



## 1 Einleitung

Denkt man bei einer gegebenen Sondermaschine an den Einsatz des numerischen Steuerungsprinzips, so ergibt eine erste Untersuchung meist die Notwendigkeit einer gewissen Anzahl fest umrissener Funktionsblöcke. So läßt sich ein Steuerungsproblem in die Funktionsblöcke Bedienung, NC-Datendekodierung, Erzeugung von Sollwerten und Lageregelung bei Bahnsteuerungen u.ä. zerlegen. Wenn es nun ein Bausteinsystem gibt, bei dem gewisse Basisbausteine vorhanden sind und somit die Eigenentwicklung von Hard- und Softwarebausteinen nur beschränkt bzw. gar nicht notwendig ist, so kann dies die Grundlage für Steuerungsentwicklungen sein, die das Prinzip der numerischen Steuerung auf bislang konventionell gesteuerte und die Möglichkeiten der Technik nicht voll ausschöpfende Fertigungseinrichtungen anwenden.

So kann z.B. die zeitraubende Einstellung von Anschlägen oder Kopierlinealen entfallen und durch die Eingabe weniger Ziffern oder Drehen am Wahlschalter ersetzt werden. Auch umständliches Tauschen von Wechselrädern für Getriebe kann durch numerische Dateneingabe abgelöst werden. Dies führt u.U. soweit, daß lediglich die Angabe der gewünschten Endmaße des Werkstücks und die Bereitstellung der Rohlinge zur Fertigung eines Auftrags notwendig sind, wie an einem abschließenden Beispiel gezeigt wird.

Mit einem Bausteinsystem läßt sich natürlich auch eine Standardmaschine wie z.B. eine Fräsmaschine steuern, mit der Möglichkeit bezüglich aller Steuerungsfunktionen Anpassungen an die spezielle Maschine leicht zu ermöglichen.

In einem Vorhaben aus dem 3. Datenverarbeitungsprogramm der Bundesregierung, das von der KfK Karlsruhe als Projektträger des Projektes Prozeßsteuerung mit DV-Anlagen (PDV) betreut wird, wird seit 1976 die Entwicklung eines universellen Bausteinsystems für den Aufbau von Steuerungssystemen für Be- und Verarbeitungsmaschinen gefördert.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind Basis-Hard- und Software für ein Mehrprozessor-Steuersystem (MPST) entwickelt, wobei viele Teile als Serienprodukte auf dem Markt erhältlich sind. Der Datenaustausch zwischen den Modulen erfolgt über den vollständig definierten und in

der Normung befindlichen MPST-Bus.

Der MPST-Bus ist gekennzeichnet durch 16 bit Daten und 16 bit Adreßbus mit Steuerleitungen, die insbesondere auch die Kommunikation mehrerer Prozessormodule untereinander ermöglichen. Eine detaillierte Beschreibung ist in /1/ gegeben.

In diesem Beitrag werden die für den Aufbau von numerischen Steuerungen erforderlichen Funktionsblöcke kurz beschrieben. Es wird gezeigt mit welcher Hardware und Softwarebausteinen eine Basis geschaffen wurde für den Aufbau von numerischen Sondermaschinensteuerungen. Allgemeine Konfigurationshinweise und Beispiele eines realisierten Mehrprozessor-Steuersystems für eine Sondermaschine zeigen die Einsetzbarkeit des Systems.

## 2 Entwicklung von Basisbausteinen für numerische Steuerungen

### 2.1 Festlegung von Funktionsblöcken /1/

Untersuchungen von numerischen Steuerungen und Überlegungen zur Konfiguration von Sondersteuerungen führten zur Zusammenfassung gewisser Funktionen zu Funktionsblöcken. Die Funktionsblöcke sind durch Schnittstellen zu verbinden. Die Zusammenfassung der Funktionen zu Funktionsblöcken ergibt sich vor allem aus folgenden Anforderungen an ihre Schnittstellen:

- Minimierung der Notwendigkeit des hochprioren Datenaustausches zwischen den Funktionsblöcken
- begrenzte Abhängigkeit zwischen den Funktionsblöcken
- Standardisierbarkeit der Schnittstellen.

#### 2.1.1 Funktionsblöcke für Be- und Verarbeitungsmaschinen

Im Mehrprozessorsteuersystem werden beispielhaft folgende Funktionsblöcke definiert:

- Zentralsteuerwerk (ZST)
- Bedien- und Steuerdaten - Ein/Ausgabe (BSEA)

- NC-Programmverwaltung und -aufbereitung (NCVA)
- Geometriedatenverarbeitung (GEO)
- Programmierbare Steuerung (PC).

Diese Einteilung beinhaltet keine gerätemäßige Zuordnung der Funktionsblöcke zu Modulen.

### 2.1.2 Aufgabenbereich der Funktionsblöcke

Der Funktionsblock "Zentralsteuerwerk" realisiert die zentralisierten Teile der Ablaufsteuerung zur Verwaltung und Organisation des Mehrprozessorsteuersystems. Die Funktionen sind:

- Systeminitialisierung
- MPST-Interruptverwaltung
- MPST-Busverwaltung
- Zentrale Ablaufsteuerung
- Systemfehlererkennung.

Die Funktionen der "Bedien- und Steuerdaten - Ein/Ausgabe" realisieren den Datenaustausch mit peripheren Geräten wie Bedienfeld, Lochstreifenlesern usw. Neben den erforderlichen Ein/Ausgabetreibern enthält dieser Funktionsblock:

- NC-Programmspeicherung (mit zugehörigen Verwaltungsarbeiten)
- Bedienung und Bedienerführung
- Plausibilitätskontrolle für Eingabedaten
- Datenaufbereitung, -verteilung und -sammlung
- Editorfunktionen (für NC-Programmänderung, Korrekturwerteingaben, Parametereinstellung usw.)
- Abarbeitung einlesbarer Prüfprogramme
- Ausführung nichtresidenter Monitor- und Editorfunktionen zum Programmieren und Testen der PC.

