

LOGISCHE UND FUNKTIONELLE SIMULATION EINER KOMPLEXEN HARDWARE-STEUERUNG ZUR DATENVORVERARBEITUNG

von H. Weisschuh
Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
Universität Stuttgart

1. Einführung

Zur Steuerung von technischen Prozessen werden heute oft digitale Hardware-Steuersysteme eingesetzt. Diese Systeme sind von ihrer Struktur her teilweise sehr komplex und es ist ein beachtlicher Aufwand an Hardware für deren Realisierung erforderlich. Bei der Entwicklung und beim Aufbau derartiger Steuersysteme treten folgende Probleme auf:

- die Überprüfung der logischen Funktion auf prinzipielle Fehler ist erst nach Aufbau eines Steuersystems möglich
- die Auswirkung einer fehlerbehafteten Umgebung ist schlecht nachprüfbar
- die Fehlersuche ist durch mangelnden Bedienungskomfort erschwert
- der Vergleich mehrerer Entwurfsvarianten ist nur schwer möglich
- die Änderungen oder Erweiterungen sind oft nur unter großem Zeit- und Kostenaufwand möglich.
- die Untersuchung des Zusammenwirkens mehrerer Steuersysteme ist nicht möglich.

Ein Hilfsmittel zur Lösung dieser Probleme ist die Simulation des Steuersystems mit Hilfe eines Digitalrechners.

Fehler in der logischen Funktion werden sofort erkannt. Die Untersuchung der Auswirkung einer fehlerbehafteten Umgebung ist durch Eingabe von falschen Eingabeinformationen möglich. Die Fehlersuche wird erleichtert, da Informationen über interne Zustände des Steuersystems ausgedrückt werden können. Der Vergleich mehrerer Entwurfsvarianten kann mit verschiedenen Programmvarianten durchgeführt werden und Änderungen am System lassen sich mittels einfacher Änderung des Simulationsprogrammes durchführen. Die Protokolle bei

der Simulation eignen sich besonders gut zur Änderungskontrolle und zur Dokumentation. Das Zusammenwirken mehrerer Steuereinheiten kann untersucht werden durch das Zusammenwirken mehrerer Simulationsprogramme, die jeweils ein Steuersystem nachbilden.

Im folgenden sollen am Beispiel einer Datenvorverarbeitungseinheit aus einem projektierten Fernsprechvermittlungssystem die Möglichkeiten, die die Simulation bietet, aufgezeigt werden.

2. Struktur und Simulation der Steuerung

2.1 Struktur und Funktionsweise

Die prinzipielle Struktur der Steuerung des hier zugrundegelegten Fernsprechvermittlungssystems /1/ ist im Bild 1 dargestellt. Die Baugruppen für die Übertragung der Sprache sind der Übersichtlichkeit wegen weggelassen, da sie für das Verständnis der Simulation nicht benötigt werden.

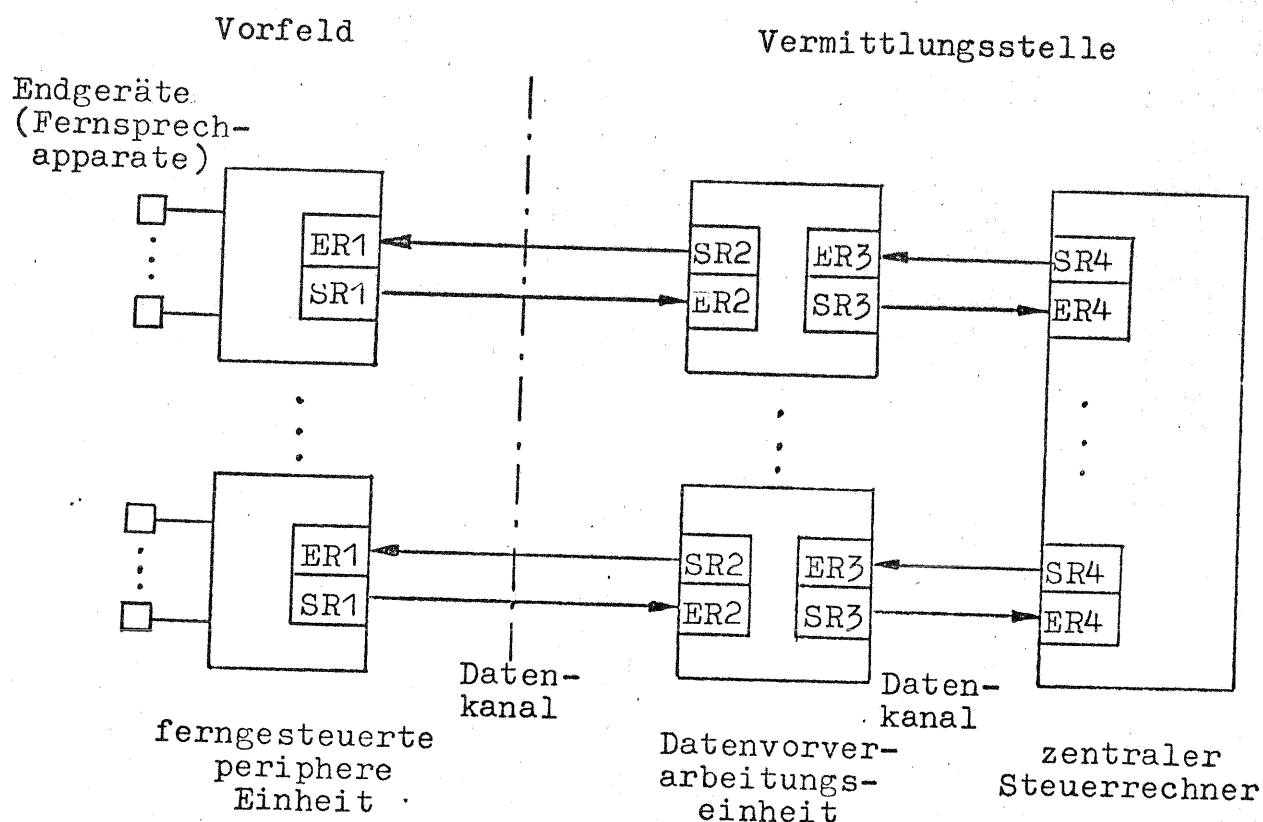


Bild 1 : Struktur der Steuerung der betrachteten Fernsprechvermittlungsstelle.

Die Fernsprechteilnehmer sind über ferngesteuerte periphere Einheiten, sog. Konzentratoren, an das Vermittlungssystem angeschlossen. Diese ferngesteuerten peripheren Einheiten haben von der Steuerung her gesehen die Aufgabe, einerseits Informationen über den Zustand der Teilnehmergeräte (Fernsprechapparate) und andererseits vom Teilnehmer eingegebene Steuerinformationen (z.B. Wählziffern) im Multiplexbetrieb zur Vermittlungsstelle zu übertragen. Weiterhin müssen sie auf Meldungen von der Vermittlungsstelle her bestimmte Funktionen ausführen.

Jede periphere Einheit wird durch eine Datenvorverarbeitungseinheit in der Vermittlungsstelle ferngesteuert. Diese Datenvorverarbeitungseinheit hat die Aufgabe, die von der Peripherie kommenden Informationen aufzubereiten, bestimmte Routineaufgaben durchzuführen und die daraus folgenden Ergebnisse in Form von Meldungen an den zentralen Steuerrechner weiterzuleiten. Weiter muß sie auf Meldungen des zentralen Rechners hin die peripheren Einheiten zu bestimmten Funktionen veranlassen. Zur Steuerung hat die Datenvorverarbeitungseinheit eine festverdrahtete Mikroprogrammsteuerung und verschiedene Datenspeicher zur Speicherung von Informationen, welche die periphere Einheit betreffen.

