

**Kurzpräsentation des DFG-Projekts PEMVEK¹⁾:
"Petrinetzbasierte Modellierung und verteilte Koordinierung
komplexer Produktionssysteme"**

innerhalb des DFG-Schwerpunktprogramms:
"Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft"

Univ.-Prof. Dr. St. Zelewski
Institut für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft
Universität Leipzig

1 Übersicht über den Projektrahmen

1.1 Der zeitliche Rahmen

Das Projekt "Petrinetzbasierte Modellierung und verteilte Koordinierung komplexer Produktionssysteme" (PEMVEK) wird seitens der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) seit dem 01.01.1995 unter dem Aktenzeichen Ze 239/3-1 gefördert. Die Unterstützung des Projekts durch die DFG war ursprünglich auf 2 Jahre, also bis zum 31.12.1996, angelegt. Allerdings stellten sich während der Projektbearbeitung "ost-spezifische" Friktionen bei der Beschäftigung eines wissenschaftlichen Mitarbeiters ein (Vorwurf der StaSi-nahen Tätigkeit des Mitarbeiters in früheren Jahren und infolgedessen nachträgliche Entfernung aus einem Arbeitsverhältnis an der Universität). Wegen der daraus herrührenden Turbulenzen, die aufgrund der tatkräftigen Hilfe des Koordinators des Schwerpunktprogramms und seitens der DFG in wenigen Monaten überwunden werden konnten, wurde die Förderungsdauer des Projekts bis zum 20.05.1997 verlängert. Daher dokumentiert die nachfolgende Projektübersicht nur den derzeitigen, vorläufigen Projektstatus. Sie ist in einem Abschlußbericht, der Ende Mai 1997 fällig wird, entsprechend zu ergänzen.

1.2 Beziehungen zu anderen Projekten (des Projektleiters)

Das Projekt PEMVEK konnte an kein unmittelbar vorangehendes Projekt anknüpfen. Insbesondere bestand kein Vorgängerprojekt im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", weil der Projektleiter nach ersten Konsolidierungsarbeiten an seinem neu gegründeten Leipziger Institut für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft erstmalig im zweiten Halbjahr 1994 die Gelegenheit hatte, sich in den Kreis der Antragsteller für das DFG-Schwerpunktprogramm einzureihen. Insofern wurde mit dem Projekt PEMVEK für das Institut des Projektleiters Neuland betreten. Dies trifft insbesondere auf seine Mitarbeiter zu, die sich im Projektverlauf völlig neu in die Forschungsthematik einarbeiten mußten.

1) Vgl. hinsichtlich einer knappen Projektvorstellung auch die Präsentationsseite im World-Wide-Web / Internet unter der Adresse: <http://www.uni-leipzig.de/~ifpw/pemvek.htm>.

Allerdings hatte sich der Projektleiter in seiner früheren Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und DFG-Stipendiat am Kölner Seminar für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Produktionswirtschaft und Industriebetriebslehre ("Industrieseminar") bereits ausführlicher mit einem Forschungsvorhaben befaßt, in dem das produktionswirtschaftliche Einsatzpotential von Petrinetzen analysiert werden sollte. Auf die konzeptionellen Erkenntnisse, die damals gesammelt worden waren, konnte während des Projekts PEMVEK zurückgegriffen werden. Außerdem gelang es während der Laufzeit des Projekts PEMVEK, die Arbeitsergebnisse der Kölner Vorstudien schriftlich aufzuarbeiten und in mehreren Arbeitsberichten zu dokumentieren²⁾.

1.3 Generelle Projektziele

Die Hauptziele des Projekts PEMVEK bestanden darin, ein neuartiges Konzept zur Modellierung komplexer Produktionssysteme zu entwickeln und anhand einer "virtuellen Fabrik" prototypisch anzuwenden. Darüber hinaus sollten anhand dieses Fabrikmodells Techniken zur Koordinierung von Produktionsprozessen untersucht werden.

Das Modellierungskonzept basiert auf der Anwendung von Petrinetzen. Sie werden in einer speziellen Variante eingesetzt, die auf der Klasse der Prädikate/Transitionen-Netze aufbaut. Ein besonderer Akzent liegt auf der Verwendung von Ausdrucksmitteln, die aus dem Bereich algebraischer und prädikatenlogischer Systembeschreibungen entnommen wurden. Sie dienen vor allem dem Zweck, die unmittelbare Ausdrucksmächtigkeit von Prädikate/Transitionen-Netzen so zu erweitern, daß sich mit ihrer Hilfe reale produktionswirtschaftliche Probleme sowohl realitätsnah als auch benutzerfreundlich modellieren lassen.

Die Leistungsfähigkeit des Modellierungskonzepts wird aus betriebswirtschaftlicher Sicht untersucht. Zu diesem Zweck wird die virtuelle Fabrik als ein Flexibles Fertigungssystem ausgelegt, in dem es gilt, Produktionsaufträge zu koordinieren, die um knappe Maschinenkapazitäten konkurrieren.

An die Koordinierung der Auftragsausführungen wird die Anforderung gestellt, daß sie es gestattet, die inhärente Flexibilität solcher Fertigungssysteme auszuschöpfen. Zugleich soll die Komplexität der Koordinierungsaufgabe dadurch reduziert werden, daß sie auf mehrere zusammenwirkende Aufgabenträger verteilt wird. Um beide Anforderungen zu erfüllen, wird eine opportunistische und verteilte Prozeßkoordinierung entwickelt. Sie beruht auf einem Multi-Agenten-System, in dem Auftrags- und Maschinenagenten versuchen, ihre aktuellen Aktionspotentiale jeweils bestmöglich zu realisieren.

1.4 Projektaufbau (Projektphasen)

Die Durchführung des Projekts PEMVEK erfolgte - und erfolgt derzeit noch - in 7 Phasen (Arbeitspakete). Die erste Phase dient dazu, das Softwarepaket INCOME/STAR, das im Rahmen der Forschungsprojekts für die Gestaltung von Petrinetzen eingesetzt wird, auf die speziellen Anforderungen abzustimmen, die von Prädikate/Transitionen-Netzen für die Modellierung komplexer Produktionssysteme erfüllt werden sollen. Diese Anforderungen wurden im Rahmen des Vorläuferprojekts PEMOPS anhand einer speziellen Klasse Höherer Petrinetze, der Synthetischen Netze, entwickelt und spezifiziert.

2) Die Arbeitsberichte lagen der DFG bereits im Jahr 1995 vor.

Die drei anschließenden Phasen konzentrieren sich auf die Modellierung der produktionswirtschaftlichen Problemstellung. Dabei zeigte sich, daß wegen der wechselseitigen Abhängigkeiten während der Modellierung die zwei ersten von diesen drei Phasen nicht linear nacheinander durchlaufen werden konnten, sondern vielfach miteinander verzahnt werden mußten. Daher werden die Phasen weiter unten nicht mehr voneinander getrennt. In zwei weiteren Phasen stehen die ausgewählten Techniken zur Prozeßkoordinierung im Vordergrund. Die letzte Phase erstreckt sich auf eine problembezogene Auswertung der Modellierungs- und Koordinierungsergebnisse.

1. Phase: Abstimmung der Implementierungssoftware
2. Phase: Modellierung eines Flexiblen Fertigungssystems
3. Phase: Modellierung von Produktionsaufträgen
4. Phase: Modellierung der Prozeßkoordinierung
5. Phase: Simulations- und Animationskomponente
6. Phase: Komponente für Erreichbarkeitsanalysen
7. Phase: Evaluierung

1.5 Verhältnis zwischen beantragten und bewilligten Mitteln

Beantragt wurden 1 wissenschaftlicher Mitarbeiter, Vergütungsgruppe BAT IIa, für 24 Monate und 1 studentische Hilfskraft, à 10h/Woche, für ebenso 24 Monate. Bewilligt wurden 1 wissenschaftlicher Mitarbeiter, Vergütungsgruppe BAT-O IIa, für 2 Jahre, jedoch im Falle fehlender Promotion zu reduzieren auf lediglich eine halbe Mitarbeiterstelle, sowie 1 studentische Hilfskraft, à 40h/Monat, für ebenso 2 Jahre.

Hinsichtlich der studentischen Hilfskraft wurde somit dem Antrag praktisch entsprochen (die marginale Differenz zwischen 10h/Woche und 40h/Monat ist unerheblich). Im Hinblick auf den wissenschaftlichen Mitarbeiter traten jedoch erhebliche Besetzungsprobleme auf: Es war nicht möglich, einen sachlich geeigneten promovierten Bewerber für die Projektstelle auf der Basis der Vergütungsgruppe BAT-O IIa zu gewinnen. Daher konnte nur ein nicht-promovierter wissenschaftlicher Mitarbeiter auf einer *halben* Stelle in die Projektarbeit eingebunden werden.