Der Funktionsblock "NC-Programmverwaltung und -aufbereitung" umfaßt die Funktionen:

- NC-Steuerdatenübernahme (von NC-Programmspeicher oder BSEA)
- NC-Programmverwaltung
- NC-Programmdecodierung
- Arbeitszyklen
- Unterprogramme
- Äquidistantenberechnung
- Werkzeug- und Nullpunktkorrektur
- Spiegelung
- Arbeitsraumbetrachtungen (Software-Endschalter-Überwachung)
- Datenverteilung und Synchronisierung der Abarbeitung (zwischen GEO und PC)
- Abänderung aktueller NC-Sätze
- Automatische Schnittaufteilung

Der "geometrischen Informationsverarbeitung" werden folgende Funktionen zugeordnet:

- Interpolation
- Lageregelung mit Soll-Ist-Vergleich
- Slope (geführtes Anfahren und Bremsen)
- Referenzpunkt anfahren
- Schleppabstandsüberwachung
- Vorschuberzeugung
- Spindelsteigungskorrektur, Meßsystemkorrektur
- Driftüberwachung und Kompensation
- Override-Realisierung
- Ist-Wert-Bereitstellung (Lage-Ist-Werte, Schleppabstände, Restwege)

Der Funktionsblock "programmierbare Steuerung" enthält die Funktionen:

- Verknüpfung der programmierten Schaltfunktionen mit den Rückmeldungen zu neuen Stellsignalen (wie z.B. Werkzeugwechsel, schalte

Rundtisch usw.)

- Zählfunktion (z.B. für Werkstückzählung, Betriebsstundenzählung usw.)
- Konstante Schnittgeschwindigkeit

### 2.1.3 Beauftragbare Funktionen (BF)

Ein Funktionsblock enthält einzelne Funktionen und ist ansprechbar über beauftragbare Funktionen, die durch Aufträge ausgelöst werden. Ein Funktionsblock erfüllt diese Aufträge unter Anwendung seiner Funktionen. Die einzelnen Aufträge werden von einer zentralen Ablaufsteuerung erteilt. Träger dieser Ablaufsteuerung ist der Funktionsblock "Zentralsteuerwerk" (ZST). Die Ablaufsteuerung hat die Aufgabe, Aufträge an die Funktionsblöcke abhängig von der Betriebsart zu erteilen und zu überwachen. Diese Ablaufsteuerung ist durch Befehlsketten realisiert, wobei jeder Betriebsart mindestens eine Befehlskette zuzuordnen ist.

Beispiele für "beauftragbare Funktionen" sind in

NCVA: hole aktuellen NC-Satz aus Speicher,  
decodiere, stelle bereit und quittiere;

GEO: fahre Zielpunkt mit angegebener Inter-  
polationsart und Vorschub an und quittiere.

## 2.2 Schnittstellenvereinbarungen

Für jeden Funktionsblock ist bei der Entwicklung eine Beschreibung der Schnittstellenparameter zu erstellen, die vom Anwender oder anderen Entwicklungsstellen zu berücksichtigen ist.

### 2.2.1 Informationsschnittstelle zwischen den Funktionsblöcken

Die Informationsschnittstellen sind auf den vom MPST-Bus adressierbaren Übergabespeicherbereichen resident. Sie sind festgelegt durch die Beschreibung der Datenstrukturen und durch die zugehörigen Zugriffsfunktionen. Folgende Daten werden von der Informationsschnitt-

stelle gehandhabt:

- Verwaltungsdaten (zur Koordinierung und Organisation des Mehrprozessorsteuersystems)
- Nutzdaten (funktionsspezifische Ein/Ausgabedaten).

Die Verwaltungsdaten werden in Form von Kontrollblöcken und Konfigurationslisten (KONLI) ausgetauscht. Initialisierungsdaten sind steuerungsspezifische Parameter, die vom Zentralsteuerwerk während der Initialisierungsphase zur Konfigurierung des Systems gesammelt, verknüpft und in Form einer Konfigurationsliste wieder ausgegeben werden. Die Aufträge werden über Kontrollblöcke an die BF ausgegeben. Kontrollblöcke und Konfigurationslisten sind in ihrer Struktur und Bedeutung einheitlich festgelegt.

Der Kontrollblock  $\emptyset$  (KB $\emptyset$ ) führt die teilnehmerspezifischen Verwaltungsdaten. Byte  $\emptyset$  des KB $\emptyset$  steht auf der Adresse  $\emptyset$  des Übergabebereichs. Kontrollblöcke mit Nummern größer  $\emptyset$  enthalten die Verwaltungsdaten für die zugehörigen BF.

KB $\emptyset$  enthält einen Zeiger auf eine Anfangsadresse von KB1. Die nachfolgenden Kontrollblöcke schließen sich lückenlos an. Ihre Länge ist in KB $\emptyset$  definiert.

Zu den Nutzdaten zählen funktionsspezifische Ein/Ausgabedaten, die zwischen den BF während der Bearbeitung ausgetauscht werden, sowie prozeßspezifische Funktions-Parameter, die durch Ausfüllen von Parameterfeldern während der Initialisierungsphase übergeben werden.

Während die Verwaltungsdaten in MPST festgeschrieben sind, sind bezüglich der Nutzdaten in der Funktionsblockbeschreibung folgende Angaben zu machen:

- Inhalt und Struktur der Daten
- Länge der Felder
- Handhabung der Felder (z.B. Adressierungsart)
- Datenformate und Datentypen.

### 2.2.2 Festlegung von adressierbaren Übergabespeicherbereichen in aktiven Teilnehmern

Aufgrund der 5-bit-Teilnehmeradresse (A15...A11) stehen jedem aktiven Teilnehmer 2K-Byte (A10...A0) aus dem Übergabespeicherbereich zur Verfügung. Falls ein Teilnehmer einen größeren Übergabespeicherbereich benötigt, kann er mehrere Teilnehmeradressen belegen. Der Übergabespeicherbereich kann vom MPST-Bus aus byte- oder wortweise gelesen bzw. beschrieben werden. Er ist der Kommunikationsbereich für die Teilnehmer im System und enthält Kontrollblöcke, Konfigurationslisten sowie Funktionsparameterfelder. Für die Nutzdaten der BF stehen Ein/Ausgabedatenfelder zur Verfügung. Auf der Adresse 0 des Übergabespeicherbereichs beginnt der KB0. Unter dieser Adresse ist auch eine für diesen Funktionsblock signifikante Identnummer abgelegt.

### 2.2.3 Adressierung aktiver und passiver Teilnehmer

Bei zugeteiltem Bus kann ein aktiver Teilnehmer einen anderen Teilnehmer adressieren, wobei die Unterscheidung zwischen aktiven und passiven Teilnehmern durch ein spezielles Bus-Signal (I/O - Signal) getroffen wird.

## 2.2 MPST-Hardware-Bausteine

Die Realisierung der festgelegten Funktionsblöcke und eventuell von zusätzlich zu lösenden Sonderaufgaben erfolgt vorteilhaft auf Mikroprozessormodulen, die i.a. als aktive Busteilnehmer bezeichnet werden (da sie Bustransfers aktiv durchführen können). Sie werden unterstützt durch eine Reihe passiver Teilnehmer, die zwar einen Alarm absetzen, aber von sich aus keinen Bustransfer durchführen können. Beispiele für passive Teilnehmer sind Binär-Ein-/Ausgabekarte, Achsenkarte (analoge Sollwertausgabe und digitale Erfassung der Meßsystemimpulse).

