

A. Schüring

Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre
der RWTH Aachen

Prozeßrechnereinsatz in der Fertigungstechnik

A. Schüring, Dipl.-Ing.

Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre
der RWTH Aachen

Prozeßrechnereinsatz_in_der_Fertigungstechnik

1. Direkte numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen

Während Prozeßrechner in der Verfahrenstechnik schon seit einiger Zeit mit Erfolg eingesetzt werden, sind die Anwendungen im Bereich der Fertigung noch vergleichsweise selten. Dabei handelt es sich um die Steuerung diskontinuierlicher Prozesse: Fertigungsprozesse werden durch die einzelne Bearbeitung von Teilen und deren Verteilung gekennzeichnet.

Nachdem in der Konstruktion und Fertigungsplanung die anfallenden Probleme teilweise schon mit Unterstützung der EDV gelöst werden, ist mit der Einführung von Systemen zur direkten numerischen Steuerung von Werkzeugmaschinen (DNC) durch einen Prozeßrechner ein Schritt zur Automatisierung der Fertigung selbst getan worden.

Im DNC-Betrieb werden die Steuerinformationen (geometrische und technologische Daten zur Erstellung eines Werkstückes) aller numerisch gesteuerten Maschinen (NC) vom Prozeßrechner zentral gespeichert, verwaltet und an die NC-Maschinen übertragen. Dadurch entfällt der Lesevorgang der NC-Steuerlochstreifen an den Maschinen, die Steuerinformationen sind sofort verfügbar, der Betrieb wird störsicherer. Dazu wurden die Steuerungen konventioneller NC-Maschinen über ein Koppellement unter Umgehung des Lochstreifenlesers mit dem Prozeßelement des Rechners verbunden. Diese Art der Ankoppelung, auch "Behind-Tape-Reader"-Betrieb genannt, läßt sich ggf. recht einfach mit schon vorhandenen NC-Steuerungen aufbauen. In Bild 1 ist das DNC-System des Werkzeugmaschinenlabors zu erkennen, das anlässlich des 14. Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquiums 1971 vorgeführt wurde.

Direkte numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen (DNC)

