

K. Weise

Physikalisch-Technische
Bundesanstalt,
Braunschweig

"Ein Programmsystem für die Meßdaten-
erfassung und -verarbeitung bei Experi-
menten am Forschungs- und Meßreaktor
der Physikalisch-Technischen Bundesan-
stalt"

Ein Programmsystem für die Meßdatenerfassung
und -verarbeitung bei Experimenten am
Forschungs- und Meßreaktor der Physikalisch-
Technischen Bundesanstalt

K. Weise

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Seit Juni 1968 ist am Forschungs- und Meßreaktor der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig ein Siemens-Prozeßsystem für die automatische Erfassung, Überwachung, Verarbeitung und Archivierung der Meßdaten physikalischer Experimente eingesetzt. Dieses System besteht aus einer Zentraleinheit 305 mit 16 K-Arbeitsspeicher, Bedienungsblattschreiber BBS und zwei weiteren Blattschreibern an einem Fernschreibelement FSK für die Bedienung und Datenausgabe im Klartext, weiterhin einem Lochstreifenelement LSK, einem Plattenspeicher PSK als Programm- und Datenzischenspeicher und einer Zwillingsmagnetbandeinheit SKU/MBK für die Archivierung der Meßdaten und deren Vorbereitung für eine Weiterverarbeitung auf einer anderen Anlage. An Prozeßelementen für die Datenerfassung sind vorhanden ein Element P1K für die programmgesteuerte Digital-Ein- und -Ausgabe mit 30 x 24 Digitaleingängen einer GRODE, 4 x 24 Digitalausgängen einer ELDA und 24 Alarmeingängen einer ALDE, außerdem drei Elemente P3K für die externgesteuerte Digital-Ein- und -Ausgabe, nämlich eine Digitaleingabesteuerung P3ES/N, eine Inkrementsteuerung P3ES/I für die Vielkanalanalyse und eine Digitalausgabesteuerung P3AS. Die anhängenden Eingabegeräte P3EG besitzen Eingänge für je 4 Worte, das Ausgabegerät P3AG Ausgänge für nur ein Wort. Eine Vergrößerung der Anzahl der Inkrementeingänge auf 8 Worte zu 14 bit ist geplant. Auch die Digitalausgabe der P1K soll auf 8 Worte und die Alarmeingabe auf 48 Alarmeingänge ausgebaut werden.

An dieses Prozeßsystem sind an Experimentiereinrichtungen und sonstigen Geräten z.Z. angeschlossen: über das Prozeßelement P1K ein 10 Hz-Impulsgeber als Uhr für Zeitüberwachungszwecke, ein Meßstand für Neutronenflußdichtebestimmungen, ein 4 K x 20 bit

Vielkanalanalysator, der von der Zentraleinheit auch als externer Kernspeicher benutzt werden kann, und ein sogenannter Befehlsgeber, ein Gerät, von dem gleich noch die Rede sein wird, zur Bedienung der Anlage vom Experiment aus; bei den Elementen P3K hängen an der Eingabe eine schnelle Uhr mit Zwischenspeicher für ein $\gamma\gamma$ -Koinzidenz-Experiment zur Messung von Lebensdauern angeregter Kernzustände, an der Inkrementeinrichtung schnelle Analog-Digital-Konverter für die Vielkanalanalyse bei der Spektrometrie von Neutronen und Gammastrahlung im Rahmen verschiedener Experimente an Strahlrohren des Reaktors, weiterhin an der Ausgabe ein Sichtgerät für die Darstellung des Inhalts von Arbeitsspeicherbereichen. Mittels eines Punktdruckers kann das Bild des Sichtgerätes auch aufgezeichnet werden.

Geplant ist in nächster Zeit der Anschluß von insgesamt 4 Sichtgeräten, die zusammen mit der gleichen Zahl von Befehlsgebern als Kommandostände für die Experimentatoren dienen sollen, von denen aus diese ihr Experiment bedienen und überwachen und auch den Rechner ansprechen können. Die Wechselpufferausgabe der P3K hat sich als nicht gut geeignet für die Bildausgabe bei mehreren Sichtgeräten erwiesen, da die Zentraleinheit dabei mehr als sinnvoll belastet wird. Wie Herr Schuster in seinem Vortrag beschreibt, werden wir daher die Ausgabesteuerung P3AS verändern und die Adresssteuerung experimentgeordnet extern durchführen. Ein Programm für die Bildausgabe entfällt dabei. Entsprechendes ist vorgesehen für die schnelle Dateneingabe. Außerdem sollen noch an das Prozebelement P1K eine Ausgabeschreibmaschine für eine entfernte Station, ein optischer Schnelldrucker und ein weiterer Vielkanalanalysator als Hilfsspeicher angeschlossen werden, damit die Daten einiger arbeitsspeicherverschlingenden Experimente möglichst extern akkumuliert werden können.