Die als Serienprodukt erhältliche MPST-Hardware wird hier kurz beschrieben. Eine genauere Darstellung ist /2/ zu entnehmen.

### 2.2.1 16-bit MPST-Mikroprozessormodul

Zur Realisierung eines MPST-Prototypensystems ist es naheliegend, zur Vereinfachung der Hardware- und Softwareentwicklung einheitlich für alle Prozessormodule denselben Mikroprozessortyp einzusetzen. Als Auswahlkriterium dienen die arithmetischen und zeitlichen Anforderungen der geometrischen Informationsverarbeitung, die durch einen 16-bit Mikroprozessor mit leistungsfähigem Befehlssatz, einschließlich Multiplikation und Division, zu erfüllen sind.

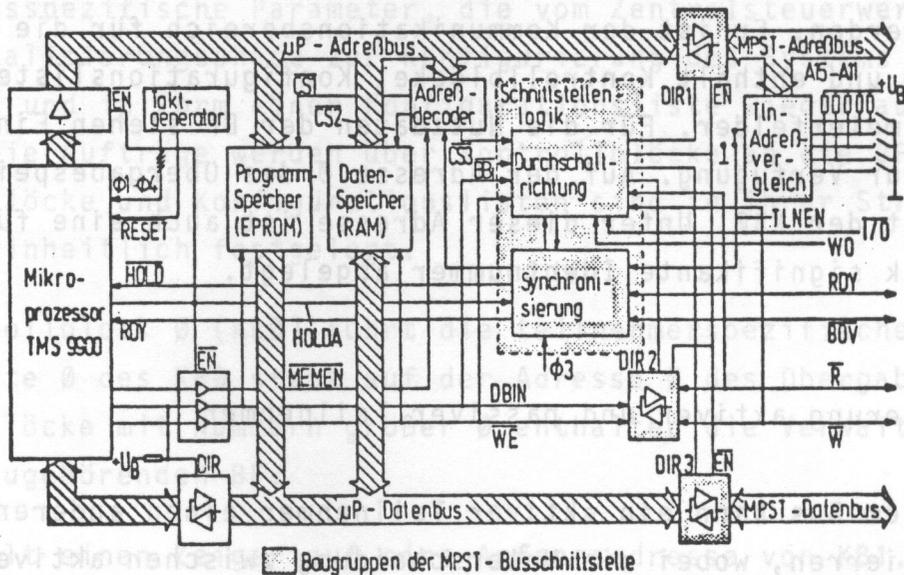


Bild 2.1: Blockschaltbild der MPST-Busschnittstelle des Mikroprozessormoduls

Bild 2.1 zeigt das Blockschaltbild der MPST-Busschnittstelle bei Verwendung des 16-bit Ein-Chip-Mikroprozessors TMS 9900. Die Durchschaltgerichte der bidirektionalen Treiberbausteine werden von der Schnittstellenlogik realisiert. Die Synchronisierlogik paßt die Signale des MPST-Busses zeitlich an den Systemtakt und die Befehlszyklen des Mikroprozessors an.

Dem Mikroprozessormodul stehen in seinem 64k Byteadressen umfassenden Speicherraum für seine funktionspezifischen Programme die ersten 26k byte sowie am Speicherende ein 2k byte Schreib-/Lese-Speicher als Datenübergabebereich zur Verfügung. Der dazwischenliegende Adreßbereich dient zur Adressierung der Datenübergabespeicher.

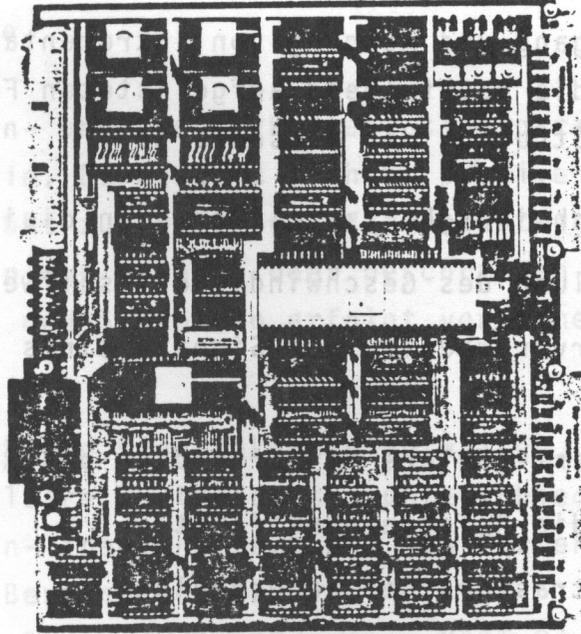


Bild 2.2: 16-bit MPST-Prozessorkarte (mit TMS 9900)

Bild 2.2 zeigt die realisierte Mikroprozessorkarte.

Die wichtigsten in ihr enthaltenen Baugruppen sind :

- 16 bit - Mikroprozessor TMS 9900 mit 4-Phasen-Taktgenerator
- Unterbrechungssteuerung mit 6 belegten Interrupt-Eingängen
- 2 programmierbare Relativzeitgeber
- $\approx$  24k byte Festwertspeicher
- 4k byte Schreib-/Lesespeicher, davon 2k byte Datenübergabespeicher
- bidirektionale MPST-Busschnittstelle
- serielle Schnittstelle für Peripheriegeräteanschluß
- Flachkabelsteckverbindung zur Herausführung des seriellen und parallelen Mikroprozessorbusses.

### 2.2.2 Achsenkarte (2 Achsen)

Im Geometriedatenverarbeitenden Teil des MPST stellen die Achsenkarten als passive MPST-Busteilnehmer die Schnittstellen zwischen dem Funktionsblock GEO und der Werkzeugmaschinenachse dar.

Aus den geforderten Schnittstellen der Achsenkarte zu MPST-Bus,

2.2.1 16-bit MPST-Mikroprozessormodul

Antriebsverstärker-Eingang und Ausgang von inkrementalen Wegmeßsystemen resultieren die nachfolgend aufgelisteten Funktionen und die in Bild 2.3 gezeigte Struktur der Achsenkarte:

- Speicherung des Geschwindigkeits-Sollwerts in digitaler Form
- Digital/Analog-Wandlung des Geschwindigkeitssollwerts
- Empfangen und Weiterverarbeiten der Signale eines inkrementalen Wegmeßsystems
- Nullsetzen des Istwert-Zählers bei Erreichen des Referenzpunkts
- Statusregister für die Referenzpunktfahrt
- Überwachung des Zeitrasters der Lageregelung

Die Achsenkarte besitzt alle Funktionseinheiten für den Anschluß von zwei Maschinenachsen.