Da die konzeptionelle Projektarbeit naturgemäß auf den Schultern der wissenschaftlichen Mitarbeiter lastet (weil die studentischen Mitarbeiter vornehmlich nur zu Editier- und Implementierungsarbeiten herangezogen werden können), bedeutete dies eine **Halbierung der personellen Kapazität**, die zur Erarbeitung von Problemanalysen und Lösungsideen zur Verfügung stand. Daher konnte *nicht* damit gerechnet werden, das Arbeitsprogramm aus dem ursprünglichen Projektantrag auch nur annähernd zu verwirklichen.

Nur dem außergewöhnlichen Einsatz aller Projektmitarbeiter, insbesondere auch der zuletzt beschäftigten studentischen Hilfskraft (Herr Rößler), sowie den vielfältigen Beiträgen von Frau Schimmel (Mitarbeiterin am Institut des Projektleiters ohne DFG-Finanzierung) ist es zu verdanken,

daß trotz der Halbierung der personellen Kapazität im Bereich wissenschaftlicher Mitarbeiter doch noch die meisten Vorhaben in Angriff genommen und zu einem Ergebnis geführt werden konnten³⁾.

2 Übersicht über die Projektergebnisse

2.1 Generelle Resultate

2.1.1 Theoretisch-konzeptionelle Resultate

Den inhaltlichen Schwerpunkt des Projekts bildete die Entwicklung einer Komponente zur dezentralen Koordinierung von Produktionsprozessen in komplexen Produktionssystemen. Als Fundament wurde auf das Konzept der Multi-Agenten-Systeme zurückgegriffen.

Solche Multi-Agenten-Systeme werden in der einschlägigen Literatur - insbesondere auch bei produktionswirtschaftlichen Anwendungen - vornehmlich in der sogenannten Manager/Kontraktor-Variante diskutiert, die sich durch ein hierarchisches Abhängigkeitsverhältnis zwischen auftragserteilendem Manager und ausführenden Agenten auszeichnet. Als wesentliches theoretisches Ergebnis des Projekts wurde eine alternative "Koordinator-Architektur" entwickelt und mit Hilfe eines Petri-netz-Modells auch implementiert, in der sowohl Auftrags- als auch Ressourcen-Agenten in gleichberechtigter (nicht-hierarchischer) Weise miteinander agieren.

Die Bearbeitungsnachfragen und -angebote von Auftrags- bzw. Ressourcen-Agenten werden auf einem Elektronischen Markt durch marktwirtschaftliche Mechanismen aufeinander abgestimmt, die in der Gestalt von verschiedenartigen Auktionsverfahren konkretisiert wurden. Die Vickrey-Auktion erwies sich aufgrund ihrer Anreizkompatibilität und Pareto-Optimalität als theoretisch am leistungsfähigsten.

Derzeit wird überprüft, ob sich dieses theoretische Urteil auch dann noch aufrechterhalten läßt, wenn Agenten mit strategischem Verhalten auf einem realen Elektronischen Markt miteinander konkurrieren. Darüber hinaus wird in einem Dissertationsprojekt versucht, für die verschiedenen analysierten Auktionsformen eine allgemeine, axiomatische Basis mit Hilfe der Spieltheorie zu formulieren. Das Thema dieser Dissertation wurde jedoch erst vor wenigen Monaten vereinbart, so daß ihre Resultate nicht mehr innerhalb des Förderzeitraums der DFG vorliegen werden.

Weitere Ergebnisse - jedoch von geringerer Bedeutung - wurden im Hinblick auf die Theorie der Petri-netze gewonnen. Für die realitätsnahe Modellierung von Koordinierungsproblemen im Produktionsbereich reichen "gewöhnliche" Prädikate/Transitionen-Petri-netze nicht aus. Zu diesem Zweck wurde - zum Teil auch schon in Vorarbeiten zum Projekt - eine Klasse erweiterter Prädikate/Transitionen-Netze entwickelt, die z.B. auch Komponenten zur systematischen Modularisierung und Hierarchisierung von Netzmodellen mittels Subnetztechnik, zur Zeitmodellierung und zur Priorisierung von Aktivitäten umfaßt.

Im Verlauf der Implementierung der Netzmodelle wurden Einsichten gewonnen, die zu einer Verbesserung der Netzklassendefinition führten. Dies betrifft z.B. eine jetzt durchgängige Erfassung

3) Lediglich die 6. Phase, in der eine Komponente für Erreichbarkeitsanalysen entwickelt werden sollte, litt unter der personellen Kapazitätshalbung empfindlich. Diesbezüglich ließen sich nur konzeptionelle Vorüberlegungen anstellen, die dokumentiert sind in: a) SCHIMMEL, KATRIN: Komponente für Erreichbarkeitsanalysen - Bericht zu Phase 6 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 36 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997. b) ZELEWSKI, STEPHAN: Eignung von Petri-netzen für ökonomische Optimierungsprobleme - eine prozeßorientierte Übersicht. *Erscheint in:* Schnieder, E. (Hrsg.): Entwurf komplexer Automatisierungssysteme - EKA 97, Methoden, Anwendungen und Tools auf der Basis von Petri-netzen und anderer formaler Beschreibungsmittel, 5. Fachtagung, 22.-23.05.1997 in Braunschweig.

aller drei modallogischen Qualitäten (Erlaubnis, Verbot und Notwendigkeit von Schaltakten) im Schaltverhalten von Transitionen. Von diesen Qualitäten wird in "gewöhnlichen" Petrinetzen im allgemeinen nur die Schalterlaubnis, in seltenen Ausnahmen auch noch das Schaltverbot berücksichtigt; die Schaltnotwendigkeit für einzelne Transitionen⁴⁾ ist dagegen weitgehend unbekannt.

2.1.2 Methodisch-instrumentelle Resultate

In methodisch-instrumenteller Hinsicht stand eine "Entwicklungspartnerschaft" mit einer Arbeitsgruppe um Herrn Univ.-Prof. Dr. Wolffried Stucky (Universität Karlsruhe) und Herrn Univ.-Prof. Dr. Andreas Oberweis (Universität Frankfurt am Main) im Vordergrund der Projektarbeit. Von der Karlsruher und Frankfurter Arbeitsgruppe wurde eine Sammlung von Softwarewerkzeugen für die Editierung und Analyse Höherer Petrinetze (INCOME/STAR und PASIPP) zur Verfügung gestellt. Aufgabe der Leipziger Projektpartner war es, die Eignung dieser Software für die realitätsnahe Modellierung komplexer produktionswirtschaftlicher Probleme zu prüfen und gegebenenfalls Vorschläge zur Fortentwicklung der Software zu unterbreiten.

Es wurden mannigfaltige Diskrepanzen zwischen der Softwarefunktionalität einerseits und den produktionswirtschaftlichen Modellierungsanforderungen andererseits aufgedeckt. Seitens der Karlsruher und Frankfurter Arbeitsgruppe wurden mit großem personellen und zeitlichen Einsatz mehrere neuartige Releases von INCOME/STAR erstellt. Die zusätzlichen Funktionalitäten der petrinetzgestützten Modellierungssoftware, die von den Leipziger Projektpartnern angeregt und konzeptionell ausgearbeitet wurden, umfassen u.a. Inhibitoranten, Informationsanten, Absorber- und Distributoranten, faktische und obligatorische Transitionen, Multimengen sowie eine Hierarchisierung von Markenattributen.

Hinzu kommt eine Schnittstelle zur PROLOG-basierten Software PASIPP, die es ermöglicht, Erreichbarkeitsanalysen auch auf Netzmodelle anzuwenden, die mit INCOME/STAR editiert wurden. Zusätzlich wurde in Leipzig eine Schnittstelle (XPNC) zu PASIPP entwickelt und implementiert⁵⁾. Sie dient zum Zweck der Simulationssteuerung als ein Auswahltool für Transitionen, die unter derselben Netzmarkierung - konfliktionär oder nebenläufig - aktiviert sind.

Unbefriedigende Ergebnisse wurden hingegen auf methodisch-instrumentellem Gebiet bislang in zweifacher Hinsicht erzielt:

Erstens stellte sich heraus, daß die Editiermöglichkeiten von INCOME/STAR für Petrinetze, die ein produktionswirtschaftliches Realproblem in realistischer Größenordnung modellieren, grundsätzlich

4) Davon zu unterscheiden ist das Schalten *aller* konfliktfrei aktivierten Transitionen in einem gemeinsamen Schaltschritt im Falle einer "maximalen" Schaltregel.

