

PROZESS-OPTIMIERUNG DURCH ON-LINE SIMULATION AUF PEARL-EBENE

J. Schütz, Erlangen

Zusammenfassung

Die Simulation ist ein wichtiges Hilfsmittel für die Planung von fertigungstechnischen Einrichtungen. Bisher wurde diese Methode als Off-Line-Werkzeug gebraucht. Es wird ein Simulationsmodell vorgestellt, das sowohl als Off-Line-Planungsinstrument wie auch als On-Line Steuerungs- und Optimierungsprogramm verwendet werden kann.

Schlüsselwörter: On-Line-Simulation, Off-Line-Simulation, Realzeit-Simulation, GPSS-PEARL

Summary

Simulation is an important aid in the design of manufacturing systems. Up to now this method has been an off-line tool. This paper presents a simulation model that can be used as off-line planning tool and as on-line control and optimization program as well.

Key words: On-line simulation, off-line simulation, realtime simulation, GPSS-PEARL

1. Einleitung

Flexible Automation drängt immer stärker in immer mehr fertigungstechnische Bereiche vor. Durch das dabei erforderliche Zusammenwirken unterschiedlicher Automatisierungsmittel wie Maschinen- und Transport-Steuerungen, Regelanlagen, Betriebsdaten-Erfassungsgeräten und übergeordneten Leitrechnern wächst die Komplexität der Systeme, da der Aufwand für die Koordination, Synchronisation und Kommunikation der einzelnen, miteinander verketteten Systemkomponenten immer größer wird. Mit Hilfe der Simulation läßt sich das dynamische Verhalten solch komplexer, fertigungstechnischer Abläufe studieren.

2. Simulation

Die Simulation ist eine heute recht verbreitete Methode, fertigungstechnische Einrichtungen zu untersuchen. Ziel der Simulation, wie sie hier verstanden werden soll, ist die Abbildung eines Ausschnittes aus der Realität auf ein Modell, sowie das Studium des Verhaltens dieses Modells unter bestimmten Einflüssen.

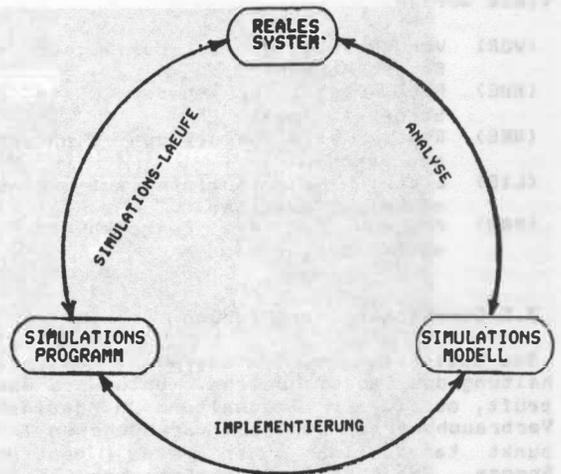


Bild 1: Der Simulationsprozeß

Bild 1 verdeutlicht diese Vorgehensweise: ein reales System - ob erst geplant oder bereits in der Realität vorhanden, wird durch ein Simulationsmodell nachgebildet. Dieses Modell wird in einer (meistens höheren) Programmiersprache formuliert und als Simulationsprogramm auf einer Rechenanlage implementiert.

Durch Modifizieren der Modelleinflußgrößen kann man das zeitliche Verhalten dieses Modells (und damit des abgebildeten Systems) untersuchen und auf Grundlage der dabei gewonnenen Erkenntnisse Aussagen über das reale Systemverhalten machen.

Eine grobe Einteilung der Simulationsmodelle zeigt Bild 2. Bildet man das zu untersuchende reale System durch reale Dinge nach - z.B. das Tragflächenprofil eines Flugzeuges durch ein Tragflächenmodell im Windkanal, so spricht man von realer Simulation.