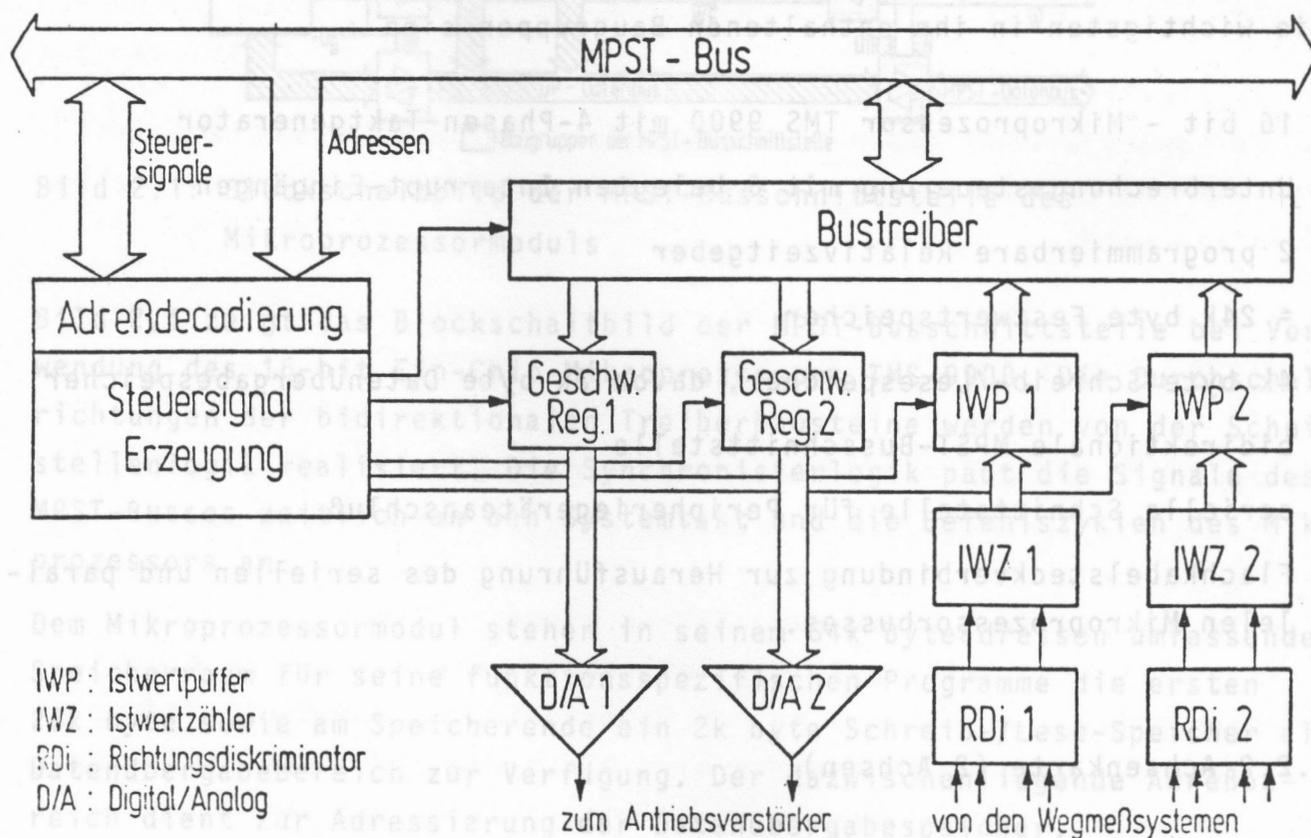


Bild 2.3: Geschwindigkeitssollwertausgabe und Lage-Istwerterfassung

### 2.2.3 Eingabekarte

Die MPST Digitalein- und Ausgabekarten sind parallele Schnittstellen zur Prozeßperipherie. Es handelt sich um passive Teilnehmer, die den MPST-Bus nicht selbst zum Datentransfer beauftragen können, d.h. die Kartenmodule können nur gelesen oder beschrieben werden. Die Ansteuerung für das Lesen und Schreiben erfolgt von einem aktiven Teilnehmer über den MPST-Bus.

Das System kann mehrere Eingabekarten enthalten. Sie werden lediglich durch eine einstellbare Kartenadresse unterschieden. Die Adressen werden mittels Dual-in-line-Schaltern auf den Karten eingestellt und werden aus dem 8k Bereich ausgewählt.

Bild 2.4 zeigt das Blockschaltbild einer MPST-Digitaleingabekarte. Die Eingabekarte enthält 64 Eingaben, die durch Optokoppler gegenüber den Eingangssignalen vom Prozeß potentialgetrennt sind. Die Eingangssignale sind auf 4 Stecker mit je 16 Signalen aufgeteilt und haben jeweils eine eigene Bezugsmasse. Nach dem Optokopplerinterface folgt eine Entstörschaltung. Diese unterdrückt kurzzeitige Störimpulse, die trotz Optokoppler in die Schaltung einwirken können, und enthält neben

