

## *Anforderungsgerechte Modellbildung zum projektbegleitenden Einsatz der dynamischen Materialfluß-Simulation*

Dipl.-Ing. Martin Haller, Dipl.-Ing. (FH) Michael Nemmer

Tagungsbeitrag bei ASIM-Symposium 1997, erschienen in:

Fortschritte in der Simulationstechnik, Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg, 1997

Eine Nutzung der dynamischen Materialflußsimulation, die alle Lebensphasen eines Produktionssystems begleitet, erschließt neue Möglichkeiten der Planung und Steuerung. Das Modell steht jederzeit zur Entscheidungsunterstützung bereit und dient als gemeinsamer Informationsträger von Planern und Betreibern. Der projektbegleitende Einsatz stellt allerdings anspruchsvolle Anforderungen an Modellbildung, Benutzerführung und Datenhaltung. Der Beitrag zeigt, wie dem Verlauf eines Projektes durch Modellbildung und Benutzerunterstützung gefolgt werden kann.

### 1 Anforderungen des projektbegleitenden Einsatzes

Die dynamische Materialflußsimulation hat sich in den vergangenen Jahren zu einem anerkannten Werkzeug zur Planungsunterstützung etabliert. Wesentlichen Beitrag hierzu hat die Entwicklung leistungsfähiger Rechner erbracht, aber auch die Möglichkeiten moderner Software-Entwicklung und Benutzerunterstützung.

Der Haupteinsatzzweck der Rechnerwerkzeuge und Simulations-Modelle liegt heute in der einmaligen Materialflußstudie. Die am häufigsten vorliegenden Ziele sind die Validierung der Ergebnisse einer abgeschlossenen Planung und die Analyse bestehender Systeme auf Rationalisierungs-Potentiale [1]. In der Regel wird für Simulations-Projekte ein externer Dienstleister hinzugezogen. Nach einer umfangreichen Informationssammlung erstellt dieser das Modell und führt die Simulationsexperimente entsprechend den vorgegebenen Zielsetzungen durch.

Die Integration der Simulation in die Projektgruppe bringt deren Nutzung zu einer neuen Qualität. Denn begleitet ein Modell den gesamten Lebenszyklus einer Anlage von der

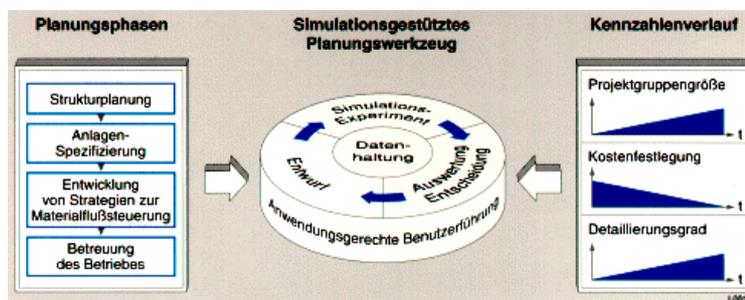


Abbildung 1 Projektbegleitender Einsatz der Materialfluß-Simulation

Idee bis zum Betrieb, steht es jederzeit der Entscheidungsunterstützung bereit. Der Zeitaufwand, Informationen zu sammeln und ein gültiges Modell aufzubauen, wird reduziert. Stattdessen kann dies als gemeinsamer Informationsträger der Projektorganisation dienen, denn gerade bei der Neuplanung ist eine intensive Zusammenarbeit von Entwicklern und späteren Betreibern der Anlage erforderlich. Der ständige Umgang mit dem Modell ermöglicht allen Beteiligten ein vertieftes Verständnis der Komplexität und der Dynamik des Produktionssystems.

Das Ziel des projektbegleitenden Einsatzes der Materialflußsimulation stellt allerdings neue Anforderungen an die Simulations-Software. Denn die Modellbildung muß einfach und komfortabel zu realisieren sein und dem Verlauf des Planungsprojekts folgen können. So ist folgenden Randbedingungen Rechnung zu tragen.