In der ersten Zeit wurde das Prozeßsystem noch nicht "on line" betrieben. Die Meßdaten fielen zur Verarbeitung mit Hilfe von ALGOL-Programmen hauptsächlich in Form von Lochstreifen aus Vielkanalanalysatoren an. Leider erfolgt das Ausstanzen der

Zahlenwerte bei jedem Gerät in einem anderen Code oder in einer anderen Anordnung auf dem Streifen, so daß es notwendig war, ein PROSA-Programm zu erstellen für die automatische Code- und Formaterkennung, die Datenentschlüsselung und deren Bereitstellung auf einem ALGOL-Feld vor Ablauf des ALGOL-Verarbeitungsprogramms. Mit diesem Programm können 7 verschiedene Vielkanallochstreifentypen eingelesen, ggf. auch auf einem Blattschreiber ausgegeben oder auf Lochstreifen im ALGOL-Format umgesetzt werden. Dieses Programm wurde im Laufe der Zeit von uns ergänzt durch weitere Datentransferprogramme in PROSA für die Datenausgabe auf Blattschreiber und Sichtgerät, die Daten- und Programmübertragung auf und von Lochstreifen, Plattenspeicher und Magnetband, und für die Dateienorganisation auf Magnetband und Platte, d.h. Etikettieren, Listen, Löschen, Kopieren, Archivieren und Umcodieren in die Zahlendarstellung der Siemens 4004, die für die Weiterverarbeitung im Rechenzentrum der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zur Verfügung steht. Einige wichtige Datentransfers können auch vom Experiment her mit Hilfe des erwähnten Befehlsgebers ausgelöst werden. Die Programme sollen, wenn die neuen Standard-Ein- und -Ausgabeaufrufe zur Verfügung stehen, noch so weit ausgebaut werden, daß durch Bedienung, "on line" oder auch durch ALGOL-Programme praktisch jede wichtige und sinnvolle Daten- oder Programmübertragung in bequemer Weise mit Hilfe eines einzigen Programmsystems ausgeführt werden kann.

Fast alle unsere Meßdatenauswerteprogramme sind in ALGOL geschriebene mathematische Programme, die, wie sich gezeigt hat, häufig geändert oder gar durch neue ersetzt werden. Da nun eine Korrektur von Lochstreifen über Blattschreiber sehr mühselig ist, haben wir ein Korrekturprogramm für ALGOL-, PROSA- und einige Datenlochstreifen entwickelt. Auch die oft durchzuführenden ALGOL-Übersetzungen haben wir uns etwas vereinfacht mit Hilfe eines speziellen Steuerprogramms für den ALGOL-Compiler (z.Z. ist dies allerdings ein älterer Compiler). Hiermit ist es u.a. möglich, auf der Platte stehende ALGOL-Quellenprogramm-Stücke

nach Wahl zu binden. Gewisse Prozeduren, etwa die Ein- und Ausgabe-Prozeduren, können auch standardmäßig automatisch in die Programme eingefügt werden. Leider beanspruchen die ALGOL-Programme bei der Übersetzung und beim Ablauf relativ viel Arbeitsspeicherraum, so daß es uns bisher leider nur selten möglich war, mathematische Rechnungen und den oft tagelang dauernden Experimentierbetrieb simultan durchzuführen oder sogar zu koppeln, wie es außerordentlich wünschenswert wäre. Dies liegt daran, daß das Organisationsprogramm 5K und auch die Meßdatensammelpuffer mitunter bis zu 8K Speicherplätze benötigen. Leider ist aber der Arbeitsspeicher der 305 nicht ausbaufähig. Eine Segmentierung der ALGOL-Programme hilft auch meist nicht viel oder verbietet sich wegen der Rechenzeit. Ein Externspeicherelement KSK ist auch nicht geeignet, da darin nicht gerechnet und keine Vielkanaldaten akkumuliert werden können.