5) Vgl. RÖBLER, HENRIK: XPNC - Auswahltool für parallele Schaltentscheidungen bei der Simulation von Petrinetzen, Arbeitsbericht Nr. 31 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997.

nicht ausreichen⁶⁾. Weder können die dafür erforderlichen Rechenkapazitäten auf Rechnerplattformen der Pentium-Klasse erschlossen werden (dadurch kommt es zu inakzeptabel hohen Lade- und Verarbeitungszeiten), noch ist eine übersichtliche Visualisierung der Netzmodelle möglich.

Abhilfe könnte nur eine Subnetztechnik mit hierarchischer Anordnung kompakter Netzmodule liefern, die in theoretisch-konzeptioneller Hinsicht bereits erarbeitet wurde. Sie ließ sich jedoch seitens der Karlsruher und Frankfurter Arbeitsgruppe im Rahmen der personellen und zeitlichen Ressourcen der Entwicklungspartnerschaft für INCOME/STAR grundsätzlich nicht mehr realisieren.

Zweitens konnte die Absicht, mit der Hilfe von Erreichbarkeitsanalysen u.a. Optimierungsrechnungen für Netzmodelle auszuführen, nicht praktisch umgesetzt werden. Denn die verfügbare Hard- und Software (Pentium-Rechner bzw. die Softwarepakete INCOME/STAR und PASIPP) erwies sich bei weitem außerstande, die voluminösen Erreichbarkeitsgraphen für Netzmodelle der o.a. realistischen Größenordnung zu handhaben. Zwar erfolgten theoretische Vorüberlegungen zur Optimierung von Netzmodellen auf Basis von Erreichbarkeitsanalysen⁷⁾. Sie konnten aber - wegen der bereits oben erwähnten Halbierung der personellen Kapazität hinsichtlich wissenschaftlicher Mitarbeiter - nicht so weit konkretisiert werden, daß sie sich in greifbaren methodisch-instrumentellen Resultaten niedergeschlagen hätten.

2.2 Phasen-spezifische Resultate

Auf eine Darlegung der spezifischen Resultate, die bei der Bearbeitung der o.e. Phasen (Arbeitspakete) erzielt wurden, kann hier im Interesse einer *Kurzpräsentation* verzichtet werden. Statt dessen wird auf die ausführlichen Erläuterungen verwiesen, die in den Arbeitsberichten zu den einzelnen Phasen erfolgten (sofern die Projektphasen schon abgeschlossen wurden; vgl. dazu die obenstehenden Anmerkungen zum zeitlichen Projektrahmen).

a) 1. Phase "Abstimmung der Implementierungssoftware":

☞ SCHIMMEL, KATRIN: Abstimmung der Implementierungssoftware INCOME/STAR - Bericht zu Phase 1 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 24 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.

-
- 6) In dieser Hinsicht erlaubt sich der Verfasser, auf eine frühere Kritik der DFG-Gutachter zu verweisen. Sie monierten, daß im ursprünglichen Projektantrag aus dem Jahr 1994 "nur" eine virtuelle Fabrik als Studienobjekt angesprochen wurde, nicht aber eine reale Produktionsstätte. Der jetzige Projektleiter gab damals zu bedenken, daß bisherige Erfahrungen mit Petrinetzen immer wieder gezeigt hätten, daß sie bei der Anwendung auf Realprobleme - wenn nicht von allzu vielen Einflußgrößen abstrahiert werde - schnell zu "explodieren" drohten. Aufgrund dieser bislang noch nicht bewältigten Größenproblematik ziehe er es vor, zunächst anhand einer überschaubaren, aber immer noch hinreichend komplexen virtuellen Fabrik die grundsätzliche Eignung von Petrinetzen für Modellierungszwecke zu erforschen, um - im Falle positiver Resultate - erst in einem späteren Schritt über die instrumentelle Unterstützung nachzudenken, die für eine "großtechnische" Anwendung auf reale Produktionssysteme erforderlich wäre. Die oben knapp zusammengefaßten Schwierigkeiten, mit denen sich der Einsatz von INCOME/STAR bereits für die virtuelle Fabrik konfrontiert sah, bestätigen nachträglich diese vorsichtige Vorgehensweise.
- 7) Vgl. ZELEWSKI, STEPHAN: Eignung von Petrinetzen für ökonomische Optimierungsprobleme - eine prozeßorientierte Übersicht. *Erscheint in:* Schnieder, E. (Hrsg.): Entwurf komplexer Automatisierungssysteme - EKA 97, Methoden, Anwendungen und Tools auf der Basis von Petrinetzen und anderer formaler Beschreibungsmittel, 5. Fachtagung, 22.-23.05.1997 in Braunschweig.

- b) 2. Phase "Modellierung eines Flexiblen Fertigungssystems" und
3. Phase "Modellierung von Produktionsaufträgen":
- ☞ RÖBLER, HENRIK; WURCH, MAIK: Implementierung des Modells eines Flexiblen Fertigungssystems, Teilbände 1-3, Arbeitsbericht Nr. 23 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.
 - ☞ WURCH, MAIK: Modellierung eines Flexiblen Fertigungssystems sowie von Produktionsaufträgen - Bericht zu den Phasen 2 und 3 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 25 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.
- c) 4. Phase "Modellierung der Prozeßkoordinierung":
- ☞ SCHIMMEL, KATRIN: Der Einsatz elektronischer Märkte zur Koordination in Flexiblen Fertigungssystemen, Arbeitsbericht Nr. 26 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.
 - ☞ SCHIMMEL, KATRIN, WURCH, MAIK: Simulation eines Koordinations-Moduls in einem Flexiblen Fertigungssystem, Arbeitsbericht Nr. 30 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.
 - ☞ WURCH, MAIK: Modellierung der Prozeßkoordinierung - Bericht zu Phase 4 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 37 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997. [noch in Arbeit, da die Ergebnisse des Plenarvortrags am 25.02.1997 in Berlin einfließen sollen]
- d) 5. Phase "Simulations- und Animationskomponente":
- ☞ RÖBLER, HENRIK; SCHIMMEL, KATRIN: Zur Animation und Integration hierarchischer Petrinetze - Bericht zu Phase 5 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 22 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.
 - ☞ RÖBLER, HENRIK: XPNC - Auswahltool für parallele Schaltentscheidungen bei der Simulation von Petrinetzen, Arbeitsbericht Nr. 31 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997.
- e) 6. Phase "Komponente für Erreichbarkeitsgraphen":
- ☞ SCHIMMEL, KATRIN: Komponente für Erreichbarkeitsanalysen - Bericht zu Phase 6 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 36 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997.
- f) 7. Phase "Evaluierung":
- ☞ Diese - letzte - Phase ist noch nicht abgeschlossen (die Projektlaufzeit dauert bis zum 20.05.1997 an). Ihre Resultate sollen nach Abschluß dokumentiert werden in:

ZELEWSKI, STEPHAN: Erfahrungen mit Höheren Petrinetzen bei der Modellierung von Prozeßkoordinierungen in komplexen Produktionssystemen - Bericht zu Phase 7 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 33 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997. [in Arbeit]

2.3 Zusammenarbeit mit anderen Forschungsgruppen / Internationalität

Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms wurde - wie bereits in Kapitel 2.1.2 erwähnt - eine Entwicklungspartnerschaft mit dem Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren der Universität Karlsruhe unter der Leitung von Herrn **Univ.-Prof. Dr. Wolffried Stucky** und mit dem Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik II der Universität Frankfurt am Main unter der Leitung von Herrn **Univ.-Prof. Dr. Andreas Oberweis** geschlossen. Ziel der Partnerschaft war es, ein bereits vorliegendes Softwarepaket, das als Modellierungs- und Simulations-Werkzeug für Petrinetze dient, anhand komplexer produktionswirtschaftlicher Probleme hinsichtlich seiner Praxistauglichkeit zu testen und erforderlichenfalls weiterzuentwickeln.

Die Karlsruher und Frankfurter Arbeitsgruppe brachte in die Kooperation ihr Softwarepaket INCOME/STAR ein, das unter der maßgeblichen Inspiration von Herrn Univ.-Prof. Dr. Andreas Oberweis erstellt worden war⁸⁾. Aufgabe der Leipziger Arbeitsgruppe war es zunächst, mit der Hilfe von INCOME/STAR die virtuelle Fabrik einschließlich der zugehörigen Produktionsaufträge als Netzmodell darzustellen. Anschließend sollte untersucht werden, wie sich in dieses Netzmodell unterschiedliche Koordinierungskonzepte für Produktionsprozesse einbringen lassen.

Eine Vielzahl von Erweiterungswünschen wurde aus Leipziger Sicht artikuliert. Anschließend übernahm die Karlsruher und Frankfurter Arbeitsgruppe die mühevollen Aufgabe, die Leipziger Anregungen in fortentwickelte Releases von INCOME/STAR umzusetzen. Sie wurden in Leipzig auf die produktionswirtschaftlichen Problemstellungen, die zu den Erweiterungswünschen geführt hatten, angewendet, hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit den ursprünglichen Spezifikationen überprüft und gegebenenfalls noch einmal überarbeitet. In einem regen Wechselspiel zwischen den involvierten Arbeitsgruppen schälte sich eine Funktionalität von INCOME/STAR heraus, die über das ursprünglich vorhandene Leistungsvermögen deutlich hinausreicht und produktionswirtschaftliche Modellierungsanforderungen in wesentlich verbesserter Weise unterstützt.

Als längerfristige Perspektive wurden mit der Kooperation noch zwei weitere Ziele verfolgt.

Einerseits wurde in Betracht gezogen, seitens der Leipziger Arbeitsgruppe eigenständige, ergänzende Softwareentwicklung zu betreiben. Denn das Softwarepaket INCOME/STAR stellt zunächst nur einen benutzerfreundlichen Editor für anspruchsvolle Prädikate/Transitionen-Netze sowie eine interaktive Simulationsumgebung für die editierten Netzmodelle zur Verfügung. Wegen der Einschränkung der Auswertungsmöglichkeiten von Netzmodellen auf konventionelle Simulationsstudien war beabsichtigt, Erweiterungen um Erreichbarkeitsanalysen einzubringen. Für spätere Folgeprojekte waren zusätzliche Analysemodule zur Untersuchung von produktionswirtschaftlich interessanten Modelleigenschaften (wie etwa Deadlockfreiheit, Fairness und Promptheit) in Aussicht gestellt.

Allerdings erwies sich die Erfüllung des Nahziels, die Editier- und Simulationsmöglichkeiten von INCOME/STAR durch produktionswirtschaftlich motivierte Neuerungen zu bereichern, als derart arbeitsintensives Unterfangen, daß die Durchführbarkeit von Erreichbarkeitsanalysen nur noch konzeptionell angedacht werden konnte. Zu einer Konkretisierung oder gar Implementierung der diesbezüglich entwickelten Ideen reichten die Ressourcen der Kooperationspartnerschaft aber nicht mehr aus. Die zusätzlichen Analysemodule konnten ebensowenig in Angriff genommen werden⁹⁾.

8) Einen Vorgänger, die PROLOG-basierte Software PASIPP, hatte der Projektleiter bereits vor mehreren Jahren von Herrn Univ.-Prof. Dr. Andreas Oberweis zur Verfügung gestellt erhalten.

9) Dies schmerzte jedoch weniger, weil sie nicht in den Katalog der Ziele aufgenommen worden waren, die mit dem Projekt PEMVEK auf jeden Fall verwirklicht werden sollten, sondern von vornherein als Perspektive für mögliche Folgeprojekte deklariert worden waren.

Immerhin gelang es noch, aufgrund der intensiven Auseinandersetzung mit INCOME/STAR einige konzeptionelle Anregungen zur Fortentwicklung auf softwaretechnischer Ebene zu formulieren¹⁰⁾.

Andererseits bestand das Fernziel, INCOME/STAR so weit fortzuentwickeln, daß sich mit seiner Hilfe reale produktionswirtschaftliche Modellierungs- und Koordinierungsaufgaben erfüllen lassen. Von der virtuellen Fabrik, die nur als Übungsmittel bezweckt war, sollte nach Abschluß des Projekts PEMVEK zu einer Prozeßkoordinierung in einem realen Produktionssystem übergegangen werden, um die vorher gesammelten Modellierungs- und Koordinierungserfahrungen praktisch umzusetzen.

Dieses Fernziel mußte jedoch aufgrund der Erfahrungen, die in der Entwicklungspartnerschaft gemeinsam gesammelt wurden, auf eine weiter entfernte Zukunft verschoben werden. Denn es stellte sich heraus, daß das Softwarepaket INCOME/STAR bereits bei der Modellierung der "kleinen" virtuellen Fabrik auf massive Größenprobleme stieß. Sie führten u.a. dazu, daß sich das Netzmodell der virtuellen Fabrik mit Hilfe von INCOME/STAR auf keinem derjenigen Personalcomputer, die den beteiligten Kooperationspartnern zur Verfügung standen¹¹⁾, als Einheit vollständig implementieren ließ. Statt dessen konnte lediglich das gesamte Netzmodell zerlegt in einzelne Module - und das auch noch zuweilen unter erheblichen Schwierigkeiten¹²⁾ - realisiert werden. Die Module ließen sich nur separat laden, so daß es nicht möglich war, auch modulübergreifende Prozesse innerhalb des Gesamtmodells zu untersuchen.

Darüber hinaus wurde ein Gedankenaustausch mit Herrn **Univ.-Prof. Dr. Wolfgang König** und Herrn **Dr. Oliver Wendt** vom Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität Frankfurt am Main gepflegt. Das Konzept für die verteilte Suche in baumartigen Graphen, das von Herrn Dr. Wendt auf der Grundlage des A*-Algorithmus vorgestellt wurde, bot sich als ein Baustein für die Komponente zur Erreichbarkeitsanalyse von Petrinetz-Modellen an. Da Erreichbarkeitsanalysen aus den o.a. Gründen im Rahmen des Projekts PEMVEK nicht in der ursprünglich intendierten Weise durchgeführt werden konnten, wurde dieser Ansatz jedoch nicht mehr weiterverfolgt.

Ein weiterer Kooperationsansatz betraf das Vorhaben der Frankfurter Forschungsgruppe unter der Leitung von Herrn **Univ.-Prof. Dr. Wolfgang König**, sich mit "Flexiblen Organisationen" zu befassen. In diesem Zusammenhang sollten für eine anspruchsvolle Produktionsablaufplanung netzartige Spezifizierungen von Produktionsaufträgen entwickelt werden. Diese Auftragspezifizierungen stimmen konzeptionell weitgehend mit den Auftragsnetzen überein, die für die Modellierung von Aufträgen im Projekt PEMVEK verwendet wurden. Aufgrund dieser engen Verwandtschaft bestand die Absicht, die Auftragspezifizierungen bzw. -netze hinsichtlich der Datenstrukturen wechselseitig aufeinander abzustimmen. Dies hätte die Option eröffnet, in späteren Projektphasen gleichartige oder sogar identische Produktionsaufträge zu betrachten. Auf diese Weise ließe sich untersuchen, ob die beiden Forschungsvorhaben entweder zu einer ähnlichen oder aber divergenten Behandlung von Produktionsaufträgen bei flexibler Produktionsablaufplanung bzw. Prozeßkoordinierung führen. Allerdings konnte dieser Kooperationsgedanke wegen Überlastung beider Seiten - zumindest im Rahmen der Förderdauer der involvierten Projekte - nicht mehr in die Tat umgesetzt werden¹³⁾.

10) Vgl. RÖBLER, HENRIK; WURCH, MAIK: Implementierung des Modells eines Flexiblen Fertigungssystems, Teilbände 1-3, Arbeitsbericht Nr. 23 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996, S. 17ff. u. 1263.

11) In der Regel handelte es sich um Pentium-Computer.

12) Besondere Probleme bereitete das Modul für das Transportsystem. Die zugehörige Netzdatei umfaßte 1,8 MB und benötigte zum Laden auf einem Pentium-Computer unter Windows 3.11 mit 90 MHz und 32 MB RAM ca. 10 Minuten.

13) Das letzte Schreiben des Projektleiters in dieser Angelegenheit vom 30.12.1996 an die Frankfurter Forschungsgruppe wurde noch nicht beantwortet.

Anstelle der beiden vorgenannten Zusammenarbeitsvorhaben mit Herrn Univ.-Prof. Dr. Wolfgang König und Herrn Dr. Oliver Wendt, die leider nicht in der ursprünglich beabsichtigten Weise zustandekamen, wurden jedoch andere, die eigene Projektarbeit stimulierende Kontakte zu anderen Forschungsgruppen aus dem DFG-Schwerpunktprogramm geknüpft.

Als besonders anregend erwies sich die Etablierung einer **Arbeitsgruppe "Petrietze"**, in der sich alle Teilnehmer des Schwerpunktprogramms zusammenfanden, die bei ihrer Projektarbeit in irgendeiner Weise auf Petrietze zurückgreifen. Diese Arbeitsgruppe wurde von Herrn **Univ.-Prof. Dr. Wolffried Stucky**, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren der Universität Karlsruhe, sowie Herrn **Univ.-Prof. Dr. Udo Winand**, Professur für Wirtschaftsinformatik der Universität Gesamthochschule Kassel, initiiert und durch Einladungen zu regelmäßigem Gedankenaustausch immer wieder befruchtet. Von Mitgliedern des Projekts PEMVEK wurden zu dieser Arbeitsgruppe 2 Vorträge¹⁴⁾ - darunter auch der Vortrag zum ersten Arbeitsgruppentreffen in Köln durch den Projektleiter - und 3 Veröffentlichungen¹⁵⁾ beigesteuert.

Des weiteren entwickelte sich eine Zusammenarbeit mit Herrn **Univ.-Prof. Dr. Christof Weinhardt**, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Wirtschaftsinformatik an der Universität Gießen, und Herrn **Dr. Andreas Will**, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Wirtschaftsinformatik an der Universität Augsburg. Sie erstreckte sich auf die gemeinsame Ausrichtung eines Workshops über "Ökonomie, Modellierung und Architekturen Elektronischer Märkte", der am 20.06.1996 im Vorfeld des 10. Kolloquiums des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" in Leipzig veranstaltet wurde. Die technische Organisation des Workshops und die Leitung der Sektion "Architekturen Elektronischer Märkte" lagen in den Händen der Leipziger Forschungsgruppe.

Schließlich stellte sich noch ein ungeplanter Kontakt zur Forschungsgruppe unter der Leitung von Herrn **Univ.-Prof. Dr. Jörg Becker** ein. Auf Bitte von Herrn Univ.-Prof. Dr. Jörg Becker verfaßte der Projektleiter eine Rezension des Werks "Handelsinformationssysteme", das wesentliche Ergebnisse der vorgenannten Forschungsgruppe einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht hat. Da die inhaltliche Auseinandersetzung mit diesem Werk etwas umfangreicher ausfiel, als es für Rezensionen üblich ist, schlug sie sich in zwei Arbeiten nieder:

ZELEWSKI, STEPHAN: Handelsinformationssysteme (Rezension zum gleichnamigen Werk von J. Becker und R. Schütte). Erscheint in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 67. Jg. (1997);

ZELEWSKI, STEPHAN: Handelsinformationssysteme - erweiterte Fassung einer Rezension, Arbeitsbericht Nr. 32 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997.

Zwischenzeitlich hat sich die Diskussion zwischen dem Rezensenten und dem Koautor des Werks so weit intensiviert, daß sich Herr **Dipl.-Kfm. Reinhard Schütte** bereit erklärt hat, einen Vortrag an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig über Grundsätze ordnungsmäßiger (Referenz-)Modellierung zu halten. Diese Grundsätze bilden eine zentrale Komponente des rezensierten Werks.

14) Vgl. die unten angeführte Übersicht über die Teilnahme an wissenschaftlichen Veranstaltungen.

15) a) SCHIMMEL, KATRIN; WURCH, MAIK: Simulation der Bestpreis-Auktion als Petrietz. *Erscheint in:* Stucky, W.; Winand, U. (Hrsg.): Ergebnisband der Petrietz-Arbeitsgruppe im DFG-Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Karlsruhe 1997. b) ZELEWSKI, STEPHAN: Modellierung und Koordinierung Flexibler Fertigungssysteme mit Petrietzen. *Erscheint in:* Stucky, W.; Winand, U. (Hrsg.): Ergebnisband der Petrietz-Arbeitsgruppe im DFG-Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Karlsruhe 1997. c) ZELEWSKI, STEPHAN: Eignung von Petrietzen für die Modellierung komplexer Realsysteme - Beurteilungskriterien. In: Wirtschaftsinformatik, 38. Jg. (1996), S. 369-381.

Hinsichtlich der **Internationalität** der Forschungskontakte kann aufgrund des Vorhergesagten leider nur eine Fehlanzeige erstattet werden. Die Aufbauarbeit des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft an der Universität Leipzig und das zeitgleiche Betreiben des Forschungsprojekts PEMVEK haben den Projektleiter so sehr in Anspruch genommen, daß kein Freiraum verblieb, zusätzlich noch einschlägige Auslandskontakte anzubahnen.

2.4 Neu erkannte / neu gewichtete Fragestellungen und Probleme

Die Fokussierung auf Flexible Fertigungssysteme, die zu Projektbeginn vorherrschte, wurde mittlerweile zugunsten von *Produktionsnetzwerken* aufgegeben¹⁶⁾. Durch diese Ausweitung des Betrachtungshorizonts können auch neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Produktionssysteme, wie etwa Virtuelle (Produktions-)Unternehmen, Lieferanten- und Entwicklungs-Netzwerke sowie Satelliten-Produktionssysteme, einbezogen werden. Als Integrationsschnittstelle für derart unterschiedliche Produktionssysteme dient der Ansatz, in ihnen ablaufende Prozesse mittels interner Elektronischer Märkte zu koordinieren.

Die herausragende Bedeutung der Softwareunterstützung bei der *Hierarchisierung* und *Modularisierung* von großvolumigen Netzmodellen wurde unterschätzt. Sie stellte sich erst heraus, als mit dem Softwarepaket INCOME/STAR, das über diese Funktionalitäten nicht verfügt, versucht wurde, die bereits mehrfach angesprochene virtuelle Fabrik als *ein* Petrinetz zu modellieren. Aufgrund der bereits angesprochenen Größenprobleme ließ sich dieses Vorhaben nicht realisieren. Statt dessen mußte das Gesamtnetz in mehrere - auf der Softwareebene - nicht mehr zusammenhängende und "flache" Teilnetze zerlegt werden. Für die petrinetzgestützte Modellierung realer Produktionssysteme erscheint es daher unumgänglich, daß ein "praxistaugliches" Software-Werkzeug auch das Editieren, Simulieren und Analysieren von hierarchisch-modular strukturierten Netzmodellen gestattet.

Hinsichtlich der auktionenbasierten Koordinierungsmechanismen für Elektronische Märkte und Multi-Agenten-Systeme stellte sich die Gefahr von *Agenten-Kartellen* als ein ungelöstes Problem heraus. Sie kann durch die Mechanismen, die bislang untersucht wurden, nicht effektiv unterbunden werden. Daher besteht weiterer Forschungsbedarf, um den Schutz eines Elektronischen Marktes vor Agenten-Kartellen zu ermöglichen.

Schließlich überraschte die Einsicht, daß mehrere Auktionsformen für Elektronische Märkte offensichtlich weitgehend zusammenfallen, solange keine Agenten mit "typisch menschlichen" Verhaltensweisen zugelassen werden. Markante Unterschiede stellen sich erst ein, wenn *opportunistisches Agentenverhalten* berücksichtigt wird, das Lügen und Betrügen zum Wahren des eigenen Vorteils ausdrücklich umgreift. Dies widerspricht jedoch prima facie der Natur Elektronischer Märkte, auf denen die Agenten als Marktteilnehmer vom menschlichen Systemgestalter so entworfen werden können, daß sie sich niemals opportunistisch verhalten, also z.B. stets ihre tatsächlichen Bearbeitungskosten offenbaren. Allerdings zielte das Projekt PEMVEK nicht auf vollautomatisierte Systeme ab, in denen nur noch artifizielle Software-Agenten miteinander kommunizieren. Vielmehr war es von vornherein - mit Hinblick auf reale Produktionssysteme - auf die Koordinierung von Produktionsprozessen in *gemischten* Mensch/Maschine-Systemen angelegt. Daher war der Agentenbegriff so weit offengehalten worden, daß er auch menschliche Akteure, wie etwa die Bediener von Maschinengruppen, umfaßt. Damit wurden aber die Elektronischen Märkte, die hinsichtlich ihrer Eignung zur Prozeßkoordinierung untersucht wurden, wieder dem Einfluß opportunistischer (menschlicher) Verhaltensweisen ausgesetzt, die zu signifikanten Unterschieden bei den Auktions-

16) Vgl. dazu u.a. die Veröffentlichungen und Vorträge jüngerer Datums; z.B.: ZELEWSKI, STEPHAN: Elektronische Märkte zur Prozeßkoordinierung in Produktionsnetzwerken. *Erscheint in:* Wirtschaftsinformatik, 39. Jg. (1997).

formen führen können. Insofern tangierte die o.a. überraschende Einsicht des Zusammenfallens mehrerer Auktionsformen im Falle der Irrelevanz von Opportunismus das Projekt PEMVEK nicht tiefergehend.

2.5 Praxisrelevanz / Praxiskontakte

Wie bereits anlässlich der Zusammenarbeit mit anderen Forschungsgruppen erwähnt, wurde eine Entwicklungspartnerschaft mit der Karlsruher und Frankfurter Arbeitsgruppe eingegangen. Ihr Ziel war es, das Softwarepaket INCOME/STAR, das als Modellierungs- und Simulations-Werkzeug für Petrinetze dient, anhand komplexer produktionswirtschaftlicher Probleme hinsichtlich seiner *Praxistauglichkeit* zu testen und erforderlichenfalls weiterzuentwickeln. Es wurde bereits dargelegt, daß sich vielfältige Weiterentwicklungsbedürfnisse identifizieren ließen¹⁷⁾. Sie flossen in neue Releases von INCOME/STAR ein¹⁸⁾ und wurden an realitätsnahen Produktionsmodellen hinsichtlich ihrer Konformität mit den ursprünglichen Spezifikationen erprobt.

Allerdings bestanden hinsichtlich dieser Entwicklungspartnerschaft keine Kontakte mit privatwirtschaftlichen Unternehmen. Denn bei den Karlsruher und Frankfurter Kooperationspartnern handelte es sich "nur" um Hochschuleinrichtungen. Immerhin bestehen von dort aus aber Kontakte zu privatwirtschaftlichen Softwareproduzenten, wie etwa zur Promatis Informatik GmbH & Co. KG, die eine kommerzielle Version von INCOME/STAR vertreibt und auch fortentwickelt. Daher wäre es zu begrüßen, wenn über die Karlsruher und Frankfurter Kooperationspartner ein Teil der produktionswirtschaftlich motivierten Erweiterungen von INCOME/STAR an Unternehmen wie die Promatis Informatik GmbH & Co. KG weitergeleitet würde.

Darüber hinaus wurde darauf geachtet, an Tagungen und Workshops teilzunehmen, die sich vornehmlich an *betriebliche Praktiker* richten. Dazu zählt vor allem das Engagement von Frau Dipl.-Wirtsch.-Inf. Katrin Schimmel in der Arbeitsgruppe "Petrinetze und Informationssysteme in der Praxis", die sich unter der organisatorischen Obhut der Innobis Unternehmensberatung und Software GmbH/Hamburg in ca. halbjährlichem Rhythmus zusammenfindet. Solche Tagungen und Workshops wurden ebenso genutzt, um interessierten Praktikern über Ergebnisse des Projekts PEMVEK zu berichten. Dies betrifft insbesondere zwei Vorträge des Projektleiters. Sie erfolgten im Oktober 1995 anlässlich der 16. Saarbrücker Arbeitstagung Rechnungswesen und EDV sowie im Oktober 1996 im Rahmen der vorgenannten Arbeitsgruppe "Petrinetze und Informationssysteme in der Praxis".

Leipzig, den 20.02.1997

St. Zelewski

17) Detaillierter wird auf diese Weiterentwicklungsbedürfnisse aus betriebswirtschaftlich-pragmatischer Sicht eingegangen in ZELEWSKI, STEPHAN: Modellierung und Koordinierung Flexibler Fertigungssysteme mit Petrinetzen. *Erscheint in:* Stucky,W.; Winand,U. (Hrsg.): Ergebnisband der Petrinetz-Arbeitsgruppe im DFG-Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Karlsruhe 1997.

18) Vgl. dazu auch SCHIMMEL, KATRIN: Abstimmung der Implementierungssoftware INCOME/STAR - Bericht zu Phase 1 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 24 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.

Anhang

I Zusammensetzung der Projektgruppe PEMVEK

a) Projektleiter:

Univ.-Prof. Dr. Stephan Zelewski

b) wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Inf. Gunter Oley (10.04.1995 - 30.06.1995)¹⁹⁾

Dipl.-Math. Maik Wurch (21.08.1995 - 20.05.1997)

sowie - ohne Finanzierung durch die DFG - am Institut des Projektleiters:

Dipl.-Wirtsch.-Inf. Katrin Schimmel (01.01.1995 - 20.05.1997)

c) studentische Hilfskräfte:

Martina Haase (01.01.1995 - 31.07.1995)

Henrik Röbler (01.08.1995 - 31.12.1996)

d) externer Doktorand:

Dipl.-Wirtsch.-Math. Uwe Gerecke

(Graduiertenstipendium des Freistaats Sachsen ab 01.10.1996)

II Veröffentlichungen im Rahmen des Projekts PEMVEK

a) Veröffentlichungen in verlegten Schriften

ZELEWSKI, STEPHAN: Elektronische Märkte zur Prozeßkoordinierung in Produktionsnetzwerken. *Erscheint in:* Wirtschaftsinformatik, 39. Jg. (1997).

ZELEWSKI, STEPHAN: Eignung von Petrinetzen für ökonomische Optimierungsprobleme - eine prozeßorientierte Übersicht. *Erscheint in:* Schnieder, E. (Hrsg.): Entwurf komplexer Automatisierungssysteme - EKA 97, Methoden, Anwendungen und Tools auf der Basis von Petrinetzen und anderer formaler Beschreibungsmittel, 5. Fachtagung, 22.-23.05.1997 in Braunschweig.

19) Die zeitliche Lücke zwischen dem 01.07. und dem 20.08.1995 erklärt sich aus den personellen und juristischen Turbulenzen, die aus der Weigerung der Universität Leipzig resultierten, Herrn Dipl.-Inf. Gunter Oley trotz bereits erfolgter Einstellung in einem universitären Arbeitsverhältnis zu beschäftigen. Ihm wurde eine StaSi-nahe Tätigkeit in früheren Jahren vorgehalten. Auf diese Komplikation wurde bereits zu Beginn der Kurzpräsentation im Zusammenhang mit dem zeitlichen Projektrahmen kurz hingewiesen.

- SCHIMMEL, KATRIN; WURCH, MAIK: Simulation der Bestpreis-Auktion als Petrinetz. *Erscheint in:* Stucky,W.; Winand,U. (Hrsg.): Ergebnisband der Petrinetz-Arbeitsgruppe im DFG-Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Karlsruhe 1997.
- ZELEWSKI, STEPHAN: Modellierung und Koordinierung Flexibler Fertigungssysteme mit Petrinetzen. *Erscheint in:* Stucky,W.; Winand,U. (Hrsg.): Ergebnisband der Petrinetz-Arbeitsgruppe im DFG-Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Karlsruhe 1997.
- WURCH, MAIK: Coordinating Electronic Markets by Auctions, Leipzig 1996. *Eingereicht für:* Second International Conference on Coordination Models and Languages, Berlin 1997 (COORDINATION'97). [ein Exemplar liegt bei; siehe unten unter b) als Arbeitsbericht No. 29]
- WURCH, MAIK: Petrinetz-basierte Koordinationsformen auf elektronischen Märkten. In: Jantke, K.P., Grieser, G. (Hrsg.): LIT'96 - 4. Leipziger Informatik-Tage an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, 29.-30.08.1996, Tagungsbericht, Leipzig 1996, S. 135-140.
- ZELEWSKI, STEPHAN: Eignung von Petrinetzen für die Modellierung komplexer Realsysteme - Beurteilungskriterien. In: Wirtschaftsinformatik, 38. Jg. (1996), S. 369-381.
- ZELEWSKI, STEPHAN: Petrinetz-basierte Modellierung komplexer Produktionssysteme. In: Die Betriebswirtschaft, 56. Jg. (1996), S. 845-846. [Hinweis auf Arbeitsberichte im DBW-Depot]
- ZELEWSKI, STEPHAN: Multi-Agenten-Systeme zur Koordinierung von Produktionsprozessen. In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): Rechnungswesen und EDV 1995, Heidelberg 1995, S. 123-150.
- ZELEWSKI, STEPHAN: Verteilte Koordinierung von Produktionsprozessen auf der Basis von Multi-Agenten-Systemen. In: o.V.: Wirtschaftswissenschaftliche Forschung an der Hochschulen der neuen Bundesländer, 14.-15.12.1995 an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg 1995, S. 18-19. [Extended Abstract]

b) Veröffentlichungen in Arbeitsberichten u.ä.

- SCHIMMEL, KATRIN; ZELEWSKI, STEPHAN: Untersuchung alternativer Auktionsformen hinsichtlich ihrer Eignung zur Koordination verteilter Agenten auf Elektronischen Märkten, Arbeitsbericht Nr. 19 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.
- RÖBLER, HENRIK; SCHIMMEL, KATRIN: Zur Animation und Integration hierarchischer Petrinetze - Bericht zu Phase 5 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 22 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.
- RÖBLER, HENRIK; WURCH, MAIK: Implementierung des Modells eines Flexiblen Fertigungssystems, Teilbände 1-3, Arbeitsbericht Nr. 23 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996. [ein Exemplar - in 3 Ordnern - liegt bei]
- SCHIMMEL, KATRIN: Abstimmung der Implementierungssoftware INCOME/STAR - Bericht zu Phase 1 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 24 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.
- WURCH, MAIK: Modellierung eines Flexiblen Fertigungssystems sowie von Produktionsaufträgen - Bericht zu den Phasen 2 und 3 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 25 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996. [ein Exemplar liegt bei]

- SCHIMMEL, KATRIN: Der Einsatz elektronischer Märkte zur Koordination in Flexiblen Fertigungssystemen, Arbeitsbericht Nr. 26 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.
- WURCH, MAIK: Implementierung von Vickrey-Auktionen mit Petrinetzen, Arbeitsbericht Nr. 28 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig. [in Arbeit]
- WURCH, MAIK: Coordinating Electronic Markets by Auctions, Arbeitsbericht Nr. 29 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.
- SCHIMMEL, KATRIN, WURCH, MAIK: Simulation eines Koordinations-Moduls in einem Flexiblen Fertigungssystem, Arbeitsbericht Nr. 30 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1996.
- RÖBLER, HENRIK: XPNC - Auswahltool für parallele Schaltentscheidungen bei der Simulation von Petrinetzen, Arbeitsbericht Nr. 31 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997.
- ZELEWSKI, STEPHAN: Erfahrungen mit Höheren Petrinetzen bei der Modellierung von Prozeßkoordinierungen in komplexen Produktionssystemen - Bericht zu Phase 7 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 33 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997. [in Arbeit]
- ZELEWSKI, STEPHAN: Optimierung in Petrinetz-Modellen - eine Analyse aus betriebswirtschaftlicher Sicht, Arbeitsbericht Nr. 34 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997. [in Arbeit]
- WURCH, MAIK: Simulation von Koordinations-Modulen unter Berücksichtigung strategischen Agentenverhaltens, Arbeitsbericht Nr. 35 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997. [in Arbeit]
- SCHIMMEL, KATRIN: Komponente für Erreichbarkeitsanalysen - Bericht zu Phase 6 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 36 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997.
- WURCH, MAIK: Modellierung der Prozeßkoordinierung - Bericht zu Phase 4 des Projekts PEMVEK, Arbeitsbericht Nr. 37 des Instituts für Produktionswirtschaft und Industrielle Informationswirtschaft der Universität Leipzig, Leipzig 1997. [in Arbeit]
- ZELEWSKI, STEPHAN: Petrinetzbasierte Modellierung von Produktionsnetzwerken. Zur Veröffentlichung in der Schriftenreihe "Information - Organisation - Produktion" des Gabler Verlags. [in Vorbereitung]
- ZELEWSKI, STEPHAN: Optimierung mit Petrinetzen - ein prozeßorientierter Ansatz. Zur Veröffentlichung in der Schriftenreihe "Wirtschaftsinformatik" des Teubner Verlags. [in Vorbereitung]

III Durchführung wissenschaftlicher Veranstaltungen im Rahmen des Projekts PEMVEK

- a) 20.06.1996: Workshop "Ökonomie, Modellierung und Architekturen Elektronischer Märkte" in Leipzig (Gemeinschaftsveranstaltung mit Herrn Univ.-Prof. Dr. Christof Weinhardt, Universität Gießen, und Herrn Dr. Andreas Will, Universität Augsburg); zugleich Leitung der Sektion "Architekturen Elektronischer Märkte" durch Herrn Univ.-Prof. Dr. Stephan Zelewski.
- b) 21./22.06.1996: 10. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte Systeme in der Betriebswirtschaft" in Leipzig (Gemeinschaftsorganisation mit Herrn Univ.-Prof. Dr. Dieter Ehrenberg, Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität Leipzig).

IV Diplomarbeiten- und Dissertationsprojekte im Rahmen des Projekts PEMVEK

*Dissertationsprojekte*²⁰⁾:

- a) Dipl.-Wirtsch.-Math. UWE GERECKE: "Auktionsformen auf Elektronischen Märkten für die Prozeßkoordinierung in Flexiblen Fertigungssystemen - eine spieltheoretisch fundierte Analyse"
- b) Dipl.-Wirtsch.-Inf. KATRIN SCHIMMEL: "Der Einsatz von Petrinetzen zur Anpassungsplanung in komplexen Fertigungssystemen"

Beide Dissertationsprojekte sind noch nicht abgeschlossen.

Darüber hinaus konnten keine Studierenden für das Anfertigen einer *Diplomarbeit* auf dem Gebiet des Forschungsprojekts PEMVEK gewonnen werden²¹⁾.

20) Trotz mehrfachen Angebots ist es dem Projektleiter bislang nicht gelungen, den von der DFG geförderten wissenschaftlichen Mitarbeiter, Herrn Wurch, zur Vereinbarung eines Dissertationsthemas zu begeistern. In dieser Hinsicht manifestiert sich ein allgemeineres Problem der Besetzung von wissenschaftlichen Mitarbeiterstellen: Für *halbe* wissenschaftliche Mitarbeiterstellen - zumal bei Ost-Tarifen - lassen sich zumindest im Umfeld von wirtschaftswissenschaftlichen Studiengängen kaum hinreichend qualifizierte und zugleich motivierte Doktoranden gewinnen. Gute Absolventen haben auf dem Arbeitsmarkt immer noch so attraktive Einkommens- und Karrierechancen, daß sie mit einer halben Mitarbeiterstelle nicht für ein (zumindest zeitweiliges) Verbleiben an der Hochschule gewonnen werden können. In zahlreichen Bewerbungsgesprächen sammelte der Projektleiter immer wieder die Erfahrung, daß eine mögliche Promotion für hochqualifizierte und hochmotivierte Absolventen wirtschaftswissenschaftlicher Studiengänge erst dann näher in Betracht kommt, wenn eine ganze Mitarbeiterstelle mit entsprechendem Gehalt angeboten werden kann (sofern nicht ein Stipendium oder finanzielle Unterstützung seitens der Familie gewährt wird). Aufgrund zahlreicher Gespräche mit Kollegen aus anderen Hochschulen scheint dies keine singuläre Erfahrung des Projektleiters darzustellen, sondern einen allgemeinen Trend auf wirtschaftswissenschaftlichem Terrain anzuzeigen. Für halbe Mitarbeiterstellen verbleiben dann - von exzeptionellen Glücksfällen abgesehen - nur Bewerber, die keine ernsthafte Promotionsabsicht verfolgen, sondern auf dem Arbeitsmarkt noch kein attraktives Angebot erhalten haben und infolgedessen ihre Verweilzeit an der Hochschule etwas verlängern wollen. Dies scheint insbesondere auf Bewerber aus den Neuen Bundesländern zuzutreffen, die einerseits unter den hiesigen schlechten Arbeitsmarktbedingungen besonders leiden, andererseits als einzige bereit sind, sich auf halbe Mitarbeiterstellen zu Ost-Tarifen zu bewerben.

Es wäre jedoch nach Einschätzung des Projektleiters - bei aller gebotenen Zurückhaltung - eine Zumutung, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft die Erfüllung beschäftigungspolitischer Funktionen zu erwarten. Daher sollte seitens der Deutschen Forschungsgemeinschaft eventuell erwogen werden, zwar *weniger*, dafür aber *volle* Mitarbeiterstellen zu finanzieren. Dies würde zumindest bei wirtschaftswissenschaftlichen Studiengängen tendenziell dazu führen, eher die Zielgruppe der Absolventen mit ernsthaften Promotionsabsichten zu erreichen - anstatt "lediglich" Beschäftigung an den Hochschulen zu sichern.

V Teilnahme an wissenschaftlichen Veranstaltungen im Rahmen des Projekts PEMVEK

a) Univ.-Prof. Dr. St. Zelewski:

- 29.09.1994 Deutsche Forschungsgemeinschaft in Bonn
Kurzvortrag: "Petri-netzbasierte Modellierung und verteilte Koordination komplexer Produktionssysteme"
- 27./28.01.1995 7. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Bremen
Vortrag: "Verteilte Prozeßkoordination Flexibler Fertigungssysteme auf der Basis von Petri-Netzen"
- 30.06/01.07.1995 8. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Europa-Universität Frankfurt (Oder)
- 02.10.1995 Treffen der Arbeitsgruppe "Petri-Netze" im DFG-Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an Köln
Vortrag: "Evaluation petri-netzgestützter Werkzeuge zur Modellierung betriebswirtschaftlicher Probleme"
- 10.10.1995 16. Saarbrücker Arbeitstagung Rechnungswesen und EDV 1995 "Aus Turbulenzen zum gestärkten Konzept?" in Saarbrücken
Vortrag: "Multi-Agenten-Systeme zur Koordination von Produktionsprozessen"
- 15.12.1995 Wirtschaftswissenschaftliche Forschung an den Hochschulen der neuen Bundesländer" an Magdeburg
Vortrag: "Verteilte Koordination von Produktionsprozessen auf der Basis von Multi-Agenten-Systemen"
- 16./17.02.1996 9. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Nürnberg
- 20.06.1996 Workshop "Ökonomie, Modellierung und Architekturen Elektronischer Märkte" an der Universität Leipzig
- 21./22.06.1996 10. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Leipzig
- 24.06.1996 Technische Universität / Bergakademie Freiberg
Vortrag: "Koordination von Multi-Agenten-Systemen mit Hilfe elektronischer Märkte - eine Perspektive für dezentrale PPS-Systeme?"
- 30.09.1996 Treffen der Arbeitsgruppe "Petri-Netze" im DFG-Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Frankfurt am Main

-
- 21) Im Rahmen des Projekts PEMVEK wurden vom Institut des Projektleiters mehrere Diplomarbeiten-Themen ausgeschrieben. Allerdings fand sich unter den Studierenden der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig, die kraft ihrer Prüfungs- und Studienordnungen eine Diplomarbeit in den Fächern Allgemeine Betriebswirtschaftslehre oder Spezielle Betriebswirtschaftslehre Produktionswirtschaft verfassen können, kein einziger Interessent dafür (!). Nur für diese beiden Fächer ist der Projektleiter wegen seiner Zugehörigkeit zum Studiengang *Betriebswirtschaftslehre* berechtigt, Diplomarbeiten-Themen zu stellen. Das prima facie interessantere Potential von Diplomanden aus dem Bereich des Studiengangs *Wirtschaftsinformatik* konnte wegen dieser fachlichen Zuordnung des Projektleiters trotz Akquisitionsbemühungen leider nicht erschlossen werden.

- 28.10.1996 6. Arbeitstreffen der Arbeitsgruppe "Petrietze und Informationssysteme in der Praxis" in Hamburg
Vortrag: "Optimierung in Petrietz-Modellen - eine Analyse aus betriebswirtschaftlicher Sicht"
- 09.12.1996 Universität / Gesamthochschule Essen
Vortrag: "Kontraktnetzbaierete Aktivitätssteuerung in Produktionsnetzwerken - Ein Ansatz zur dezentralen Koordinierung von hochflexiblen Produktionssystemen -"
- 11.12.1996 Treffen mit dem Leiter der Gruppe "Wissensbasierte Systeme" am Zentrum "Forschung und Technik" der Daimler Benz AG in Berlin, Herr Dr. Sundermeyer, und Mitarbeitern (Herr Dr. Klein, Herr Baumgärtel) zwecks Erkundung gemeinsamer Interessen auf dem Gebiet der Multi-Agenten-Systeme und Vorbereitung möglicher künftiger Kooperationsprojekte
- 17.01.1997 Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AFIB) der Universität Karlsruhe
Vortrag: "Petrietzbaierete Optimierung von Geschäftsprozessen - eine Problemanalyse aus betriebswirtschaftlicher Sicht -"
- 20.01.1997 Technische Universität Ilmenau
Vortrag: "Modellierung elektronischer Märkte zur Koordinierung von Produktionsprozessen mit der Hilfe von Höheren Petrietzen"
- 25.02.1997 11. (Abschluß-)Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Technischen Universität Berlin
- 17.03.1997 Universität / Gesamthochschule Duisburg
Vortrag: "Koordinierung von Produktionsnetzwerken mit der Hilfe Elektronischer Märkte" [vereinbart]
- 15.04.1997 Universität Göttingen
Vortrag: "Multi-Agenten-Systeme: ein neuartiges «Paradigma» für das Kontraktmanagement in Produktionsnetzwerken?" [vereinbart]
- 21.05.1997 Universität Halle
Vortrag: "Auktionsmechanismen zur Koordinierung von Agenten auf elektronischen Märkten", anlässlich der 59. Wissenschaftlichen Jahrestagung des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V. [vereinbart]
- 19.09.1997 Technische Universität München
Vortrag: "Multi-Agenten-Systeme - ein innovativer Ansatz zur Realisierung dezentraler PPS-Systeme", anlässlich der Jahrestagung der Wissenschaftlichen Kommission Produktionswirtschaft des Verbandes der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e.V. [vereinbart]

b) Dipl.-Math. Maik Wurch:

- 16./17.02.1996 9. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Nürnberg
Vortrag: "Die Vickrey-Auktion als Synthetisches Netz"
- 21./22.06.1996 10. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Leipzig
Vortrag: "Simulationsanalyse von Implementationen verschiedener Auktionsformen mit Hilfe gefärbter Petrinetze"
- 29./30.08.1996 Informatik-Tage der HTWK Leipzig
Vortrag: "Petrinetz-basierte Koordinationsformen auf elektronischen Märkten"
- 30.09.1996 Treffen der Arbeitsgruppe "Petri-Netze" im DFG-Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Frankfurt am Main
Vortrag: "Einsatz von Petri-Netzen für Prozeßkoordinierungen in Produktionssystemen"
- 04./05.10.1996 3. Workshop "Algorithmen und Werkzeuge für Petrinetze" am Institut für angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren der Universität Karlsruhe
- 25.02.1997 11. (Abschluß-)Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Technischen Universität Berlin
Vortrag: "Simulation von Koordinations-Modulen unter Berücksichtigung strategischen Agentenverhaltens" [vereinbart]

c) Dipl.-Wirtsch.-Inf. Katrin Schimmel:

- 20.-24.06.1994 "15th International Conference on Application and Theory of Petri Nets" an der Universität Zaragoza / Spanien
- 04./05.07.1994 6. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Bamberg
- 10./11.10.1994 1. Workshop "Algorithmen und Werkzeuge für Petrinetze" am Institut für Informatik der Humboldt-Universität Berlin
- 17.10.1994 2. Arbeitstreffen der Arbeitsgruppe "Petrinetze und Informationssysteme in der Praxis" in Walldorf
- 27./28.01.1995 7. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Bremen
- 30.06./01.07.1995 8. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Europa-Universität Frankfurt (Oder)
Vortrag: "Koordinierung von Agenten mit Hilfe von Kontraktnetzen"
- 09.10.1995 4. Arbeitstreffen der Arbeitsgruppe "Petrinetze und Informationssysteme in der Praxis" in Bonn
- 10./11.10.1995 2. Workshop "Algorithmen und Werkzeuge für Petrinetze" an der Universität Oldenburg

- 25.03.1996 5. Arbeitstreffen der Arbeitsgruppe "Petri-Netze und Informationssysteme in der Praxis" an Karlsruhe
- 16./17.02.1996 9. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Nürnberg
- 20.06.1996 Workshop "Ökonomie, Modellierung und Architekturen Elektronischer Märkte" an der Universität Leipzig
- 21./22.06.1996 10. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Leipzig
- 30.09.1996 Treffen der Arbeitsgruppe "Petri-Netze" im DFG-Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Frankfurt am Main
Vortrag: "Einsatz von Petri-Netzen für Prozeßkoordinierungen in Produktionssystemen"
- 11.12.1996 Treffen mit dem Leiter der Gruppe "Wissensbasierte Systeme" am Zentrum "Forschung und Technik" der Daimler Benz AG in Berlin, Herrn Dr. Sundermeyer, und Mitarbeitern (Herr Dr. Klein, Herr Baumgärtel) zwecks Erkundung gemeinsamer Interessen auf dem Gebiet der Multi-Agenten-Systeme und Vorbereitung möglicher künftiger Kooperationsprojekte
- 25.02.1997 11. (Abschluß-)Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Technischen Universität Berlin

d) