

# Zur prozessorientierten Modellierung von Logistiknetzwerken

F. Bause, H. Beilner, P. Kemper  
email: {bause, beilner, kemper}@ls4.informatik.uni-dortmund.de  
Informatik IV, Universität Dortmund<sup>†</sup>

## Zusammenfassung

Die modellgestützte Gestaltung von Logistiknetzwerken steht im Zentrum der Arbeitsziele des SFB 559. Im Bereich der Erfassung dynamischer Abläufe fußen die Arbeiten auf dem sog. Prozessketten-Paradigma. Der vorliegende Beitrag stellt eine neu entwickelte Beschreibungsform für dynamische Modelle logistischer Systeme vor, welche einerseits die Vorstellungswelt des Prozessketten-Paradigmas weitestgehend beibehält, andererseits aber hinreichend präzise und vollständig ist, um eine automatische Übertragung zugehöriger Modelle in geeignete Simulationswerkzeuge zu erlauben. Der Beitrag beschreibt ferner die automatisierte Aufbereitung zugehöriger Modelle für effiziente nicht-simulative Analysetechniken aus den Bereichen der Warteschlangennetze und der stochastischen Petri-Netze. Die hochstrukturierte Natur des Beschreibungsformalismus ermöglicht darüber hinaus die Kombinationen unterschiedlicher Analysetechniken und den Einsatz effizienzsteigernder Dekompositions- und Aggregierungsverfahren. Eine diesbezügliche (in der ersten Bewilligungsphase des SFB entwickelte) Tool-Umgebung wird skizziert, derzeitige bearbeitete Erweiterungen benannt.

## 1. Einführung

Ein modellgestütztes Vorgehen ist bei der Gestaltung von Logistiknetzwerken unter verschiedenen Gesichtspunkten hilfreich: Eine problemadäquate, anschauliche („modellseitige“) Beschreibung der Netze erleichtert die deskriptive Erfassung auch alternativer Netz-Entwürfe und unterstützt hierdurch deren Diskussion und Kommunikation. Sofern die gewählte Modellbeschreibungsform eine präzise Semantik aufweist und hinreichend vollständige Modell-Beschreibungen erlaubt, lässt sich eine rechnergestützte Bewertung der Alternativen durchführen. Ziel der Bewertung ist hier die Ermittlung interessierender technischer und ökonomischer Kennzahlen.

Mit den Prozessketten nach Kuhn et al. [1,2] liegt eine problemadäquate deskriptive Beschreibungsform für logistische Prozesse vor, die sich in der Praxis bewährt hat, jedoch einer direkten rechnergestützten Bewertung nicht zugänglich ist. Modelle des Prozessketten-Paradigmas werden, zum Zwecke ihrer Analyse, traditionellerweise auf manuellem Wege in die Eingabesprache eines verfügbaren Simulationswerkzeugs übertragen.

Im Rahmen des SFB 559 wird unter anderem eine Präzisierung des Prozesskettenparadigmas erarbeitet, die als Basis automatisierter, sowohl simulativer als auch nicht-simulativer Analysen dient.

---

<sup>†</sup> Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 559 "Modellierung großer Netze in der Logistik" unterstützt.

## 2. Prozesskettenbasierte Beschreibung von Logistiknetzwerken

Prozessketten erlauben eine dienstleistungsorientierte Sichtweise, in welcher Dienstnehmer ihre Aktivitäten durch Inanspruchnahme von Diensten eines Dienstbringers durchführen. Bild 1 zeigt ein Beispiel einer Prozesskette, welche jedem zugehörigen Prozess die Ausführung von 5 Aktivitäten vorschreibt, davon zwei potentiell nebenläufig. Diese Aktivitäten werden zur Durchführung an sogenannte (interne und externe) Funktionseinheiten verwiesen, welche entsprechende Dienste anbieten. Die Ausführung von Diensten innerhalb von Funktionseinheiten wiederum (so bzgl. Bild 1 etwa für die Funktionseinheit "Interne Abteilung" erforderlich, aber hier nicht dargestellt) wird in selbstähnlicher Weise beschrieben: Zum einen durch eine Verhaltensbeschreibung in Form einer Prozesskette, zum anderen durch niedrigere Funktionseinheiten, deren Dienstangebote zur Durchführung der Aktivitäten dieser Prozesskette genutzt werden. Die gewählte Beschreibungsform resultiert in einer hierarchischen Modellstruktur, die an vordefinierten Funktionseinheiten endet. Beispiele für solche vordefinierten Funktionseinheiten sind *Lager* u. *Bediener* in Bild 1, welche grundlegende Raum- und Zeitverwaltungen erfassen.