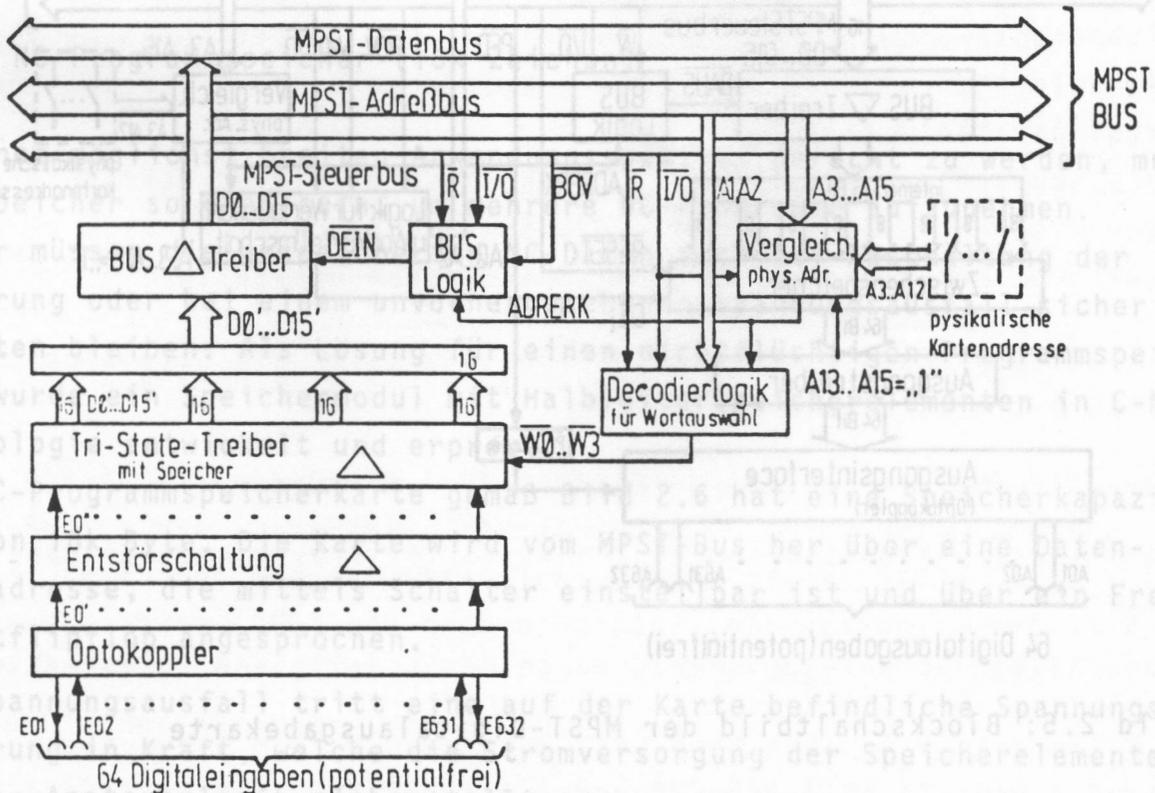


Bild 2.4: Blockschaltbild der MPST-Digitaleingabekarte

einem Filter noch Schmitt-Trigger-Elemente zur Flankenregenerierung. Von der Entstörschaltung werden die eingelesenen Daten an einen Zwischenspeicher übergeben, dessen Ausgänge in einen internen Kartenbus münden. Über Bus-Treiber gelangen die Daten vermittels der Buslogik auf den MPST-Bus.

### 2.2.4 Ausgabekarte

Die MPST-Digitalausgabe besitzt in Bezug auf die Logik der MPST-Busankopplung und des Adreßvergleichers denselben Aufbau wie die Digitaleingabekarten (vgl. Ab. 2.2.3).

Das Bild 2.5 zeigt ein Blockschaltbild der Ausgabekarte. Die MPST-Digitalausgabekarte kann wort- oder byteweise beschrieben werden und hat 64 potentialgetrennte Ausgabesignale, jeweils wieder - wie bei der Eingabekarte - mit eigener Bezugsmasse.