Der zentrale Steuerrechner steuert und überwacht das gesamte Vermittlungssystem. Durch die Datenvorverarbeitungseinheit wird der Datenfluß zum zentralen Rechner reduziert und weiterhin der zentrale Rechner von Routineaufgaben befreit und dadurch entlastet.

Die Datenvorverarbeitungseinheit ist jeweils über einen Datenkanal mit dem zentralen Steuerrechner und mit einer peripheren Einheit verbunden. Der Datenaustausch erfolgt über Sende (SR)- und Empfangsregister (ER), die jeweils eine Meldung aufnehmen können. Diese Register stellen die Schnittstelle nach außen dar. Trifft in einem der Empfangsregister (ER2 bzw. ER3) eine Meldung ein, so wird ein zu dieser Meldung spezifisches Mikroprogramm gestartet. Während dessen Ablauf werden in den Datenspeichern der Steuerung Änderungen vorgenommen. Als Ergebnis des Mikroprogrammes werden Anweisungen in Form von Meldungen entweder zur peripheren Einheit oder zum Rechner mittels der Senderegister (SR2 bzw. SR3) übertragen. Entsprechend den unterschiedlichen eintreffenden Meldungen sind unterschiedliche Mikroprogramme in der Steuerung vorhanden.

2.2 Logische Simulation der Datenvorverarbeitungseinheit

Zum Austesten des logischen Ablaufes der verschiedenen Mikroprogramme und ihrer gegenseitigen Beeinflussung durch die Verwendung von Informationen aus den gleichen Datenspeichern wurde ein Simulationsprogramm erstellt /2/. Das Flußdiagramm ist im Bild 2 angegeben. (Siehe Seite 5).

Das Programm gliedert sich in einen Teil für die Schnittstellenversorgung und in einen Teil, der den eigentlichen Simulator darstellt. Die Schnittstellenversorgung dient dazu, Meldungen, die im realen System von der peripheren Einheit oder vom zentralen Steuerrechner kommen, in die Empfangsregister ER2 bzw. ER3 einzutragen und umgekehrt die als Reaktion auf die Eingabe in den Senderegistern SR2 bzw. SR3 erzeugten Meldungen auszugeben. Die Meldungen in den Registern stellen Bitmuster dar und enthalten in der Regel eine Kennung und verschiedene Parameter.

Um die Benutzung des Programmes zu erleichtern, können die Meldungen mit mnemotechnischen Abkürzungen und die verschiedenen Parameter, die neben der Kennung, in der Meldung enthalten sind, als Zahlen ein- und ausgegeben werden. Dadurch erhält man eine leicht überschaubare Dokumentation. Weiter ermöglicht die Schnittstellenversorgung auf Wunsch eine Ausgabe der Inhalte der Datenspeicher der simulierten Datenvorverarbeitungseinheit.

Nach dem Eintragen der eingegebenen Meldung in das entsprechende Empfangsregister wird der eigentliche Simulator angesteuert. Dieser ist als Makroprogrammsimulator realisiert /3/. Der Decodierungsteil entnimmt die in einem der Empfangsregister stehende Meldung und steuert ein zu dieser Meldung spezifisches Unterprogramm an. Dieses Unterprogramm führt dieselben Aufgaben wie das zu simulierende Mikroprogramm aus. Das Ergebnis des Unterprogrammlaufes ergibt dann wieder eine Meldung, welche in das entsprechende Senderegister eingetragen wird. Damit ist die Aufgabe des Simulators beendet und der Schnittstellenversorgungsteil gibt die im simulierten Senderegister stehende Meldung aus.

Zur Untersuchung von Fehlern können falsche Meldungen, wie sie durch Übertragungsstörungen zwischen den Sende- und Empfangsregistern auftreten, eingegeben werden. Weiter kann die Folge der Meldungen, die von der peripheren Einheit kommen und im realen System eine bestimmte Reihenfolge haben, verändert werden oder es können sogar Meldungen unterdrückt werden.

