, daß der Inhalt des Pufferspeichers vom Ausgabegerät verarbeitet wurde (z. B. gestanzt oder gedruckt).

Als Beispiel soll einmal die Verarbeitung von Lochkarten näher betrachtet werden. Es sollen mit entsprechenden Lochkartengeräten 9000 Karten pro Stunde eingegeben, verarbeitet und die Ergebnisse wiederum auf Lochkarten mit einer Geschwindigkeit von 9000 Karten pro Stunde ausgegeben werden.

Sowohl das Einlesen einer Lochkarte in den Pufferspeicher als auch das Stanzen einer Lochkarte aus dem Pufferspeicher dauert bei der angegebenen Geschwindigkeit einschließlich Kartentransportzeit 400 ms. Da beide Vorgänge gleichzeitig ablaufen können, stehen also der Zentraleinheit 400 ms für folgende Vorgänge zur Verfügung:

1. Übertragung des Inhaltes von Eingabepufferspeicher in den Schnellspeicher
2. Verarbeitung der eingegebenen Information
3. Übertragung der Ergebnisse aus dem Schnellspeicher in den Ausgabepufferspeicher.

Zu 1. Die Übertragung geschieht in Form eines Blocktransfers. Hierbei ist es möglich, die Informationen des Eingabepuffers in einen beliebigen Hunderterblock des Schnellspeichers zu übertragen. Im Verlauf der Übertragung können bereits die verschiedenen Informations-

begriffe der Lochkarte auf einzelne Wörter des Schnellspeicherblockes verteilt werden, da eine durch das Programm vorher eingegebene „Maske“ die Stellen der Lochkarte bestimmt, die gemeinsam in eine Schnellspeicherzelle gebracht werden sollen. Durch die Übertragung kann also bereits eine verarbeitungsgerechte Vorsortierung der Daten erfolgen. Die Übertragung einschließlich dieser Vorsortierung dauert im Mittel 10 ms.

Zu 3. Die Übertragung geschieht ebenfalls in Form eines Blocktransfers und dauert im Mittel 10 ms.

Zu 2. Zur Verarbeitung der Informationen der Lochkarte stehen also insgesamt 380 ms zur Verfügung, da die Zeiten für die Abfrage des Freigabezeichens vernachlässigt werden können.

Als Beispiel sei angenommen, daß eine voll besetzte Lochkarte verarbeitet werden soll. Die 80 Ziffern sollen aus 20 Begriffen zu je 4 Stellen bestehen. Damit steht zur Verarbeitung jedes Begriffes eine Zeit von 19 ms zur Verfügung. In dieser Zeit kann die Zentraleinheit etwa 45 Elementaroperationen durchführen. Da jedoch, insbesondere bei kommerziellen Aufgaben, meistens nur einige Elementaroperationen pro Begriff notwendig sind, können noch zusätzlich z. B. Ergebnisse ausgedruckt werden, und zwar ebenfalls mit beachtlicher Geschwindigkeit, da auch die Zeilendrucker mit einem Pufferspeicher ausgerüstet sind. Das Füllen eines Pufferspeichers, der alle Zeichen einer Zeile aufnehmen kann, dauert etwa 15 ms. Soll z. B. die volle Druckgeschwindigkeit von 10 Zeilen/sec. eines entsprechenden Zeilendruckers ausgenutzt werden, so müßte innerhalb der angegebenen Zeit von 400 ms der Pufferspeicher des Zeilendruckers viermal gefüllt werden. Nach Abzug der hierfür erforderlichen Zeit von 60 ms stehen damit immer noch 320 ms zur Verarbeitung der Informationen einer Lochkarte zur Verfügung.

Das angeführte Beispiel zeigt, daß es durch die volle Pufferung der ein- und auszugehenden Informationen in Verbindung mit einer verarbeitungsgerechten Eingabe möglich ist, die Ein- und Ausgabegeräte dauernd mit der vollen Geschwindigkeit arbeiten zu lassen. Damit erübrigt sich für sehr viele Anwendungsgebiete der Anschluß extrem schneller und damit teurer Ein- und Ausgabegeräte. Das ZUSE Z 31 - System bietet zwar die Anschlußmöglichkeit für solche schnelle Geräte, jedoch werden sie in sehr vielen Fällen nicht erforderlich sein. Das hat nicht zuletzt den Grund, daß die Rechanlage nur eine relativ geringe Zeit (im Beispiel sind es nur 20 % der gesamten Zeit) mit der Ein- und Ausgabe der Informationen beschäftigt ist. In Verbindung mit einem entsprechenden Ausbau der Arbeits- und Nachschubspeicher ist es damit sehr oft möglich, eine bestimmte Aufgabe in einem Durchgang zu lösen. Damit erübrigt sich die mehrfache Eingabe bestimmter Informationen sowie die Aus- und Wiedereingabe von Zwischenergebnissen.

Gerade die Tatsache, daß bei Rechanlagen mit fehlender Ein- und Ausgabepufferung sowie beschränkter Speicherkapazität bestimmte Aufgaben nicht in einem Durchgang gelöst werden können, verringert die effektive Datenverarbeitungsgeschwindigkeit eines solchen

Systems in erheblichem Maße. Im Gegensatz zur ZUSE Z 31 ist dort der Einsatz von extrem schnellen Ein- und Ausgabegeräten unbedingt erforderlich, die aber nur zeitweise mit ihrer Höchstgeschwindigkeit arbeiten können und dazwischen immer wieder auf die Verarbeitung der eingegebenen Informationen warten müssen.

Abschließend sollen die wichtigsten Eigenschaften des Ein- und Ausgabesystems der ZUSE Z 31 zusammengefaßt werden:

Der Ausbau des Ein- und Ausgabesystems kann an die Aufgaben des entsprechenden Betriebes angepaßt werden. Schon vorhandene Datenträger (z. B. bestimmte Lochkarten) können verarbeitet werden, da die Anlage an den vorliegenden Code angepaßt werden kann.

Die Ein- und Ausgabe von Informationen erfolgt über Pufferspeicher, wodurch auch bei Geräten geringerer Geschwindigkeit hohe effektive Datenverarbeitungsgeschwindigkeiten erreicht werden.

3. 4. Kontrolleinrichtungen der ZUSE Z 31

Ein umfangreiches Kontrollsystem ermöglicht die Erkennung von Fehlern bei der Datenverarbeitung und erleichtert die bei jeder Rechenanlage erforderliche Wartung. An 18 Stellen der Zentraleinheit wird eine Kontrolle der Informationen durchgeführt. Auf dem Bedienungspult werden diese 18 Kontrollpunkte einzeln angezeigt. Wird eine falsche Information festgestellt, so leuchtet die zugehörige Alarmanzeige. Durch entsprechende Schalterstellungen kann bestimmt werden, ob und bei welchem Alarm die Anlage stoppen soll. Ein Teil der Kontrollen beruht auf der Redundanz des verwendeten 3-Excess-Codes.

Andere Kontrollen, insbesondere die der Speicher, werden durch Hinzufügen von einem Bit pro Zeichen bzw. 2 Bit pro Wort ermöglicht. Die Einzelanzeige der Kontrollstellen gestattet es, einen auftretenden Fehler in der Anlage sofort zu lokalisieren und damit die Wartungszeit der Anlage auf ein Minimum zu reduzieren.