- Das zu planende System entsteht mit dem Projekt sukzessiv von der reinen Planungsvorgabe bis hin zum voll ausgestalteten Logistiksystem.
- Mit dem Projektfortschritt steigt die Anzahl der beteiligten Personen und die Zuordnung von Verantwortung wechselt, insbesondere von der Planung zum Betrieb.
- Die Schwerpunkte der Planungsarbeit wechseln von der Strukturplanung über die technische Auslegung, die Entwicklung von Steuerungsstrategien bis hin zur Begleitung des laufenden Betriebs.
- Die Qualität und Quantität der vorhandenen Grunddaten steigt mit der Nähe zur Realisierung des Systems.
- Einfluß auf das dynamische Verhalten des Systems haben insbesondere die Aufbaustruktur, die zum Einsatz kommenden Bearbeitungsmaschinen und Materialflußtechniken und die verwendeten Steuerungsstrategien.
- Entscheidungen über die Ausgestaltung technischer Zusammenhänge werden insbesondere auf der Grundlage von Vergleichen und Bewertungen durchgeführt.
- Für den dauernden Einsatz ist es wichtig, Planungsergebnisse auf neue Projekte zu übertragen und das System unterschiedlich detailliert zu betrachten.

## 2 Konzept eines simulationsgestützten Planungswerkzeugs

Zielsetzung des Projekts *LogiMont* ist es, ein Planungswerkzeug zu entwickeln, das einen projektbegleitenden Einsatz ermöglicht. Dabei werden die Erfahrungen der Anwendung bestehender Simulationswerkzeuge aufgenommen. Der sukzessive Modellaufbau wird durch flexible Simulationsobjekte ermöglicht (siehe 3), die durch ein Layer-Konzept von der Benutzeroberfläche und Projektverwaltung entkoppelt sind. Dadurch wird es möglich, sowohl einen laufzeitoptimierten Simulatorkern als auch eine komfortable Benutzeroberfläche zu gewährleisten.

Die Benutzeroberfläche nimmt die Anforderungen des projektbegleitenden Einsatzes auf. Die Darstellung der Modelle als Vektorgrafik ermöglicht ein hohes Maß an Wiedererkennung und zugleich die Berücksichtigung der Aufgaben der Aufstellungsplanung. Von besonderer Bedeutung für den ständigen Einsatz des Werkzeugs ist eine Datenhaltung, bei der Modelle, Dokumentationen, Szenarien, Experimente und Analysen entsprechend dem Planungsstand gemeinsam verwaltet werden. Den unterschiedlichen Nutzern werden die Daten über ein Netzwerk zur Verfügung gestellt. Bei der Datenhaltung wird automa-

tisch darauf geachtet, daß Konsistenz der Modelle und Auswertungen gegeben ist. Auch die Grunddaten der Modellelemente werden über die Datenbank verwaltet, wodurch die Übernahme von erfaßten Ist-Daten bereits realisierter Anlagen ermöglicht wird.

Um eine effiziente Anwendung der Simulation zu ermöglichen, wird der Nutzer bei der Definition und Durchführung der Experimente und Auswertungen methodisch unterstützt. Assistenten nehmen ihm Routineaufgaben ab und weisen auf mögliche Vorgehensweisen hin. Das Angebot der Experimente ist auf die wechselnden Anwendungen abgestimmt und kann vom Planer erweitert werden.

### 3 Strukturelemente des Objektmodells

Das Ziel des projektbegleitenden Einsatzes erfordert die Möglichkeit eines sukzessiven Aufbaus des Modells, der dem Detaillierungsgrad des Planungsfortschritts entspricht. Um eine realitätsnahe Abbildung des realen Systems zu ermöglichen, ist zudem Wert auf die Modellierung der Struktur der Auftragssteuerung zu legen. Beide Forderungen werden durch das Konzept des „JobManagers“ realisiert. JobManager stellen das wichtigste wiederkehrende Element der Modellstruktur dar und ermöglichen einen flexiblen und modularen Modellaufbau. Der JobManager kann sowohl einen Bereich repräsentieren als auch dessen Auftragsbearbeitung durch Steuerungsstrategien koordinieren. Dadurch können sowohl hierarchische als auch dezentrale Systeme sukzessive mit der Planung entstehen und gesteuert werden.

#### 3.1 Übersicht der wesentlichen Elemente des Modells

Die Modellelemente sind entsprechend dem Ansatz der Objektorientierung einander verwandt und durch Beziehungen miteinander verbunden (siehe Abbildung 2). Zu unterscheiden sind insbesondere vier Gruppen von Modellelementen.

**Verwalter:** Für die Maschinen, Materialien und Aufträge des Systems bestehen einmalig und ständig im Modell vorhandene Verwalter, die die Referenzen zu den Modellelementen halten und dadurch einen zentralen Datenzugriff vor, während und nach der Simulation ermöglichen.

**Materialflußelemente:** Alle Geräte, die am physischen Materialfluß beteiligt sind, werden aus einer gerätespezifischen Zusammensetzung der drei Grundobjekte Prozeß, Transporter und Puffer erstellt. Die Koordination der Subsysteme übernimmt eine Gerätesteuerung (siehe auch JobManager). Das Prozeßobjekt realisiert die Eigenschaftsänderung des Produkts und verrichtet Umladeprozesse. Es ermöglicht dadurch einen Materialfluß mit wechselnden Transportbehältergrößen.

**Bewegliche Elemente:** Durch das Modell fließen sowohl Materialien, also Produkte, Hilfsstoffe, Werkzeuge und Transportbehälter, als auch Aufträge. Der Informationsfluß wird getrennt vom Materialfluß abgebildet. Dadurch wird eine realitätsnahe Abbildung von Steuerungsstrategien möglich.

**JobManager:** Sie ermöglichen die Abbildung jedes Systems der Wirklichkeit, das zum einen Aufträge entgegennimmt und verarbeitet, zum anderen einen bestimmten Bereich

mit den dort zu bearbeitenden Aufträgen verwaltet. Diese Funktion entspricht sowohl Systemen wie einer Fertigungs- oder Zellensteuerung als auch einer Gerätesteuerung. Der „JobManager“ verwendet zur Verwaltung seines Bereichs Steuerungsstrategien, die durch Regeln definiert werden.