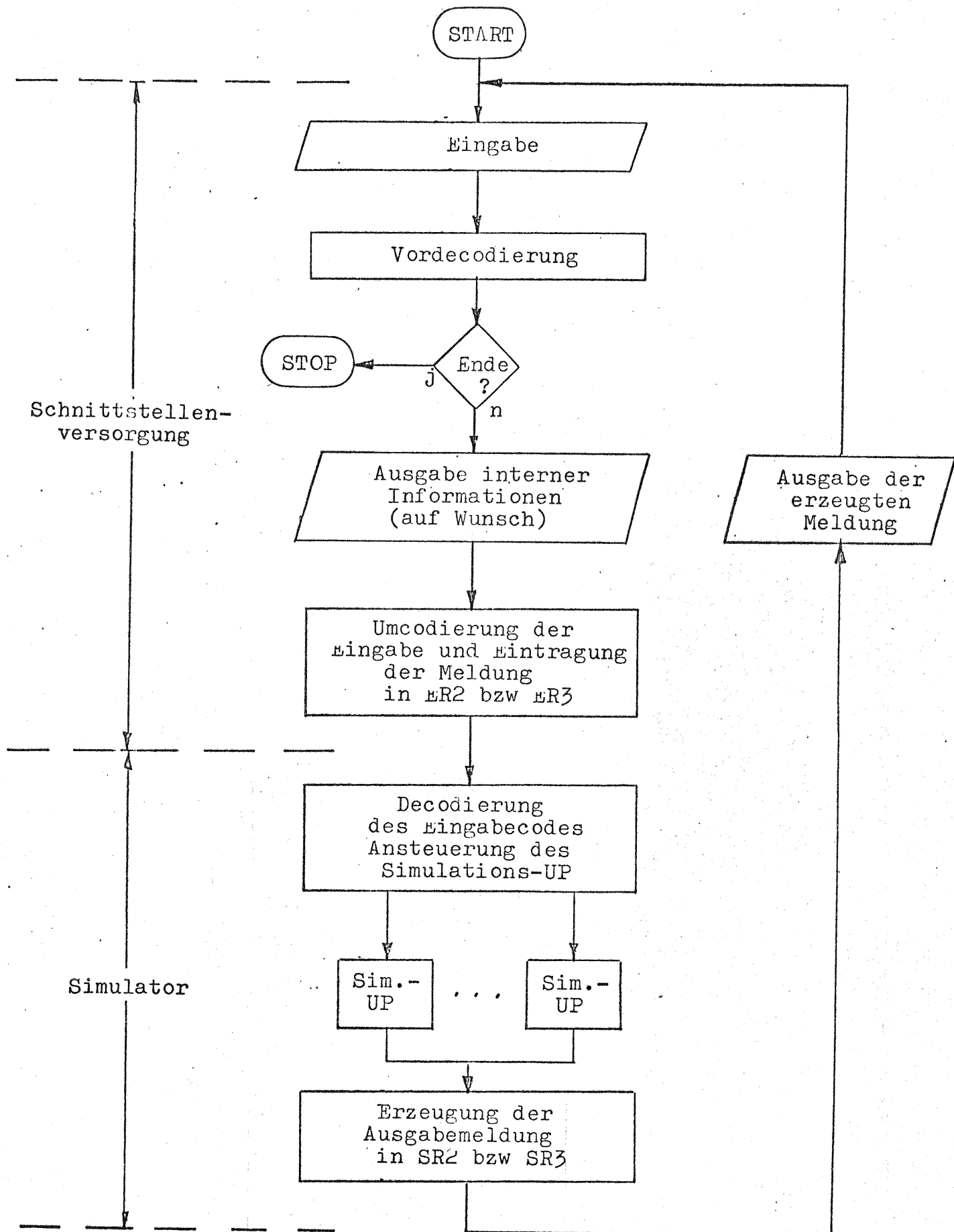


Bild 2 : Flußdiagramm für die logische Simulation.