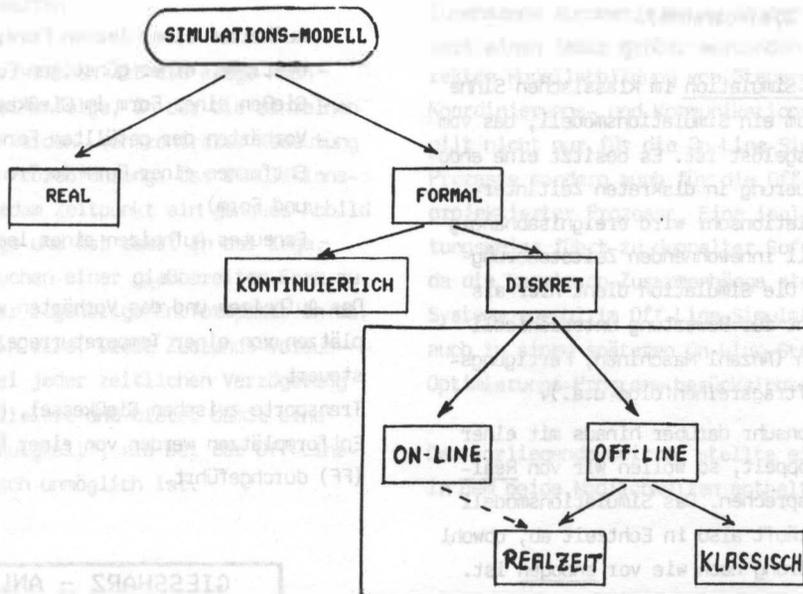


Bild 2: Simulationsmodell-Systematik

Uns interessieren an dieser Stelle im wesentlichen die formalen Simulationsmodelle, bei denen die Realität durch ein abstraktes Modell nachgebildet wird. Diese formalen Modelle stellen sozusagen ein abstraktes Abbild des realen Systems im menschlichen Bewußtsein dar.

Formale Simulationsmodelle lassen sich weiter unterteilen in diskrete und kontinuierliche Modelle. Im kontinuierlichen Fall ändern sich die Zustände eines Systems kontinuierlich, im diskreten Modell treten die Ereignisse in diskreten Zeitabständen auf.

Diese diskreten Simulationsmodelle werden bei der Untersuchung fertigungstechnischer Abläufe häufig benutzt - als Planungsinstrument, das insbesondere gekennzeichnet ist durch

- eine Zeit- und Ereignissteuerung durch eine in variablen, diskreten Zeitschritten ablaufende Simulationsuhr; während eines Simulationslaufes "springt" diese Simulationsuhr sozusagen von einem Ereignis zum nächsten.

- eine strikte Trennung zwischen realem Prozeß und formalem Modell, d.h., ein auf einer EDV-Anlage implementiertes Simulationsprogramm läuft völlig isoliert vom realen Prozeß, der simuliert wird.

Diese Trennung zwischen Prozeß und Modell ist einerseits

- für die Simulation projektierte Systeme unabdingbar
- und auch für die Untersuchung bereits existierender Systeme sinnvoll, da eine Aufhebung u.U. erhebliche Folgen für die laufende Fertigung hätte,

sie macht andererseits die Simulation zu einem reinen Planungsinstrument. Zum Steuerungs- und echten Optimierungswerkzeug fehlt eine Rückkopplungsmöglichkeit, die erst dann gegeben ist, wenn Prozeß und Simulationsmodell auf dem Rechner miteinander gekoppelt sind.

Damit wird eine besondere Abbildungsgenauigkeit im Modell möglich. Störungen, die eine zeitliche Verzögerung zur Folge haben, werden exakt erfaßt und können somit in die Entscheidungen des Simulationsmodells einfließen. Optimierungsmodule innerhalb eines Simulationsprogrammes können bei jeder Abweichung vom "Geplanten" erneut aktiviert werden, um - ausgehend von den korrigierten Prozeßdaten - den Prozeßablauf neu zu optimieren.

Die an den Prozeß gekoppelten Simulationsmodelle erfordern eine Erweiterung der Simulations-Modell-Systematik (Bild 2, eingerahmt).

Bei der Off-Line-Simulation im klassischen Sinne handelt es sich um ein Simulationsmodell, das vom realen Prozeß losgelöst ist. Es besitzt eine endogene Ereignissteuerung in diskreten Zeitintervallen. Die Simulationsuhr wird ereignisabhängig von der dem Modell innewohnenden Zeitsteuerung selbst gestellt. Die Simulation dient hier als Planungsinstrument zur Bewertung unterschiedlicher Alternativen (Anzahl Maschinen, Fertigungsorganisation, Auftragsreihenfolge u.a.).

Ist die Simulationsuhr darüber hinaus mit einer Echtzeit-Uhr gekoppelt, so wollen wir von Realzeit-Simulation sprechen. Das Simulationsmodell auf dem Rechner läuft also in Echtzeit ab, obwohl die Ereignissteuerung nach wie vor endogen ist. Prozeßabläufe können damit dynamisch auf einem Monitor dargestellt werden, wobei Zeitraffer- bzw. Zeitlupeneffekte möglich sind. Diese Visualisierung stellt ein wichtiges Hilfsmittel zum "Debuggen" während der Testphase dar.

Von On-Line-Simulation sprechen wir, wenn Modell und Prozeß miteinander gekoppelt sind. Es handelt sich dabei um eine exogene Ereignissteuerung, da Ereignisse nicht vom Simulationsmodell aktiviert werden, sondern von der Außenwelt, also über die On-Line-Verbindung zum Prozeß. Da dadurch praktisch eine 1:1-Abbildung zwischen Fertigungsablauf und Simulationsprogramm erreicht wird (zumindest was Bearbeitungszeiten und Störungen angeht) ergeben sich bei dieser Simulationstechnik gute Optimierung- und Steuerungs-Möglichkeiten.

Eine exogene Ereignissteuerung liegt auch vor, wenn das Simulationsmodell nicht mit dem Prozeß, sondern mit dem den Prozeß beeinflussenden Steuerungsrechner gekoppelt ist. Das Simulationsprogramm dient hier als Testrahmen für den Steuerungsrechner vor

Inbetriebnahme der Anlage. Auch diese Vorgehensweise wird von Hauser (siehe Literaturverzeichnis) als Realzeitsimulation bezeichnet.

### 3. On-Line-Simulation in der Praxis

Das eben gesagte soll nun an einem praktischen Beispiel kurz verdeutlicht werden. Es handelt sich dabei um eine Gießharzanlage, in der Kunststoffteile unterschiedlicher Größe und Beschaffenheit produziert werden. Der Fertigungsablauf besteht aus folgenden Schritten:

- Aufheizen einer leeren Form;
- Bestimmen einer günstigen Form zum Gießen;
- Gießen einer Form im Gießkessel (GK);
- Vorhärten der gefüllten Form;
- Entformen einer Form (= Trennen von Gießling und Form);
- Erneutes Aufheizen einer leeren Form.

Das Aufheizen und das Vorhärten wird auf Heizplätzen von einer Temperaturregelanlage (TR) gesteuert.

Transporte zwischen Gießkessel, Heizplätzen und Entformplätzen werden von einer Formförderanlage (FF) durchgeführt.

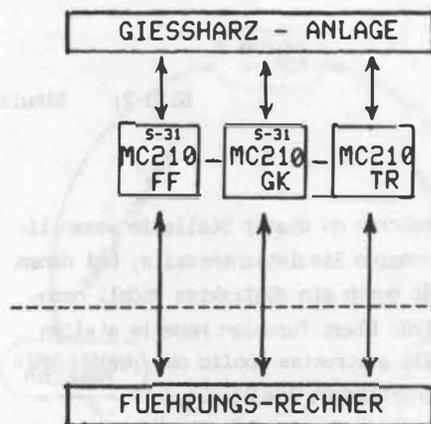


Bild 3: Kopplung Gießharzanlage - Führungsrechner

Die On-Line-Verbindung zwischen Prozeß und Simulationsprogramm auf einem Führungsrechner zeigt Bild 3. Die Kopplung ist durch einen "Telegramm-Verkehr" in beiden Richtungen realisiert. Der Führungsrechner kann also einerseits Fahraufträge erteilen bzw. Zustands-Informationen anfordern, er wird andererseits von den Steuerungen automatisch über bestimmte Ereignisse unterrichtet.

Kennzeichnend für die Problematik dieser Gießharz-anlage sind folgende Punkte:

1. Die Anzahl der je Schicht zur Verfügung stehenden Leerformen ist begrenzt durch die Anzahl der Heizplätze.
2. Die Zeit zwischen Ende des Vorhärtens und Beginn des Entformens darf eine kritische Grenze nicht überschreiten.
3. Der Gießkessel darf nicht zu lange auf eine leere Form warten.

Wegen dieser Restriktionen ist die Frage nach einer optimalen Reihenfolge, in der die einzelnen Formen abgegossen werden, von zentraler Bedeutung für eine günstige Prozeßführung. Das Simulationsprogramm hat zu jedem Zeitpunkt ein genaues Abbild der Gießharz-Anlage und ist damit in der Lage, bereits beim Aussuchen einer gießbereiten Form zu entscheiden, ob der zugehörige Entformplatz in ca. 2 Stunden frei sein wird. Diese Zustands-Vorausberechnung wird bei jeder zeitlichen Verzögerung automatisch aktualisiert und bietet damit eine "Optimierungs-Genauigkeit", die bei der Off-Line-Simulation praktisch unmöglich ist.

Die Ereignissteuerung im zugrundeliegenden Simulationsprogramm ist so organisiert, daß

- On-Line-Simulation,
- Off-Line-Simulation und
- Realzeit-Simulation

innerhalb eines einzigen Modells berücksichtigt sind (Bild 4).

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Zunehmende Automatisierung in der Fertigung erfordert einen immer größer werdenden Aufwand zur korrekten Modellabbildung von Steuerungs-, Regelungs-, Koordinierungs- und Kommunikations-Abläufen. Dies gilt nicht nur für die On-Line-Simulation realer Prozesse sondern auch für die Off-Line-Simulation projektierter Prozesse. Eine isolierte Betrachtungsweise führt zu doppelter Software-Entwicklung, da die komplexen Zusammenhänge eines verketteten Systems sowohl im Off-Line-Simulationsprogramm als auch in einem späteren On-Line-Steuerungs- und Optimierungs-Programm berücksichtigt werden müssen.

Der vorliegende Beitrag stellte einen Simulator vor, in dem beide Möglichkeiten enthalten sind. Inte-

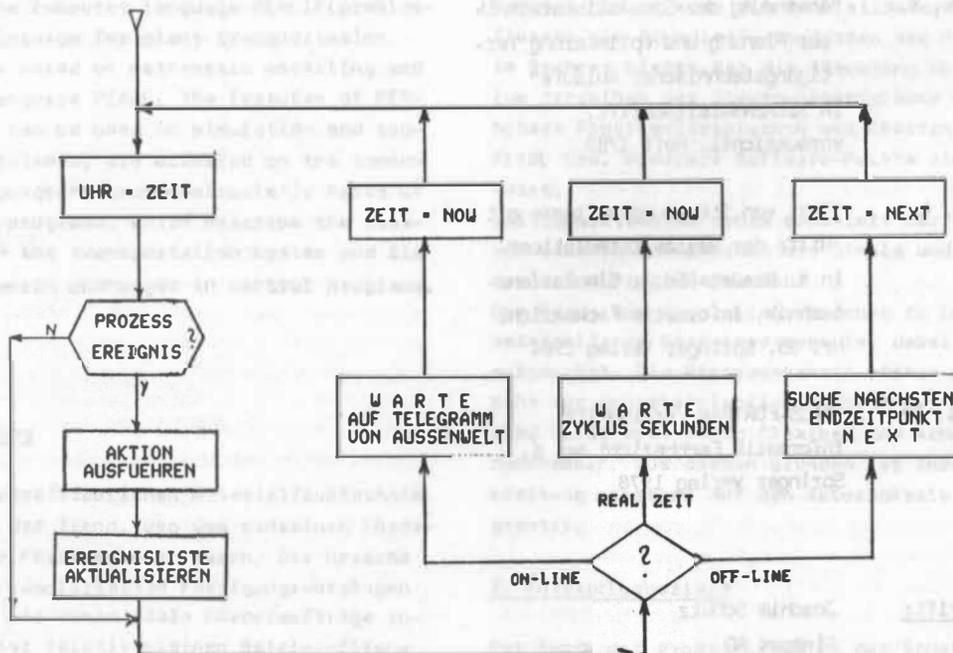


Bild 4: Zeitsteuerung im Simulator

grierendes Bindeglied ist dabei die Sprache PEARL, die als komfortable Echtzeitsprache sowohl für die On-Line- als auch für die Off-Line-Problematik geeignet ist.

Off-Line-Simulationsprogramme können in jeder allgemeinen, höheren Programmiersprache formuliert werden. Effektiver für die Programmerstellung sind reine Simulationssprachen bzw. Programmpakete wie z.B. GPSS-FORTRAN, das charakteristische Simulationssprach-Elemente als Fortran-Unterprogramme zur Verfügung stellt. Denkbar ist hier ein entsprechendes GPSS-PEARL, wobei es insbesondere darauf ankommt, das Task-Konzept von PEARL für die Simulation fertigungstechnischer Prozesse (die ja meistens parallel ablaufen) auszunutzen. PEARL als gemeinsame Sprachumgebung sowohl für die Planung als auch für die Steuerung fertigungstechnischer Abläufe könnte das Überführen von Off-Line-Modellen in On-Line-Programme wesentlich erleichtern.

Literaturverzeichnis

Fastenbauer, M: "GPSS-ähnliche Sprachen auf Mikrocomputern" in W. Brauer (Ed.): Simulationstechnik, Informatik-Fachbericht Nr. 85, Springer Verlag, 1984

Hardeck, W.: "Anwendung der Simulationstechnik zur Planung und Optimierung fertigungstechnischer Abläufe" in SIEMENS-Zeitschrift, voraussichtl. Heft 1/85

Hauser, G.: "Test von Steuerungssoftware mit Hilfe der Realzeitsimulation" in W. Brauer (Ed.): Simulationstechnik, Informatik-Fachbericht Nr. 85, Springer Verlag 1984

Schmidt, B: "GPSS-FORTRAN Version II" Informatik Fachbericht Nr. 6, Springer Verlag 1978

Anschrift: Joachim Schütz  
Siemens AG  
ZT ZFA AUT 31  
Postfach 3240  
8520 Erlangen

*[Faint, illegible text from the reverse side of the page, likely bleed-through from another document.]*