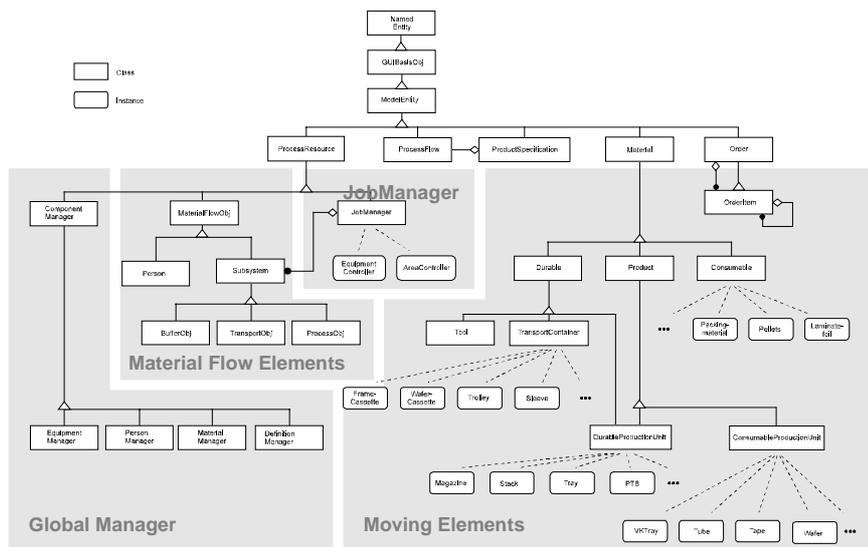


Abbildung 2 Strukturelemente des objektorientierten Modells

### 3.2 Das Konzept „JobManager“

Das durchgängige Konzept des JobManagers ermöglicht es dem Anwender, einen Bereich mit seiner Funktion zu definieren und erst später eine genaue Ausgestaltung vorzunehmen. Solange sein Bereich nicht detailliert ist, ist der JobManager selbst Träger eines charakteristischen Zeitverbrauchs. Der Anwender erhält somit die Möglichkeit, beliebige Aufbauorganisationen sukzessive mit einer frei wählbaren Anzahl von Ebenen aufzubauen. Der Wirklichkeit entsprechend wird der physische Materialfluß nur auf der untersten Ebene durchgeführt. Die koordinierende Funktion übergeordneter Ebenen ergibt sich aus der gegenseitigen Beauftragung und Rückmeldung anhand von Aufträgen. Diese werden zur Weitergabe detailliert und bei Fertigstellung zusammengefaßt. Der Materialfluß ergibt sich somit als Folge der Auftragssteuerung. Damit besteht der Rahmen für die Entwicklung von Strategien zur Steuerung, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind. Ferner bietet der hierarchische Ansatz eine sehr gute Grundlage zur Integration von Optimierungsmethoden, vgl. [3].

Die Eigenschaft des JobManagers, selbst Zeitverbrauch verursachen zu können, erlaubt auch ein nachträgliches Vergrößern des Modells. Besteht nämlich die Detaillierung des Bereichs eines JobManagers, so kann durch Simulationsexperimente das Verhalten des Bereichs in Kennwerten zusammengefaßt und dem JobManager als sein Zeitverhalten definiert werden. Anwendungen sind beispielsweise gegeben, wenn nur ein Modellteil

sehr detailliert betrachtet werden soll oder langfristige Zusammenhänge untersucht werden, auf die kleinräumige Ereignisse kaum Einfluß haben.

### 3.3 Entwicklersicht des Modells

Die Flexibilität und der Komfort der Modellierung, die dem Anwender geboten wird, erfordert ein komplexes Beziehungs- und Kommunikationsgeflecht der Modellelemente. Ein Großteil der Verwaltungsaufgaben wird automatisch durchgeführt, ohne daß Eingriffe durch den Anwender erforderlich sind. Ermöglicht wird dies durch die Nutzung der in den Objekten abgelegten Informationen, deren lokale oder globale Gültigkeit sich aus Zuständigkeitsbereich eines Objekts ergibt. Grundlage dazu ist die der objektorientierten Strukturierung immanente Eigenschaft der Kapselung.

Wenn beispielsweise eine neue Maschine in einen Bereich eingesetzt wird, werden beim Anmeldevorgang deren lokalen Daten ausgewertet. Soweit diese Informationen für einen Bereich oder für das Gesamtmodell wichtig sind und Neuigkeitswert besitzen werden sie in übergeordneten bzw. verwaltenden Objekten abgelegt. Für den Bereich bzw. das Modell bestimmte Informationen sind z. B. die Fähigkeit, bestimmte Prozesse auszuführen oder die Festlegung bestimmter Ein- und Ausgangs-Behältertypen. Informationen über den internen Aufbau (z. B. Aggregatstruktur, Struktur der Materialübergabeports, Prozeßketten zur Abbildung von Umladevorgängen), die interne Logik sowie die charakteristischen Kennwerte verbleiben weitgehend lokal in der Maschine. Diese sind der Modellumgebung nur über definierte Schnittstellen zugänglich und bleiben vom Anmeldevorgang weitgehend unberührt.

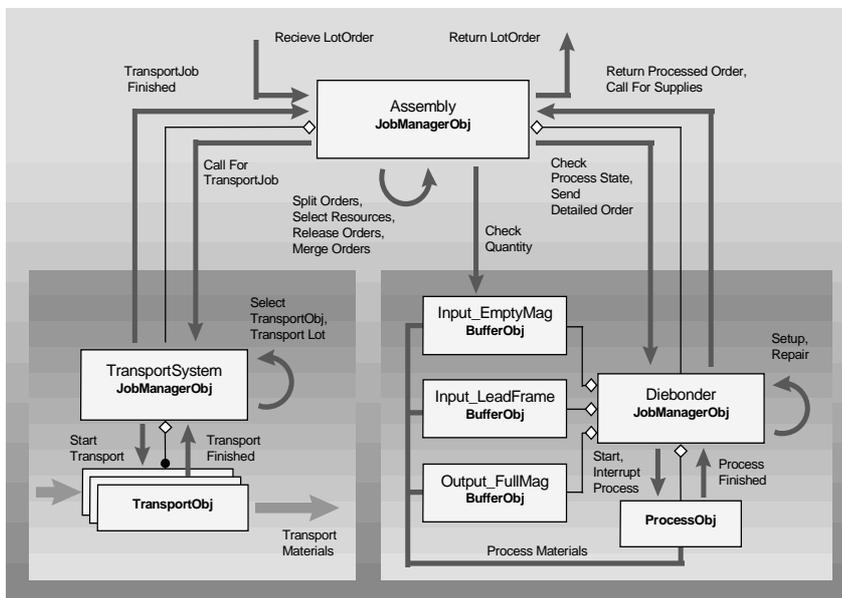


Abbildung 3 Verwaltungsfunktion des JobManagers

Abbildung 3 zeigt ein vereinfachtes Beispiel der bei der Auftragsbearbeitung notwendigen Kommunikation. Zur Durchführung der Bearbeitung muß die Verfügbarkeit der unterschiedlichen Restriktionen sichergestellt werden. Die Materialübergabe wird durch die Subsysteme, also Transport-, Puffer- und Prozeßobjekte realisiert. Während der Simulation reagiert der JobManager selbsttätig auf die dynamisch auftretenden Zustände des Systems.

Mit der komplexen Modellstruktur, die zu einer detailgenauen Simulation erforderlich ist, muß der Anwender nicht umgehen. Das Planungswerkzeug ermöglicht dem Anwender eine einfache und intuitive Vorgehensweise bei der Modellbildung. Durch die Möglichkeit, Modellelemente als Templates zu deklarieren und diese als Vorlagen in neuen Modellen einzusetzen, wird der Aufwand bei der Modellerstellung erheblich reduziert. Der Aufwand zur Parametrisierung konzentriert sich auf die Verknüpfung der Transportverbindungen und die Definition von neuen Produkten, Materialien und Transportbehältern. Die Steuerung des Materialflusses parametrisiert der Anwender anhand von Regeln und Entscheidungsknoten, die vom JobManager des Bereichs verwaltet werden.

#### **4 Fazit**

Die Integration der Materialfluß-Simulation in die Projektorganisation der Planung und des Betriebs eines Produktionssystems vergrößert die Leistungskraft dieses Werkzeugs. Um die bei industriellen Anwendern notwendige Akzeptanz zu erreichen, ist ein erheblicher Entwicklungsaufwand erforderlich. Die Elemente des Modells müssen dem Planer Verwaltungsfunktionen komfortabel abnehmen, zugleich muß der Anwender bei der Durchführung und Auswertung von Experimenten unterstützt werden. Eine sukzessive Steigerung des Detaillierungsgrades wird durch einen hierarchischen Modellaufbau ermöglicht. Dieser erlaubt auch eine realitätsnahe Abbildung von Strukturen und Strategien der Auftragssteuerung.

Der Erfolg der Bemühungen, eine weitergehende als die heute übliche Nutzung der Simulation zu erreichen, hängt davon ab, eine einfach und komfortabel nutzbare Software zu realisieren. Denn bei den Projektorganisationen muß Akzeptanz für das Werkzeug erreicht werden. Diese müssen aber auch lernen, mit den neuen Möglichkeiten einer objektiveren Betrachtung komplexer Systeme umzugehen.

#### **5 Literatur**

- [1] K. Harder: „Simulation: Pro und Contra“, *Fördern und Heben* 45 (1995), Nr. 3, Seiten 145-147.
- [2] W. A. Günthner, A. Kumpf, M. Haller: „Auswahl von Simulations-Software: Auf den Verwendungszweck kommt es an.“, *Fördern und Heben* 47 (1997), Nr. 3, Seiten 130-134.
- [3] G. Nadoli, J. Biegel: „Intelligent Manufacturing-Simulation Agents Tool (IMSAT)“, *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, Vol 3, No. 1, Januar 1993, Seiten 42-65.