2.3 Funktionelle Simulation der Datenvorverarbeitungseinheit

Die im Bild 1 dargestellte Steuerung des rechnergesteuerten Fernsprechvermittlungssystems enthält mehrere Datenvorverarbeitungseinheiten. Um das funktionelle Zusammenwirken dieser verschiedenen Einheiten mit dem Rechner auszutesten, ist es nun nicht erforderlich, alle diese Einheiten in Hardware zu realisieren und an den zentralen Steuerrechner anzuschließen. Es ist möglich, die Datenvorverarbeitungseinheit durch einen Simulator nach Kapitel 2.2 im zentralen Steuerrechner zu ersetzen und die periphere Einheit direkt an den zentralen Steuerrechner anzuschließen. Die sich damit ergebende Struktur des Gesamtsystems ist im Bild 3 angegeben.

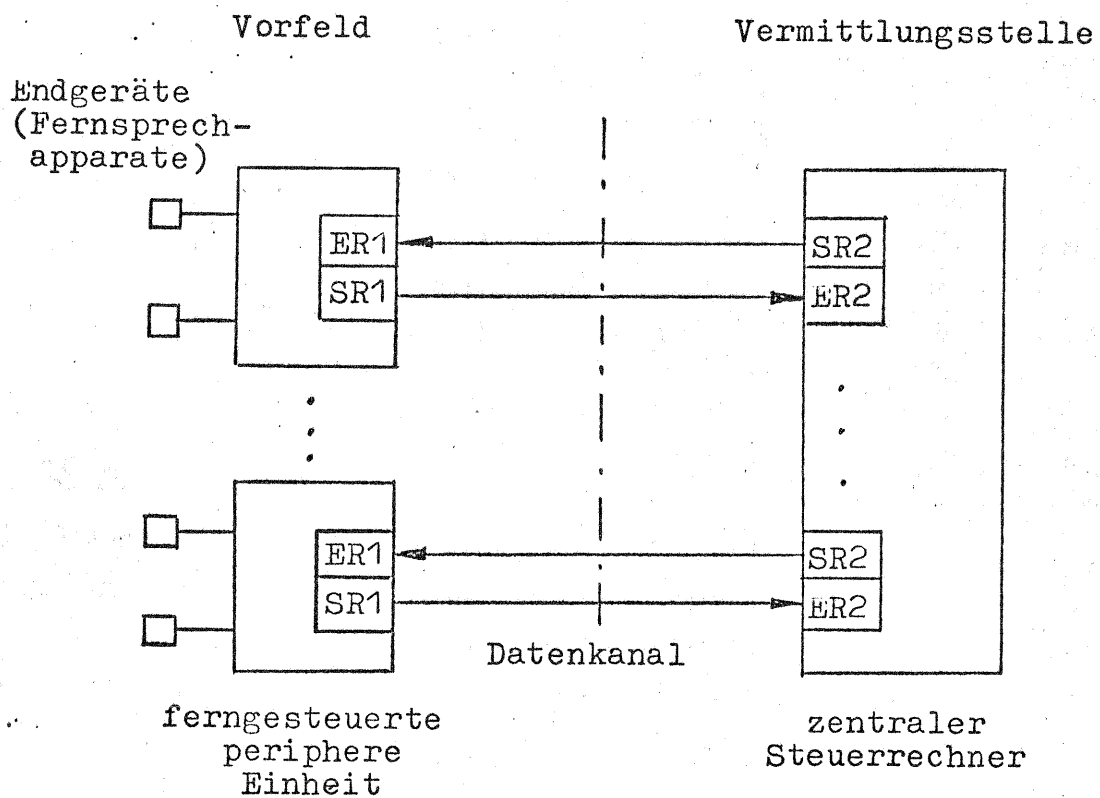


Bild 3 : Struktur der Steuerung der betrachteten Fernsprechvermittlungsstelle mit simulierten Datenvorverarbeitungseinheiten.