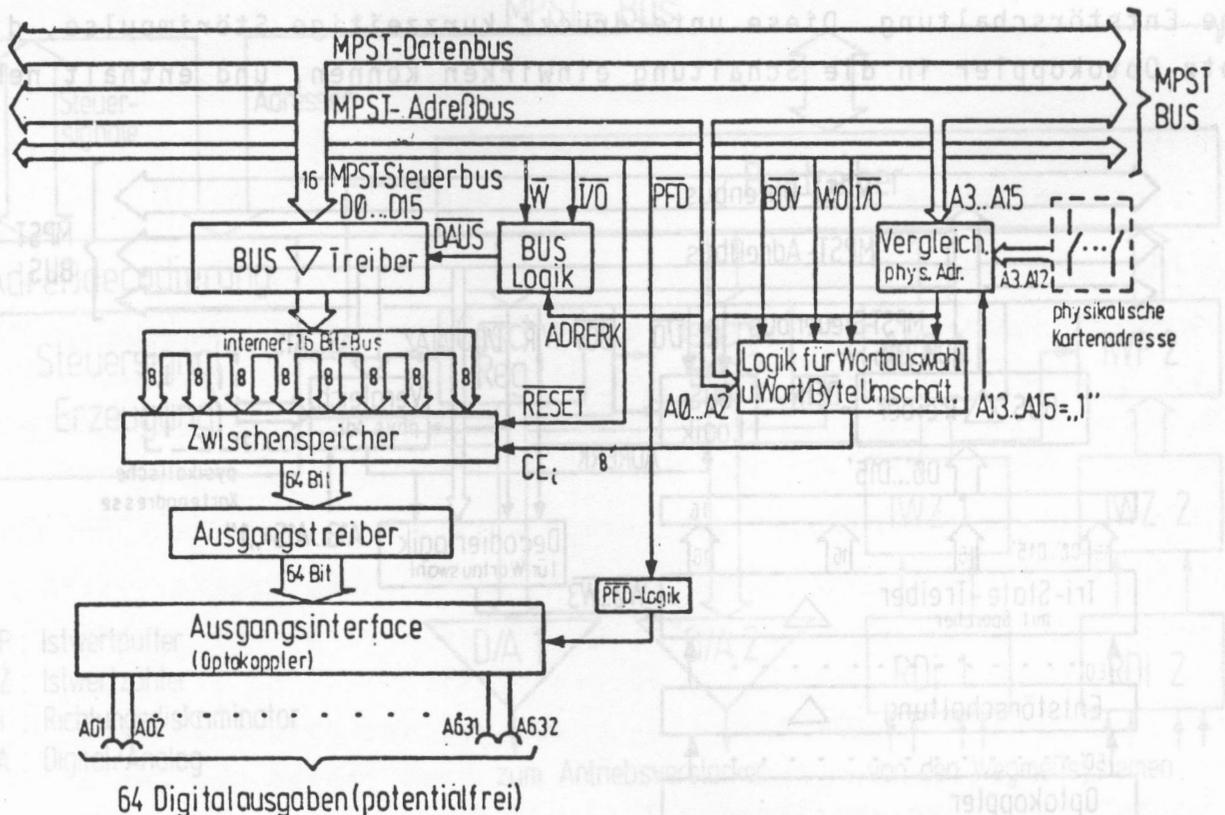


Bild 2.5: Blockschaltbild der MPST-Digitalausgabekarte

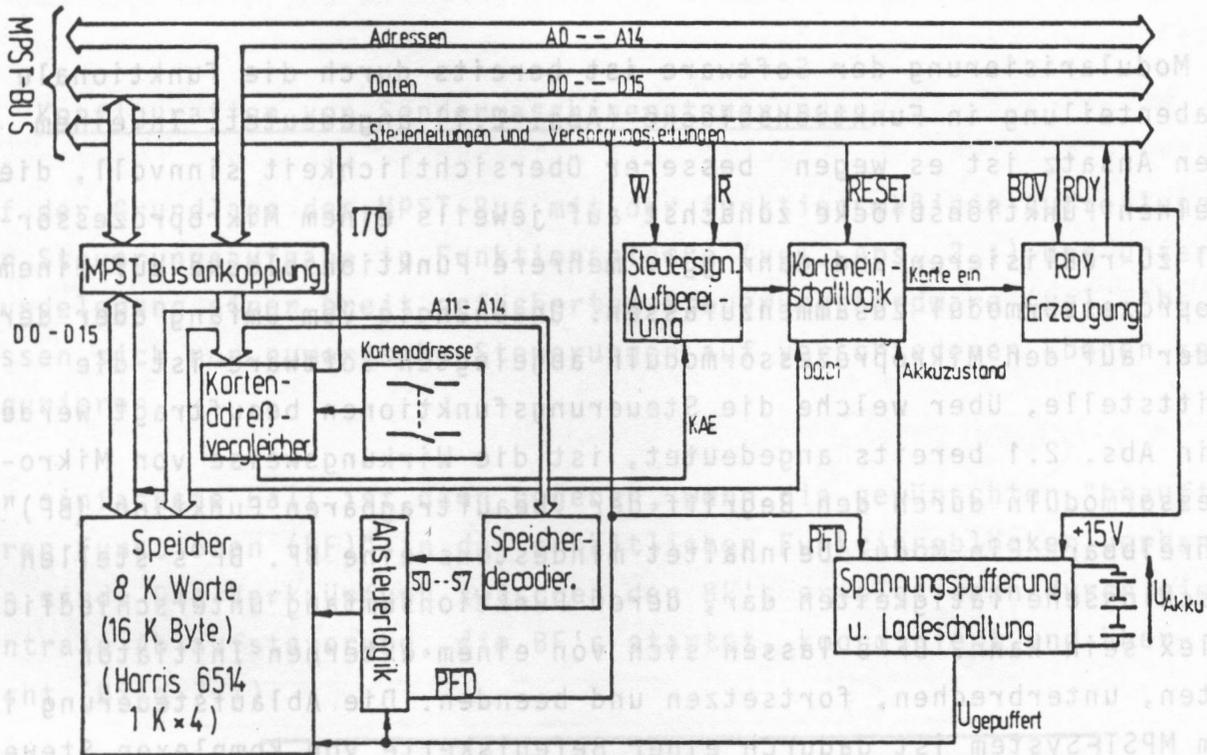


Bild 2.6: Blockschaltbild des NC-Programmspeichers

### 2.2.5 NC-Programmspeicher (16k Zeichen)

Um einem möglichst breiten Anwendungsspektrum gerecht zu werden, muß der Speicher so groß sein, um mehrere NC-Programme aufzunehmen. Ferner müssen die gespeicherten NC-Daten auch bei Abschaltung der Steuerung oder bei einem unvorhergesehenen Spannungsausfall sicher erhalten bleiben. Als Lösung für einen nichtflüchtigen Programmspeicher wurde ein Speichermodul mit Halbleiterspeicherelementen in C-MOS Technologie entwickelt und erprobt.

Die NC-Programmspeicherkarte gemäß Bild 2.6 hat eine Speicherkapazität von 16k Byte. Die Karte wird vom MPST-Bus her über eine Datenkanaladresse, die mittels Schalter einstellbar ist und über ein Freischaltflipflop angesprochen.

Bei Spannungsausfall tritt eine auf der Karte befindliche Spannungspufferung in Kraft, welche die Stromversorgung der Speicherelemente und der Ansteuerlogik sicherstellt.

### 2.3 MPST-Software

Eine Modularisierung der Software ist bereits durch die funktionale Aufgabenteilung in Funktionsblöcke (Abs. 2.1) angedeutet. In einem ersten Ansatz ist es wegen besserer Übersichtlichkeit sinnvoll, die einzelnen Funktionsblöcke zunächst auf jeweils einem Mikroprozessormodul zu realisieren und dann ggf. mehrere Funktionsblöcke auf einem Mikroprozessormodul zusammenzufassen. Unabhängig vom Umfang oder der Art der auf den Mikroprozessormoduln abgelegten Software ist die Schnittstelle, über welche die Steuerungsfunktionen beauftragt werden. Wie in Abs. 2.1 bereits angedeutet, ist die Wirkungsweise von Mikroprozessormoduln durch den Begriff der "beauftragbaren Funktion (BF)" beschreibbar. Ein Modul beinhaltet mindestens eine BF. BF's stellen abgeschlossene Tätigkeiten dar, deren Funktionsumfang unterschiedlich komplex sein kann. BF's lassen sich von einem externen Initiator starten, unterbrechen, fortsetzen und beenden. Die Ablaufsteuerung in einem MPST-System ist dadurch einer Befehlskette von komplexen Steuerbefehlen vergleichbar, über welche die BF's in den Funktionsmoduln in einer bestimmten logischen oder zeitlichen Folge aktiviert werden. Bei einem Zentralsystem generiert das Zentralsteuerwerk aufgrund der Betriebsart und des Betriebszustandes diese Befehlsketten, übergibt Ausführungsanweisungen an Funktionsmodule und trifft aufgrund von Fertigmeldungen weitere Entscheidungen. Mehrere Befehlsketten können hierbei parallel aktivierbar sein.

Dieses Konzept der Ablaufsteuerung in einem modularen Mehrprozessorsystem erfüllt eine weitere wesentliche Forderung nach Verwendbarkeit von Funktionsmoduln unterschiedlicher Hersteller.

Für jeden MPST-Funktionsmodul ist vom Entwickler ein Datenblatt zu erstellen mit einer Beschreibung von

- "Beauftragbaren Funktionen (BF)"
- Format und Übergabespeicheradressen der erforderlichen Eingabedaten
- Format und Übergabespeicheradressen der anfallenden Ausgabedaten.

Mit Hilfe dieser Angaben kann sich der Anwender ein Steuersystem projektieren und ein Ablaufsteuerprogramm schreiben, das er in den Mikroprozessormodul implementiert, der die Funktionen des Zentralsteuer-

werks ausführt.

### 3 Konfiguration von Sondermaschinensteuerungen

Auf der Grundlage des MPST-Bus mit der funktionsmäßigen Aufteilung der Steuerungsaufgabe in Funktionsblöcke (vgl. Abs. 2.1) und unter Zugrundelegung einer breit gefächerten Steuerungshardware (vgl. Abs.2.2) lassen sich nun numerische Steuerungen auf verschiedenen Ebenen konfigurieren.

Der einfachste Fall ist dann gegeben, wenn die gewünschten "beauftragbaren Funktionen (BF)" in den erhältlichen Funktionsblöcken vorhanden sind. Die Verknüpfung zwischen den BF's erfolgt dann durch eine zentrale Ablaufsteuerung, die BF's startet, koordiniert und überwacht (Bild 7.1).

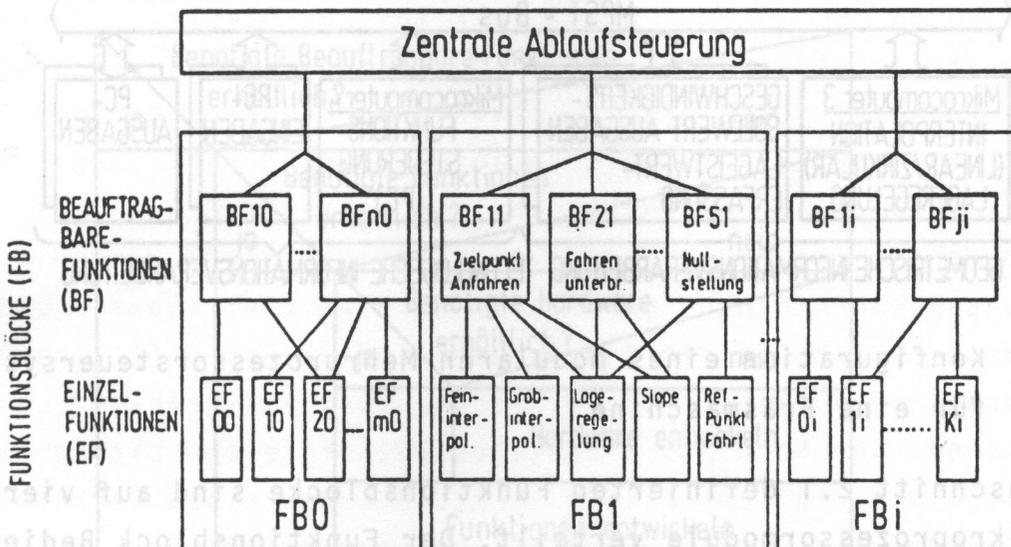


Bild 3.1: Hierarchische Struktur der MPST-Software

Die in Absatz 2.1 genannten Funktionsblöcke Zentrales Steuerwerk (ZST), Bedien und Steuerdaten Ein-/Ausgabe (BSEA) NC-Programmverwaltung, -Aufbereitung und Verteilung (NCVA) geometrische Informationsverarbeitung (GEO) und technologische Informationsverarbeitung enthalten Steuerungsfunktionen, die über leistungsfähige beauftragbare Funktionen aktiviert werden können.

Ein Beispiel aus dem Funktionsblock GEO ist die BF11 in Bild 3.1 mit der Aufforderung: "Zielpunkt anfahren" gemäß den im Übergabebereich

bereitgestellten Daten. Im Bild ist angedeutet, daß dabei die Einzelfunktionen Grobinterpolation, Feininterpolation, Slope und Lage-  
regelung Verwendung finden.

Ein weiteres Beispiel ist die BF an den Funktionsblock NCVA: "Dekodiere aktuellen NC-Satz". Mit weiteren BF's aus den Funktionsblöcken BSEA und PC läßt sich durch eine einfache zentrale Ablaufsteuerung leicht eine Fräsmaschinensteuerung realisieren. Die Hardwarekonfiguration einer solchen CNC ist in Bild 3.2 gezeigt.

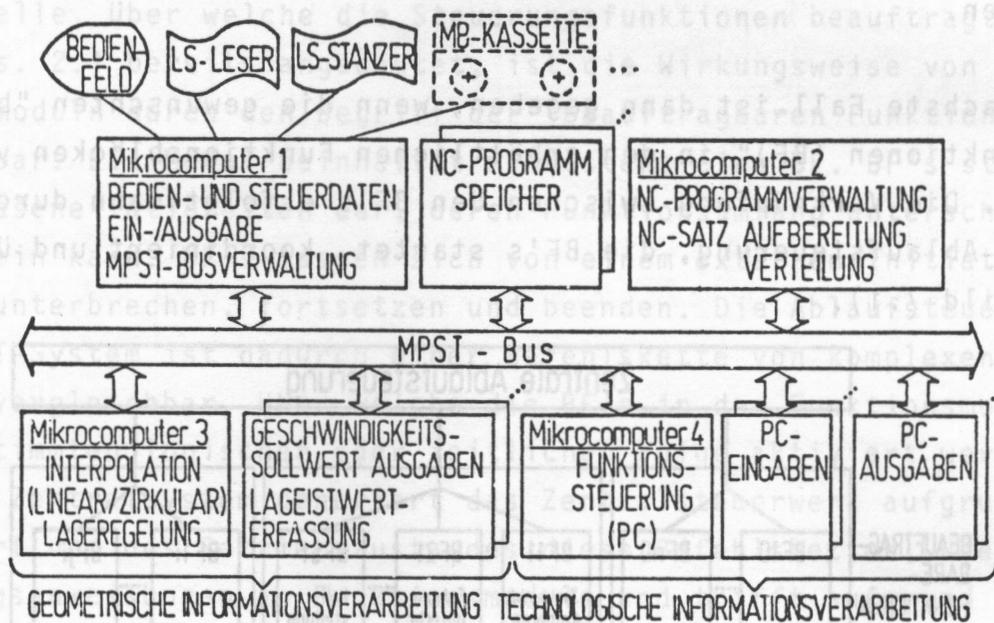


Bild 3.2: Konfiguration eines modularen Mehrprozessorsteuersystems für eine Fräsmaschine

Die in Abschnitt 2.1 definierten Funktionsblöcke sind auf vier identische Mikroprozessormodule verteilt. Der Funktionsblock Bedien- und Steuerdaten Ein-/Ausgabe (BSEA) wird mit dem Zentralsteuerwerk (ZST) zusammengefaßt. Damit ergeben sich vier Funktionsmodule, die mit folgenden, passiven Modulen ausgerüstet sind:

- Schnittstellenkarte mit seriellen (V.24) und parallelen Peripheriegeräteanschlüssen für Bedienfeld, Lochstreifen-Leser und -Stanzer;
- batteriegepufferter NC-Programmspeicher (CMOS-Technik) mit einer Speicherkapazität von 16k Zeichen;
- PC-Eingabekarten mit 64 optogekoppelten, über Filter entstörten Eingängen;
- PC-Ausgabekarten mit 64 optogekoppelten, potentialfreien Ausgängen.

Zusammen mit den Prozessorkarten bilden diese sechs Kartentypen als Hardwarebausteine die Grundlage zur Konfigurierung von Steuerungsvarianten unterschiedlicher Ausbaustufen.

