

**“Modellierung und Steuerung der Produktion mittels
zeit- und fuzzybewerteter höherer Petri-Netze”**

Antragsteller:

Prof. Dr. Ing. habil. Wolfgang Fengler
Institut für Theoretische und Technische Informatik
Fakultät für Informatik und Automatisierung
Technische Universität Ilmenau

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	2
2	MODELLIERUNGSMETHODE	3
2.1	Abbildung der Fertigungsressourcen (Ressourcennetz).....	3
2.2	Darstellung der Arbeitspläne (Auftragsnetz).....	3
2.3	Steuerung (Steuernetz).....	3
3	DEFINITION DER PETRI-NETZ-KLASSE	4
3.1	Zeit- und Wahrscheinlichkeitsbewertungen.....	4
3.2	Hierarchien.....	4
3.3	Fuzzy-Bewertungen	4
4	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	5
5	LITERATURVERZEICHNIS	6

1 Einleitung

Das Ziel des Vorhabens war die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung grafischer Beschreibungsmittel für die Modellierung von Produktionsprozessen. Zugrunde gelegt werden sollten Petri-Netze, auf deren Eigenschaften bezüglich Analyse, Simulation und Implementierung aufgebaut werden konnte.

Die hauptsächlichen Weiterentwicklungen sollten sich auf die Bereiche

- Integration von strukturierten Datenobjekten in die Netzstrukturen,
- Ausbau des Hierarchiekonzeptes,
- Fuzzy-Bewertung der Transitionen

beziehen. Dadurch sollte einerseits die Darstellung der den technischen Prozessen innewohnenden Datenhaltung verbessert und andererseits die Modellierung statistischer und unscharfer Regeln ermöglicht werden.

Zentraler Punkt des Projektes sollte die Modellierung konkreter Produktionsprozesse zur Gewinnung quantitativer Kenngrößen sein. Diese sollten zur vergleichenden Bewertung von Entscheidungsvarianten und Realisierungswegen auch bei stark wechselnden, nicht vollständig determinierten Einflußfaktoren verwendet werden. Diese sind besonders in Produktionsprozessen der Klein- und Einzelserienfertigung zu finden.

2 Modellierungsmethode

Als Modellierungsmethode wurde basierend auf den Untersuchungen in /RvR96/ eine Aufteilung des Netzes in drei Topologien vorgenommen:

2.1 Abbildung der Fertigungsressourcen (Ressourcennetz)

Hier werden alle sich nicht kurzfristig verändernden Bestandteile des Produktionssystems abgebildet. Dazu gehören Maschinen, technologische Eigenschaften der einzelnen Maschinen und deren Zusammenfassung zu Maschinengruppen. Ferner werden die Arbeitsplätze mit der Anzahl von Bedienern, die Transporteinrichtungen und Lager sowie weitere Betriebsmittel berücksichtigt.

2.2 Darstellung der Arbeitspläne (Auftragsnetz)

Die einzelnen Arbeitsgänge, die aus den Arbeitsplänen resultieren, sind bestimmten Maschinengruppen zugeordnet. Die Arbeitspläne beinhalten Zeiten und spezifische Besonderheiten für die Bearbeitung sowie die technologische Reihenfolge für die einzelnen Bearbeitungsstationen.

2.3 Steuerung (Steuernetz)

Um eine bessere Transparenz bei der Modellierung der Reihenfolgeplanung zu erreichen, wird die Festlegung der Reihenfolge der einzelnen Arbeitsgänge vor einer Bearbeitungsstation in einem sogenannten Steuernetz definiert. Die angestrebte Reihenfolge basiert auf dem vorgegebenen Maschinenbelegungsplan. Unvorhergesehene Ereignisse und/oder operative Entscheidungen können hierauf Einfluß nehmen. Die Reihenfolge der Arbeitsgänge an den Maschinen beeinflusst in ihrem Zusammenwirken die Durchlaufzeit der einzelnen Teilaufträge und die Gesamtdurchlaufzeit aller Aufträge. Das Steuernetz ist sowohl mit dem Ressourcennetz als auch mit dem Auftragsnetz assoziiert.