Die Ein-Ausgabeschnittstelle des Rechners stellt nun für die periphere Steuereinheit die Schnittstelle der Datenvorverarbeitungseinheit dar. (Sollten die Schnittstelle periphere Einheit/Datenvorverarbeitungseinheit und die Schnittstelle Datenvorverarbeitungseinheit/zentraler Steuerrechner unterschiedlich sein, so ist im zentralen Steuerrechner eine Schnittstellenumsetzung erforderlich, deren Realisierung jedoch oft per Programm möglich ist.

Die einzelnen Simulatoren werden durch ein übergeordnetes Steuerprogramm gesteuert. Dieses übergeordnete Steuerprogramm gibt die Kontrolle an die einzelnen Simulatoren, wenn im realen Empfangsregister des Steuerrechners (Meldung von der peripheren Einheit an die Datenvorverarbeitungseinheit) oder im simulierten Empfangsregister des Simulators eine Meldung steht.

Nach Bild 3 sind alle Datenvorverarbeitungseinheiten durch Simulatoren im zentralen Steuerrechner ersetzt. Es ist natürlich auch ein gemischter Betrieb möglich, d.h. man realisiert eine Datenvorverarbeitungseinheit in Hardware und ersetzt die anderen durch Simulatoren. Dadurch ist es möglich, die Datenvorverarbeitungseinheit im echten Betrieb zu erproben und andererseits ohne allzu großen Aufwand ein Zusammenwirken mehrerer solcher Steuereinheiten auszu-
testen.

3. Schlußbetrachtung

Die in Punkt 2.2 beschriebene logische Simulation erlaubt die Überprüfung der logischen Abläufe einer Steuereinheit. Eine Untersuchung auf der Schaltungsebene (Aufbau mit verschiedenen digitalen Bausteinen und deren Verschaltung) ist dadurch noch nicht möglich. Man könnte diese Untersuchung jedoch auch mittels Simulation durchführen. Hierzu sind in der Literatur einige Programmsysteme bekannt /4,5/.

Die in Punkt 2.3 beschriebene funktionelle Simulation erlaubt die Überprüfung des Zusammenwirkens mehrerer Steuereinheiten. Dabei ist allerdings zu beachten, daß das reale zeitliche Verhalten des Steuersystems nicht überprüft werden kann, da einerseits durch die Programmlaufzeiten der Simulatoren der zentrale Rechner für seine eigenen Steuerprogramme verzögert wird, und andererseits die Simulatoren sequentiell und nicht parallel arbeiten.

Das Simulationsprogramm wurde in der Assemblersprache des zentralen Steuerrechners geschrieben, um einerseits mit möglichst wenig Speicherplatz auszukommen, und andererseits die Laufzeiten des Simulators klein zu halten. -

4. Literatur

- /1/ Katzschner, L., : On an Experimental Local PCM Switching Net-
Lörcher, W., work.
Weisschuh, H. Congressbook of the International Zürich
Seminar on Integrated Systems for Speech,
Video and Data Communications.
Zürich, 15.-17.3.72; B6.
- /2/ Gärtner, E. : Programm zur Simulation der Konzentration-
anschlußschaltung einer PCM-Vermittlungsstelle
Studienarbeit Nr. 393 am Institut für Nach-
richtenvermittlung und Datenverarbeitung,
Universität Stuttgart.
- /3/ Risak, V. : Simulation von Digitalrechnern
Computer Monographien Bd. 6,
Carl Hanser Verlag München 1971.
- /4/ Pfeuffer, K. : Die Grundlagen des Programms ATEDIS
Lecture Notes in Economics and Mathematical
Systems Bd. 78 zur 2. Jahrestagung der Ge-
sellschaft für Informatik, 2.-4. Oktober 1972
- /5/ Clausert, H., : Untersuchung digitaler Schaltungen mit dem
Kahlert, I. Programmsystem DICAP, 1. Teil: Simulation
Elektronische Datenverarbeitung 11 (1969),
S. 443-451.