Im vorliegenden Fall war die Steuerungskonfiguration sehr einfach. Neben der Entwicklung einer einfachen zentralen Ablaufsteuerung waren lediglich gewisse Basisgrößen wie Meßsystemauflösung, Achsenzahl, gewünschter Lageregeltakt usw. im Bereich der Geometrie, und gesperrte G,-M,-H-Funktionen u.ä. im Bereich der NC-Satzdekodierung in Konstantenlisten zu programmieren.

Falls nicht alle benötigten BF's erhältlich sind, müssen mit den vorhandenen oder gegebenenfalls neu zu entwickelnden Funktionen die nötigen BF's realisiert werden.

Dieses Vorgehen läßt sich gemäß Bild 3.3 (vereinfacht) bis zur vollständigen Konfigurierung der MPST-Sondersteuerung fortsetzen. Einige Beispiele mögen dies verständlich machen.

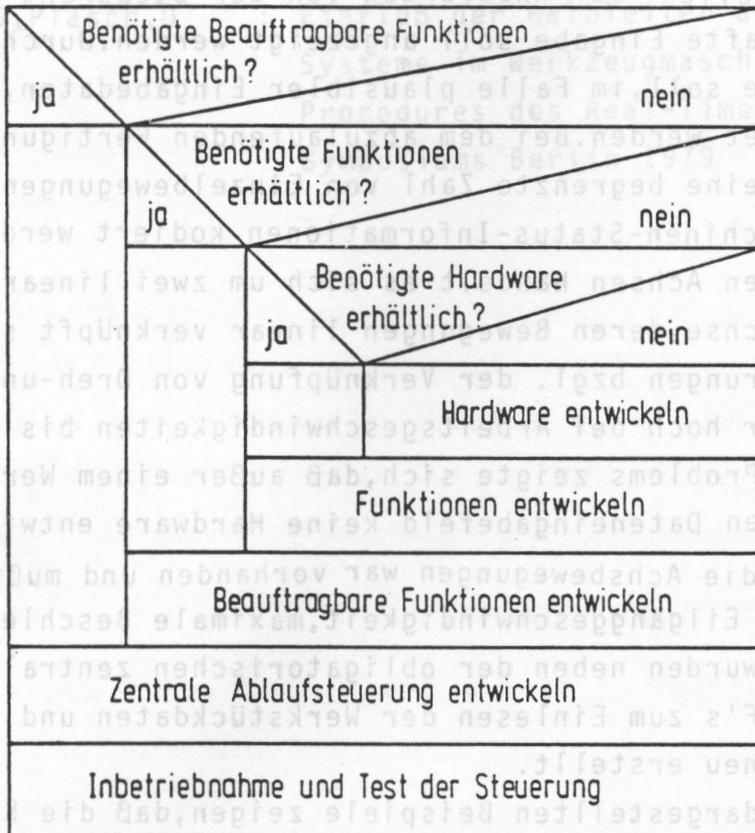


Bild 3.3 : Vorgehensweise zur Konfigurierung einer MPST-Steuerung (vereinfacht)

Angenommen, für eine zu entwickelnde Steuerung ist es nötig, einen Anzeigewert (wie z.B. Restweg zum Zielpunkt) auf dem Bedienfeld anzuzeigen, und es existiert keine beauftragbare Funktion, die dies leistet; es existiere jedoch eine Funktion (z.B. Lageregelung), die den gewünschten Wert ständig aktualisiert. In diesem Fall ist lediglich eine angepaßte BF zu entwickeln.

Die Entwicklung von BF's ist leicht standardisierbar, so daß sie nach einem Algorithmus erfolgen kann. Die BF muß lediglich den Formalismen der MPST-Softwarevereinbarungen genügen. Die Integration von neuen BF's wird durch ein benutzerfreundliches Mikroprozessorbetriebssystem mit Multitasking-Eigenschaften erleichtert. Dieses Betriebssystem lehnt sich in seinen Grundfunktionen an ein Pearl Betriebssystem an.

Am Beispiel einer numerischen Nutenschleifmaschine soll ein typischer Anwendungsfall für MPST gezeigt werden.

Die Aufgabenstellung lautet:

An einem Bedienfeld werden über Dekadenschalter Werkstückenddaten eingegeben. Die Daten sollen auf Knopfdruck von der Steuerung übernommen werden. Eine fehlerhafte Eingabe soll angezeigt werden. Durch Drücken einer weiteren Taste soll, im Falle plausibler Eingabedaten, der Fertigungszyklus gestartet werden. Bei dem abzulaufenden Fertigungszyklus handele es sich um eine begrenzte Zahl von Einzelbewegungen, die mit einigen binären Maschinen-Status-Informationen kodiert werden müssen. Bei den zu bewegendenden Achsen handelt es sich um zwei lineare und um eine rotatorische Achse, deren Bewegungen linear verknüpft sind. Die Genauigkeitsanforderungen bzgl. der Verknüpfung von Dreh- und Längsbewegungen sind sehr hoch bei Arbeitsgeschwindigkeiten bis zu 2m/min. Bei der Lösung des Problems zeigte sich, daß außer einem Werkstück- und maschinenspezifischen Dateneingabefeld keine Hardware entwickelt werden mußte. Die BF's für die Achsbewegungen war vorhanden und mußten nur mit den Basiskonstanten Eilganggeschwindigkeit, maximale Beschleunigung usw. versehen werden. So wurden neben der obligatorischen zentralen Ablaufsteuerung nur die BF's zum Einlesen der Werkstückdaten und zur internen NC-Satzgenerierung neu erstellt.

Die hier sehr grob dargestellten Beispiele zeigen, daß die Konfiguration von Steuerungen mit MPST-Bausteinen eine gründliche Einarbeitung in das System voraussetzt und zum gegenwärtigen Zeitpunkt auch das Entwickeln von Software in eigener Regie erforderlich macht.

In Zukunft soll der Anwender von solchen Tätigkeiten stark entlastet werden durch Generiersysteme, die zunächst auf der Ebene der "beauftrag-

baren Funktionen" und der zentralen Ablaufsteuerung die noch nötige Software-Entwicklung in vielen Fällen durch eine gezielte Bedienungsführung beträchtlich vereinfachen./3/

#### 4 Schrifttum

/1/ Autorenkollektiv

(MPST-Arbeitskreis) : MPST Systembeschreibung  
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH (1979)

/2/ Stute, G.u.a.

: Verteilte Steuerungseinrichtungen für  
Fertigungssysteme (MPST-Mehrprozessor-  
steuersystem) PDV Bericht, erscheint  
voraussichtlich Herbst 1980  
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH

/3/ Stute, G., Plasch, D

: Einfluß der Halbleiter auf Steuerungs-  
Systeme im Werkzeugmaschinenbau.  
Procedures des Real-Time-Data  
Symposiums Berlin 1979