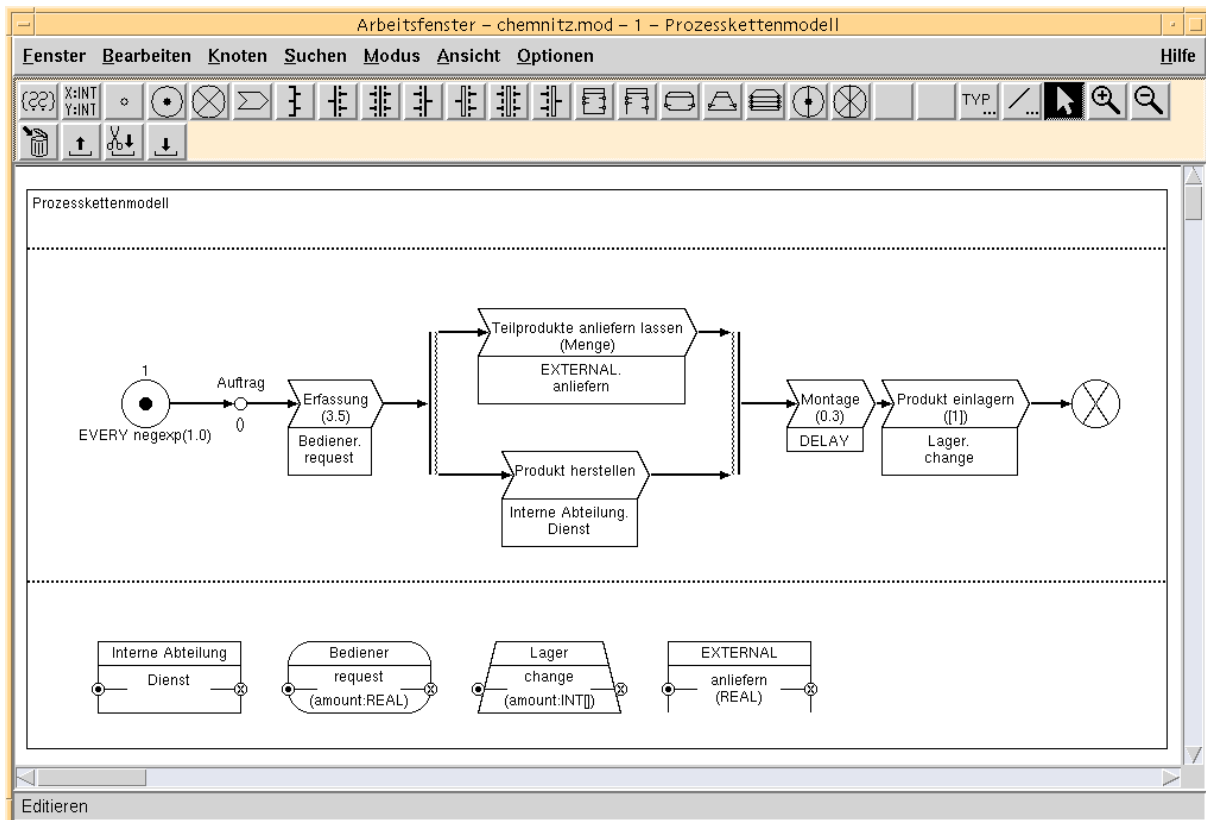


Bild 1: Beispiel eines Prozesskettenmodells

Die beschriebene Sichtweise entspricht zum einen der realen, wirtschaftlichen Situation, in der Firmen dadurch Aufträge erfüllen, dass sie diese in Sub-Aktivitäten aufteilen, welche als Teilauftrag wahlweise selbst erfüllt oder fremd vergeben werden, und die Teilaufträge zur Erfüllung des Gesamtauftrages koordinieren. Hierzu bedienen sich Firmen ihrer eigenen oder fremder Ressourcen in Form von Arbeitskräften, Maschinen, Kapital etc. Zum anderen ist diese Sichtweise in der Welt der Rechen- und Kommunikations-

systeme wohlbekannt: Aufträge sind in diesem Kontext typischerweise Prozesse, welche Teilresultate im Rahmen der Abarbeitung übergeordneter Prozesse erbringen. In beiden Bereichen ist es möglich und üblich, dass Ressourcen von mehreren Prozessen (und ihren Aktivitäten) gemeinsam genutzt werden. Hierdurch entstehen Wartezeiten, Verzögerungen der Prozessabläufe. Stark belastete Ressourcen können zum Engpass für gegebene Systeme und Lastsituationen werden.

### **3. Bewertung von Prozesskettenmodellen**

Die rechnergestützte Analyse von Prozesskettenmodellen strebt deren Bewertung hinsichtlich ausgewählter technischer und ökonomischer Größen an; so von Beständen, Durchlaufzeiten und Termintreue sowie von relevanten Kosten im Rahmen konkreter Kostenrechnungs-Schemata (etwa der Prozesskostenrechnung). Insgesamt lassen sich Engpässe im System ebenso erkennen wie unzureichend genutzte Ressourcen, Ursachen für hohe Durchlaufzeiten und Kostentreiber. Eine derartige Analyse verbessert die Entscheidungsgrundlagen für das Management maßgeblich.

Zur Bestimmung technischer Größen bietet sich die ereignisorientierte Simulation als leistungsfähige und in der Praxis breit angewendete Analysetechnik an. In dieser Hinsicht eröffnet die eingeführte präzise Beschreibung von Prozessketten die Möglichkeit, die bisher üblicherweise erforderliche manuelle Transformation auf gängige Simulationstools (samt nötiger Detailanreicherung) durch eine automatische Transformation zu ersetzen. Im SFB 559 wurde eine Toolumgebung realisiert [8], die unter Integration des Werkzeuges HIT [3,4] derartige Prozesskettenpläne vollständig automatisiert simuliert. Dem Logistiker eröffnet sich hierdurch die Möglichkeit, Logistiknetzwerke mit geringem Aufwand konkret bewerten zu können.

Die Simulation als Analysetechnik besitzt bekanntermaßen eine Reihe von Schwachpunkten insbesondere bei der Analyse großer Modelle: Bedingt durch lange transiente Phasen ist der CPU-Zeitbedarf simulativer Verfahren oft sehr hoch. Ferner besteht die Gefahr, wesentliche Systemcharakteristika (wie beispielsweise Nicht-Stationarität oder Existenz von Deadlocks) nicht zu erkennen (vgl. [5]). Solche „unerwünschten“ Eigenschaften sind gerade für Logistiknetzwerke typisch, da diese durch Umschlagsprozesse gekennzeichnet sind.

Alternativ zur klassischen Simulation bieten sich nicht-simulative Analysetechniken für ereignisorientierte Modelle an. Klassische nicht-simulative Techniken sind aufgrund ihrer formalen Restriktionen nicht für alle Modelle einsetzbar; falls einsetzbar, bieten sie allerdings deutliche Vorteile hinsichtlich Berechnungseffizienz und Resultatpräzision. Die Vorteile resultieren daraus, dass anstelle einzelner bzw. einiger weniger Trajektorie(n) des Modellverhaltens (wie bei zeitreihenorientierten bzw. ensembleorientierten Simulationsexperimenten vorliegend) alle theoretisch möglichen Trajektorien in die Analyse einfließen. Die im SFB 559 realisierte Toolumgebung [8] erlaubt für eingeschränkte Prozesskettenmodelle eine automatisierte Analyse mittels hocheffizienter Algorithmen für Warteschlangen-Netze und mittels numerischer Verfahren für strukturierte stochastische Petri-Netze. Hierzu wurden existierende Softwarewerkzeuge in die Toolumgebung integriert [3,9].