3 Definition der Petri-Netz-Klasse

Nachdem zunächst die Eignung der Gefärbten Petri-Netze als Basis für das Vorhaben festgestellt worden ist, wurden folgende Erweiterungen konzipiert:

3.1 Zeit- und Wahrscheinlichkeitsbewertungen

Für die Modellierung diskreter Produktionsprozesse ist es unabdingbar, Zeitbewertungen einzuführen. Die Wahrscheinlichkeitsbewertungen sind für die schnelle Voraussimulation notwendig. Da bei der schnellen Voraussimulation keine konkreten Fertigungsaufträge vorliegen, die in die Fertigung eingeschleust werden könnten, müssen mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsbewertungen beispielhafte

3.2 Hierarchien

Für eine übersichtliche Modellierungsmethode sind hierarchische Strukturen zwingend notwendig. Beispielsweise besteht das Ressourcennetz nahezu ausschließlich aus Unternetzen. Aufbauend auf Platz-, Transitions- und Kantenunternetze wurde nach einer Methode zur besseren Referenzierbarkeit gesucht. Dies gelang durch Anlehnung an die Objekttechnologie.

3.3 Fuzzy-Bewertungen

Hierfür wurde eine Fuzzy-Bewertungsfunktion w_{ft} an Transitionen eingeführt, über welche eine Bewertung von Fuzzy-Regelmengen durch geeignete Inferenzmechanismen durchführbar wurde /Melb96/. Die Implementierung in einem experimentellen Tool erfolgte über einen assoziierten Tcl-Script.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Als maßgebliches Ergebnis des Projektes kann die durchgängige Konzeption der Modellierung eines Produktionsprozesses mittels erweiterter Petri-Netze angesehen werden. Die entstandene Netzklasse ist ausreichend mächtig, so daß damit insbesondere Prozesse aus der Einzel- und Kleinserienfertigung, bei welchen ja die größten Unsicherheiten und Unregelmäßigkeiten zu erwarten sind, modelliert werden können /Sch97/. Es konnten Konzeptionen zur Modellierung erarbeitet und getestet werden /Fen97/, die als praktikabel erachtet werden.

Das Modellierungsverfahren wurde bei der Beschreibung eines Integrierten Fertigungs- und Montagesystems erfolgreich getestet /Gro99/. Dabei konnte gezeigt werden, daß das entwickelte Verfahren die gestellten Anforderungen erfüllt und daß für die Optimierung des Produktionsprozesses nützliche Informationen abgeleitet werden können. Jedoch ist für die Erstellung und Untersuchung der Modelle ein erheblicher Einarbeitungsaufwand auf Anwenderseite erforderlich.

Während des Projektes wurde eine Kooperation mit der Firma UNICOR GmbH in Haßfurt und Suhl ins Leben gerufen sowie einige Kontakte zur DECKEL MAHO Seebach GmbH und zur Technische Glaswerke Ilmenau GmbH aufgebaut. Die Zusammenarbeit mit diesen Partnern war sehr erfolgreich und brachte für den Fortschritt des Projektes wesentliche Informationen bezüglich industrieller Entscheidungsprozesse bei der Fertigung.

5 Literaturverzeichnis

- /RvR96/ Röhner v. Rensen, U.: "Entwurfskriterien für Modelle und Entwicklungssysteme für High-Level-Netze zur Modellierung von Produktionsabläufen". Diplomarbeit, TU Ilmenau, 1996
- /Melb96/ Melber, A.: "Entwicklung von Fuzzy-Petri-Netzen zur Produktionsmodellierung". Diplomarbeit, TU Ilmenau, 1996
- /Sch97/ Schmidt, A.: "Einsatz von fuzzybewerteten Petri-Netzen bei der Modellierung realer Produktionsprozesse in der Einzel- und Kleinserienfertigung". Diplomarbeit, TU Ilmenau, 1997
- /Fen97/ Wolfgang Fengler, Angela Mölders, Andrea Melber, Bernd Däne: Modeling an Industrial Transportation Facility with Coloured Petri Nets. 18th International Conference on Application and Theorie of Petri Nets: Workshop for Manufacturing and Petri Nets, Toulouse June 23-27, 1997
- /Gro99/ Nicky Gromeleit, Michael Fiege: Petri-Netze und ihr Einsatz als Simulationsmittel in der Fertigungssteuerung. Forschungsbericht. TU Ilmenau 1999.