Andererseits liegt noch recht viel Rechenkapazität in manchen Nächten und an Wochenenden brach, zu Zeiten, an denen aber kein Bedienungspersonal zur Verfügung steht. Um diese Zeiten auch ausnutzen zu können, planen wir die Programmierung eines ALGOL-Monitors, mit dem es möglich ist, ohne die Mitwirkung eines Operateurs, völlig automatisch eine Anzahl von ALGOL-Programmen sequentiell zu übersetzen und ablaufen zu lassen. Alle Anweisungen für den Ablauf der Programmfolge und Zwischenfälle sowie alle zu bindenden Quellenprogrammstücke, Codeprozeduren und die Daten für die Rechnung müssen dann natürlich vorbereitet auf der Platte oder auf Magnetband stehen. Da die Ausgabe von Ergebnissen auf Blattschreiber sehr zeitraubend sein kann, soll diese stark über die Platte gepuffert und von einem speziellen, simultan zu den ALGOL-Programmen laufenden Ausgabeprogrammen übernommen werden. Für einen solchen Monitor ist es nicht notwendig, die vorhandenen Compiler oder die von diesen erstellten Maschinencodeprogramme zu verändern, es genügt im wesentlichen, durch einen kleinen Eingriff des Monitors in das Organisationsprogramm ORG, alle Organisationsaufrufe mit UNT(5) der zu überwachenden

Programme während des Ablaufs abzufangen, zu erkennen, ggf. durch eine bestimmte Tätigkeit des Monitors zu ersetzen und wieder zurückzuspringen ins aufrufende Programm oder auch ins ORG, wenn nichts ersetzt wurde. Auf diese Weise können z.B. leicht alle Blattschreiberaufrufe durch entsprechende Programmstücke für den Plattenspeicher ersetzt werden. In diesem Zusammenhang sind auch die neuen Standard-Organisationsaufrufe von besonderem Interesse.

Sehr wichtig für die an unser Prozeßsystem angeschlossenen Versuche ist das von uns erstellte Betriebsprogrammssystem für die automatische Meßdaten-Organisation bei Reaktorexperimenten, abgekürzt: AMOR. Dieses Programm ermöglicht u.a. die Bedienung der Anlage für die Experimente über Blattschreiber und über die schon mehrfach erwähnten Befehlsgeber. Diese bestehen aus 48 Binärschaltern, an denen die Bits von 2 Wörtern eingestellt werden können, d.h. die Experimentnummer (3 bit), ein Befehlscode (7 bit), Bereichsadressen (14 bit), relativ zur Anfangsadresse des jedem Experiment zugeordneten Arbeitsspeicherbereichs, Dateinamen und andere Parameter. Die Befehlsgabe erfolgt nach der Einstellung über einen Alarmknopf. Wird bei der Befehlsverarbeitung ein Fehler festgestellt, so leuchtet eine Signallampe auf. Vom Experimentator können Befehle gegeben werden zum An- und Abmelden des Experiments, zum Starten und Beenden von Messungen, für verschiedene Datentransfers, z.B. in eine bestimmte Plattendatei oder auf Blattschreiber, zur Bedienung des Sichtgeräts, die bald allerdings direkt an der Steuerung erfolgen soll, weiterhin zum Löschen, natürlich nur des eigenen Puffers, für die Ein- und Ausgabe von Parametern, z.B. Dateinamen, für die Ausgabe der Fehlerart beim Auftreten eines solchen, zum Einleiten und Beenden automatischer Meßzyklen und insbesondere zum Anstoßen beliebiger, vorbereiteter Programme auf der Platte für bestimmte Zwecke. Solche Befehle oder Anweisungen werden von einem Teil des Alarmprogramms oder vom Blattschreiberbedienungsprogramm des AMOR oder auch von einem beliebigen anderen angekoppelten Programm in Form eines Aufrufs über ein spezielles Unterprogramm an ein Befehlssteuerprogramm weitergereicht. Dieses prüft die Befehle, erledigt sie z.T.,

leitet die Protokollierung ein, wenn gewünscht, holt die entsprechenden Befehlsausführungsprogramme von der Platte und startet sie nach der Übergabe der Parameter. Dieses Weitergeben der Befehle geschieht ähnlich wie beim ORG mit Hilfe von Aufrufen. Z.Z. können nur maximal drei Befehle gleichzeitig bearbeitet werden. Dieser Nachteil soll jedoch verbessert werden durch eine Befehlsaufrufkettung wie bei den Standard-Organisationsaufrufen, wobei noch besonders dringliche Befehle an den Kopf der Warteschlange gesetzt werden können. Die meisten Tätigkeiten des AMOR werden über solche automatisch oder von Hand ausgelösten Befehlsaufrufe gesteuert. Für die Ausführungsprogramme, die beliebig ergänzt werden können und nur bei Bedarf in den Arbeitsspeicher geholt werden, stehen zwei feste Programmpuffer zur Verfügung. Dies ist bei Berücksichtigung der ebenfalls festen Meßdatenpuffer der Experimente ein Nachteil. Zukünftig soll die gesamte räumliche und zeitliche Speicherplatzorganisation von einem speziellen Programmteil übernommen werden, so daß der viel zu kleine Arbeitsspeicher nach Möglichkeit immer optimal und den schnell wechselnden Anforderungen entsprechend ausgenutzt werden kann. Ein Problem hierbei ist allerdings noch nicht gelöst: nämlich das Komprimieren laufender Programme im Arbeitsspeicher, hauptsächlich wegen der Organisationsaufrufe, die leider nicht verschoben werden können.

Bei den Wissenschaftlern, die ihre Experimente mit Hilfe unserer Anlage durchführen, besteht das dringende Bedürfnis, auch während des Meßbetriebes gewisse Daten aus den Meßwerten rechnerisch ermitteln zu können, z.B. Vorergebnisse für Überwachungszwecke. Diese Rechenwünsche entstehen meist plötzlich, sollen möglichst sofort erfüllt werden und ändern sich sehr schnell, umfassen aber im allgemeinen nur einfache arithmetische Rechenoperationen. Jedesmal ein ALGOL-Programm zu erstellen, ist recht unrationell, auch muß der Wunsch meist mit großem Zeitverlust um wenigstens einige Stunden zurückgestellt werden, nicht so sehr wegen der zeitlichen Auslastung der Anlage, als vielmehr mangels Arbeitsspeicherraums für Übersetzung und Rechnung. Wünschenswert wäre

deshalb ein Programm für das Prozeßrechnersystem 300 für Rechenzwecke, das von Blattschreibern, evtl. sogar in einer Art "timesharing" bedient werden kann und wenigstens die Möglichkeiten einer komfortablen programmierbaren Tischrechenmaschine bietet. Es sollte Standardfunktionen enthalten und insbesondere auch eine Wechselwirkung mit dem Prozeß erlauben, etwa wie bei der Programmiersprache BASIC, ergänzt durch spezielle Anweisungen für den Prozeß, z.B. wie bei den Hewlett-Packard-Rechnern. Höchstens 1-2K Speicherraum darf das Programm beanspruchen. Auf Kosten der Rechenzeit, die aber in vielen Fällen nicht sehr kritisch ist, wird es deshalb aus vielen Segmenten, die nur bei Bedarf im Arbeitsspeicher liegen, bestehen müssen. Nach unseren noch nicht ausgereiften Überlegungen erscheint die folgende Organisation des Programmsystems sinnvoll: Ein Programmteil codiert die Programmieranweisungen, die am Blattschreiber gegeben werden, zu einem Quellenprogramm, das auf der Platte gespeichert wird und aus einer Folge von Anweisungen besteht. Jeder möglichen Anweisung ist ein vorprogrammierter, in Maschinencode vorliegender Baustein, ebenfalls auf der Platte zugeordnet. Beim Rechenlauf, der auch vom Prozeß, z.B. durch Alarme ausgelöst werden kann, interpretiert ein Steuerprogrammteil jede durchlaufene Anweisung des Quellenprogramms, holt den jeweils zugeordneten Baustein von der Platte, falls er sich noch nicht im Arbeitsspeicher befindet, und durchläuft diesen als Unterprogramm. In Verbindung mit dem Betriebsprogramm AMOR und speziellen Programmen für besondere Tätigkeiten würde solch eine Möglichkeit zur "on line"-Programmierung und -Rechnung ein außerordentlich flexibles Prozeßprogrammsystem darstellen, das schnell wechselnden Bedürfnissen und sich ändernden Versuchseinrichtungen leicht auch während des laufenden Experimentierbetriebes angepaßt werden kann.