Derzeitige Forschungstätigkeiten zielen auf die Integration nicht-simulativer Verfahren mit der Simulation, um die Analyseeffizienz zusätzlich zu verbessern. Grundlegende Idee

hierbei ist, ausgewählte Teilmodelle eines Gesamtmodells zunächst nicht-simulativ (effizient) zu analysieren und die errechneten Ergebnisse zur Parametrierung vereinfachter Ersatzmodelle (Aggregate) zu verwenden; berechnete Aggregate werden anschließend in das ursprüngliche Gesamtmodell eingefügt, wo sie die zugehörigen komplexeren Teilmodelle ersetzen. Eine abschließende Simulation des (veränderten) Gesamtmodells kann mit oft wesentlich geringerem Aufwand durchgeführt werden. Die Auswahl zu aggregierender Submodelle kann sich an der Modellstruktur orientieren. Im Rahmen des Prozessketten-Paradigmas bieten die beschriebenen Funktionseinheiten (s. Bild 1) eine geeignete Basis.

Neben der Berechnung technischer Größen konnte ein Rahmen für die automatisierte Ermittlung kostenrelevanter Informationen konzipiert werden. Ihre Berechnung erfolgt dabei ex-post auf Basis ermittelter technischer Resultate. Letztere müssen hierfür in einem Detaillierungsgrad vorliegen, der eine Zurechnung von Durchsätzen, Auslastungen und Beständen zu verursachenden Prozessen erlaubt. Auf dieser Grundlage kann insgesamt eine Zuordnung kostenrelevanter Daten zu Auftraggebern erfolgen. Zugehörige Implementierungen befinden sich in einem fortgeschrittenen Stadium und sind kurz vor ihrem Abschluss (s. [10]).

## Literatur

- [1] Kuhn, A. (Hrsg.): *Prozessketten in der Logistik: Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien*, Dortmund 1995.
- [2] Kuhn, A. (Hrsg.): *Prozesskettenmanagement: Erfolgsbeispiele aus der Praxis*, Dortmund 1999.
- [3] Beilner, H., Mäter, J, Weißenberg, N.: Towards a performance modelling environment: news on HIT, in Puigjaner, R. (ed.) *Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation*, pp 69-88, Plenum Publishers 1988.
- [4] H. Beilner, J. Mäter, C. Wysocki: The Hierarchical Evaluation Tool HIT, *Short Papers and Tool Descriptions of the 7<sup>th</sup> International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation*, Vienna (Austria), 1994.
- [5] Bause, F.; Beilner, H.: Intrinsic Problems in Simulation of Logistic Networks, *11th European Simulation Symposium and Exhibition (ESS99)*, Simulation in Industry, Erlangen (Germany), October 26-28, 1999.
- [6] Arns, M.; Bause, F.; Kemper, P.; Schmitz, M.; Schweier, H.; Stüllenber, F.; Völker, M.: Gestaltung von Beschaffungsnetzwerken auf Basis einer prozesskettenorientierten Modellierung, *Industrie Management* (3), S. 33-36, Juni 2000.
- [7] Bause, F.; Beilner, H.; Kemper, P.: Modellierung und Analyse von Logistiknetzwerken mit Prozessketten, *Simulationstechnik, ASIM-Symposium in Hamburg*, S. 63-67, September 2000.
- [8] Bause, F.; Beilner, H.; Völker, M.: A framework for the modelling and simulation of logistic networks, *4th International EUROSIM Congress*, June 26 - 29, 2001, Delft, The Netherlands.
- [9] Bause, F.; Buchholz, P.; Kemper, P.: A toolbox for functional and quantitative analysis of DEDES, *Quantitative Evaluation of Computing and Communication Systems*, LNCS 1469, Springer 1998.

- [10] Köpp, T.: Visualization of Performance and Cost Measures for Logistics Systems derived from Process Chain Paradigms, Diplomarbeit, LS Informatik IV, Universität Dortmund, 2001.