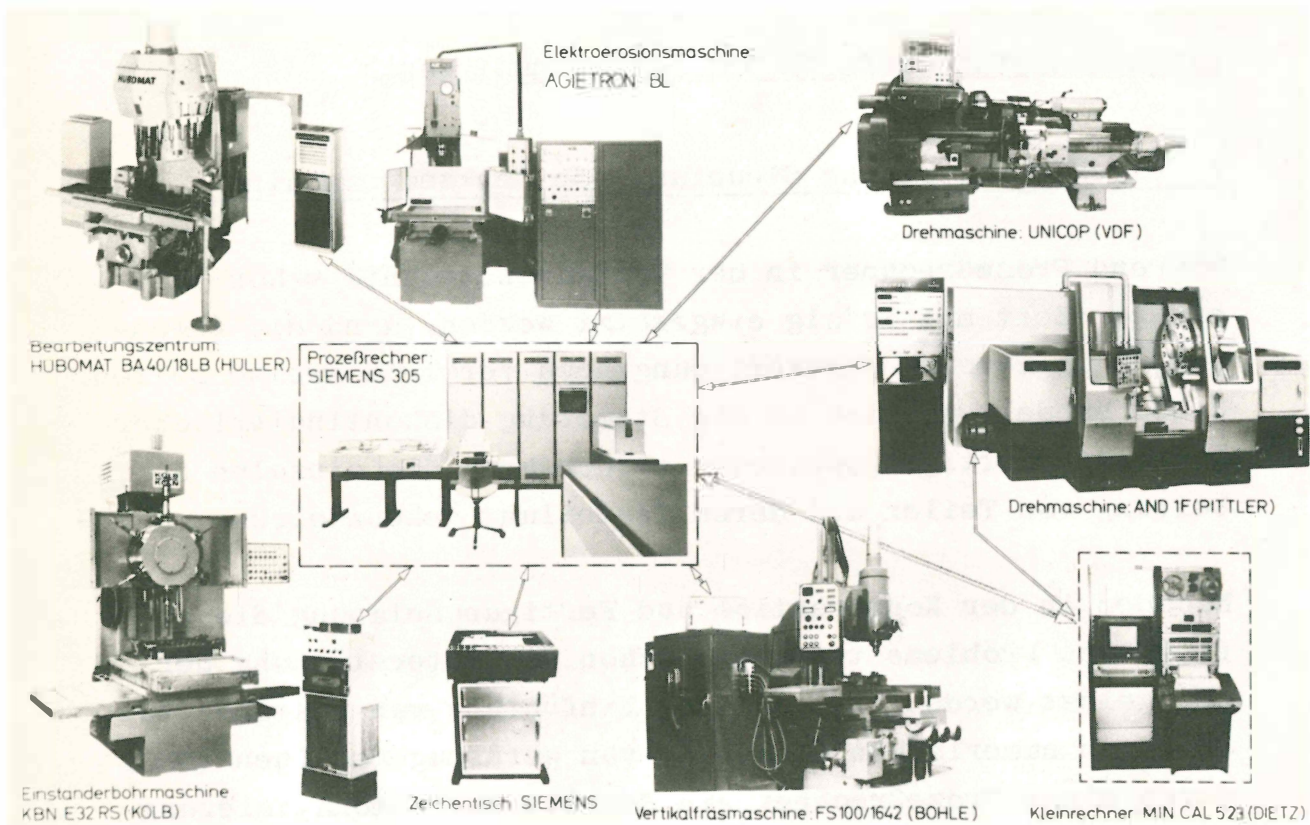


Bild 1: DNC-System des Werkzeugmaschinenlabors

Zeitmessungen ergaben, daß bei einem DNC-System mit 10 Maschinen die Programmsteuerung des Rechners durch die Steuerdatenverteilung nur etwa 5 % ausgelastet war. Daher wurden Rumpfsteuerungen entwickelt, bei denen einige Steuerfunktionen nicht mehr hardwaremäßig verwirklicht sind, sondern per Software vom Prozeßrechner ausgeführt werden. Einerseits wird so die Zentraleinheit besser ausgenutzt und andererseits der Einsatz kostengünstiger abgemageter Hardware-Steuerungen möglich. Besonders interessant war die Frage nach der Lage der Schnittstelle zwischen Hard- und Software innerhalb der Maschinensteuerung; es zeigte sich, daß Rumpfsteuerungen besonders vorteilhaft bei einfacheren, weniger zeitintensiven Steueraufgaben verwandt werden können.

Ein weiterer Vorteil des DNC-Betriebes ist in der Möglichkeit zu sehen, Teileprogramme während der Testphase direkt korrigieren und ändern zu können, ohne daß das Teileprogramm vom Großrechner neu generiert werden müßte.

Für Maschinen mit vielen und komplexen Steuerfunktionen oder auch Interpolationen höherer Ordnung eignen sich Rumpfsteuerungen weniger, da sie zuviel ASP-Platz oder Rechenzeit belegen würden; aber auch reine Hardware-Lösungen sind in diesem Fall nicht zu empfehlen, da sie recht aufwendig und starr werden. Mit einem Kleinrechner läßt sich dagegen eine preisgünstige und sehr flexible Steuerung aufbauen, bei der nunmehr nahezu alle Funktionen per Programm ausgeführt werden. Diese Art der Steuerung wird als CNC-Steuerung (Computer Numerical Control) bezeichnet. Am DNC-System des Werkzeugmaschinenlabors (Bild 1) wurde dazu ein mit dem Prozeßrechner gekoppelter Kleinrechner (MINCAL 523 von DIETZ) eingesetzt, der eine Drehmaschine für 2-Achsen-Bahnsteuerung mit automatischem Werkzeugwechsel, Linear- und Kreisinterpolation und Einflußnahme der Vorschubgeschwindigkeit und Spindeldrehzahl über ein gekoppeltes Datensichtgerät steuert.

Um den Prozeßrechner, der hier auch als Fertigungsrechner bezeichnet wird, noch besser auslasten zu können, werden "Adaptive Control"-Systeme einbezogen, die dazu dienen, den Bearbeitungsprozeß innerhalb vorgegebener Grenzen oder nach einem Optimierungsverfahren zu führen. Darüber hinaus können aufgrund der on-line Kopplung der Maschinen mit dem Fertigungsrechner Betriebsdaten aus dem Produktionsprozeß erfaßt und verarbeitet werden; damit wird es möglich, die bestehende Organisation eines Unternehmens zu analysieren und systematisch zu verbessern. Im Bild 2 sind die Komponenten eines umfassenden DNC-Systems dargestellt.

Die weitere Entwicklung in Richtung eines vollautomatisierten Produktionsablaufes wird über diesen Rahmen hinaus flexible Fertigungssysteme verketteter Maschinen mit automatisiertem Werkzeugtransport und -wechsel sowie automatisiertem Materialtransport und Werkstückwechsel berücksichtigen.

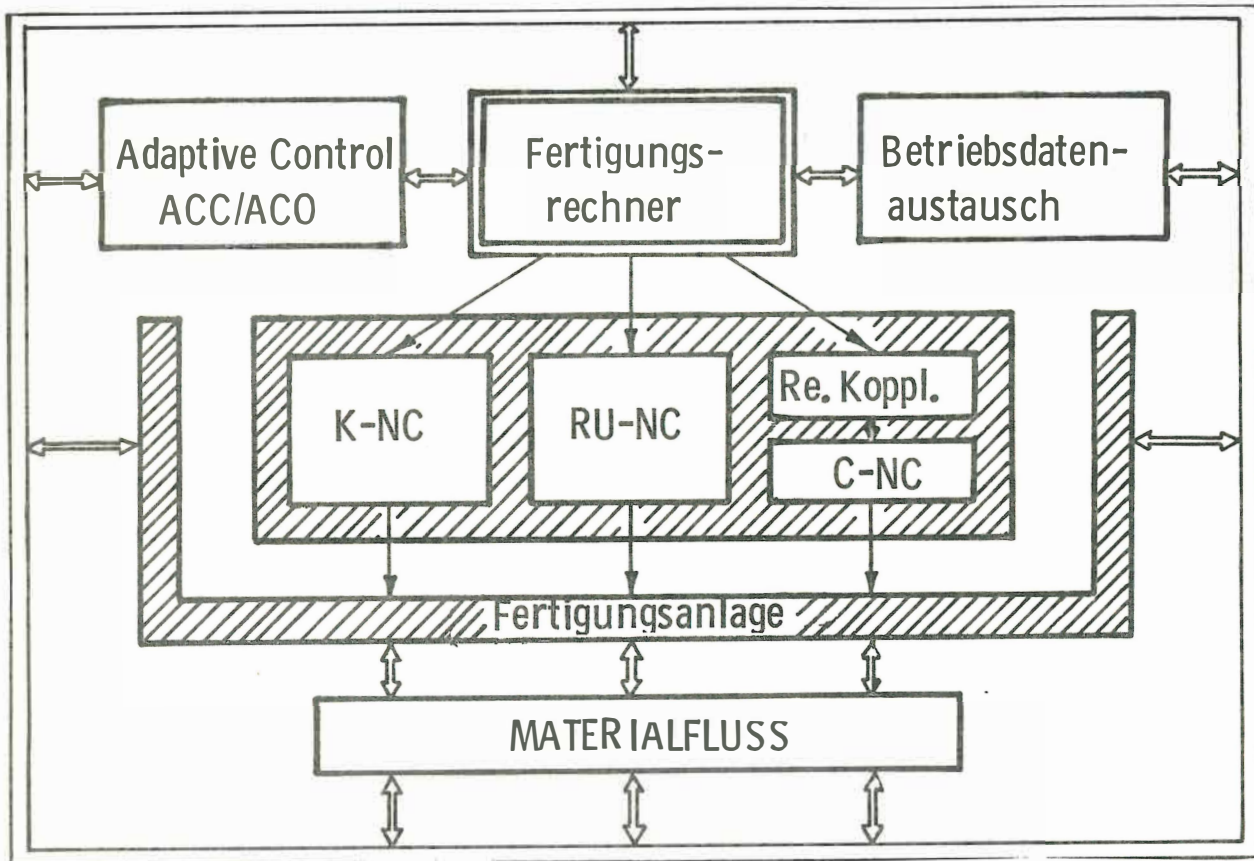


Bild 2: Komponenten eines DNC-Systems

2. Simulation des Prozesses zur Optimierung des Gesamtsystems

Um eine optimale Arbeitsweise des Gesamtsystems unter Berücksichtigung vorgegebener Reaktionszeiten zu erreichen, müssen die relevanten Systemparameter in Simulationsläufen systematisch variiert und das Systemverhalten beobachtet werden. Da der zu steuernde Prozeß aus Kosten- und Zeitgründen in der geforderten Konfiguration im Werkzeugmaschinenlabor nicht zur Verfügung steht, muß das Prozeßgeschehen simuliert werden.

Mit Hilfe der Simulation sollen Fragen nach der maximalen Maschinenanzahl, der Auslastung der Programmsteuerung, der peripheren Geräte und E/A-Kanäle beantwortet werden. Die Simulationseingabedaten werden off-line aus der statistischen Verteilung des Auftragsbestandes eines begrenzten Produktionszeitraumes mit einem Zufallsgenerator erzeugt und in das Prozeßmodell eingegeben.

Im Gegensatz zu physischen Prozeßmodellen wird ein abstraktes Modell verwandt, das als Rechenprogramm in einem mit dem Fertigungsrechner gekoppelten Kleinrechner (Bild 3) hinterlegt wird. Mit Hilfe dieses Simulationsrechners ist sowohl eine flexible Prozeßsimulation als auch komfortable Auswertung möglich. Über den Vergleich der erzeugten Zeiten für das Auftreten bestimmter Prozeßereignisse mit der laufenden Simulationszeit werden vom Simulationsrechner Pseudo-Prozeß-

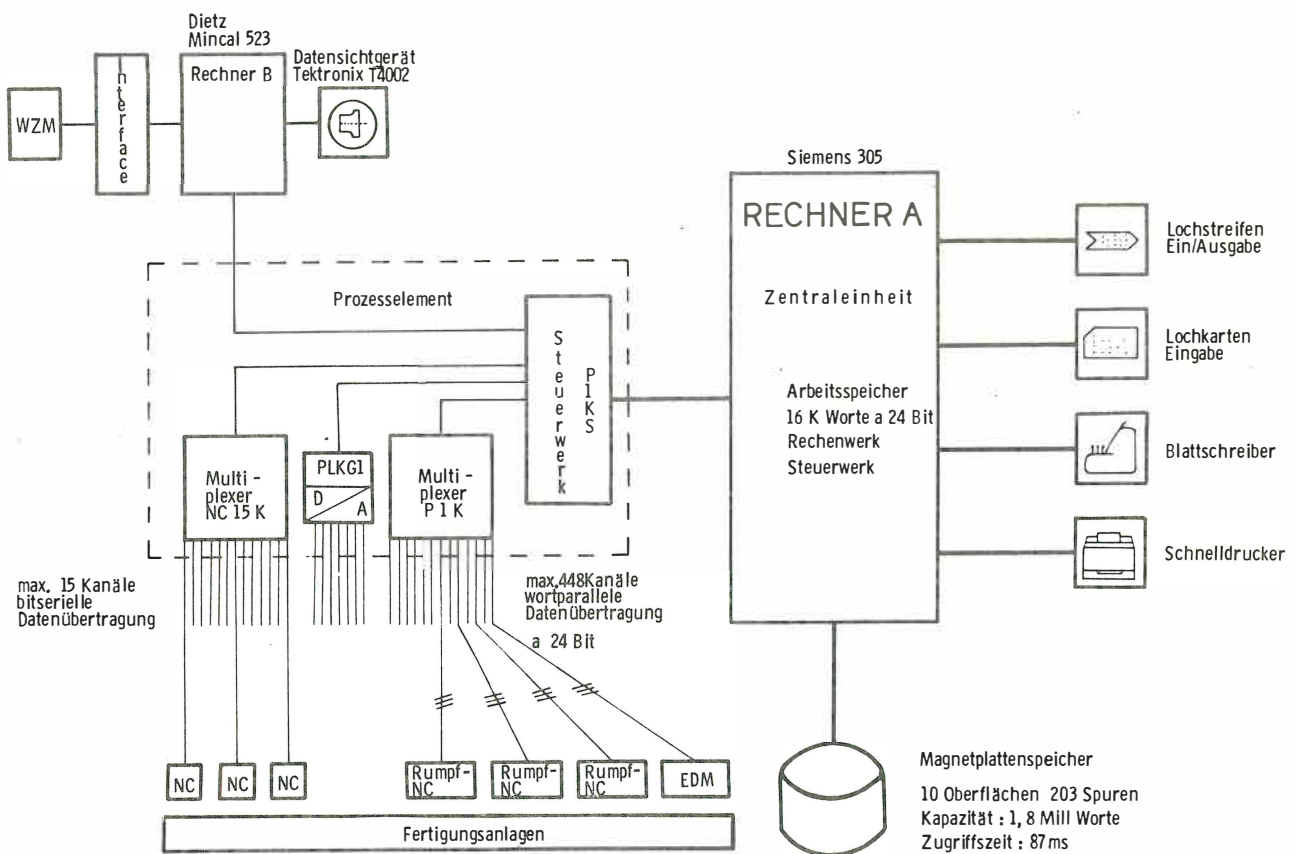


Bild 3: Prozeßrechensystem des Werkzeugmaschinenlabors

alarme an den Fertigungsrechner abgegeben. Während des Simulationsversuches werden außerdem individuell für jede Maschine Reaktionszeiten erfaßt, wie z.B. die Wartezeiten an den Maschinen bezüglich der Ausgabe von Steuerdaten. Die zeitliche Auswertung ("Check out"), die statistisch und deterministisch erfolgen kann, wird durch die Überwachung der Abläufe im Fertigungsrechner, wie Länge und Durchsatz der Warteschlangen, Belegung der Funktionseinheiten des Systems durch bestimmte Tätigkeiten ergänzt und in einen zeitlichen Zusammenhang gebracht.

Auf diese Weise kann mit dem gekoppelten Kleinrechner die Simulation selbst und ein Teil der Auswertung durchgeführt werden. Die Ergebnisse dienen zur Analyse des Systemverhaltens, der systematischen Optimierung des Systems bezüglich Auslastung und Reaktion und schließlich der Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage.

3. Koordinierung der Hintergrundarbeiten in einem Prozeß-rechensystem

Neben den ASP-residenten Programmen, die die Vordergrundtätigkeiten des Systems ausführen, sind die Programme des Hintergrundes zu nennen, die sich den gemeinsamen Laufbereich teilen. Da das Organisationsprogramm ORG I, mit dem der DNC-Betrieb gefahren wird, freie Laufbereiche nicht verwaltete und außerdem für die Koordinierung selbst nur wenig Platz übrig blieb, mußte ein Programm geschrieben werden, das bei geringem Platzbedarf die gestellten Anforderungen erfüllte. In zahlreichen Testläufen wurden verschiedene Verfahren der Laufbereichbelegung von der Aufteilung in Abschnitten bis zur kontinuierlichen Belegung, bezüglich des Programmdurchsatzes, der ORG- und Koordinierungszeiten, der Laufbereichausnutzung und Belegung externer Elemente untersucht, wobei sich bestimmte Aufteilungen als besonders günstig erwiesen. Da das Bereitstellen relativ adressierter

Externspeicher-residenter-Programme sehr lange dauert und außerdem die Programmsteuerung dabei unvertretbar lange belegt wird, müssen diese Programme absolut adressiert auf dem Externspeicher hinterlegt werden, so daß sie bei einer Anforderung nur noch in den Laufbereich zu transferieren sind. Bei der abschnittswisen Aufteilung des Laufbereiches muß jedes Programm entsprechend den möglichen Startadressen im Laufbereich mehrfach absolut adressiert auf dem Externspeicher vorhanden sein. Der Vorteil dieser Aufteilung liegt einmal in dem Gewinn an Flexibilität bei der Belegung des Laufbereiches und zum anderen in der relativ einfachen Organisation.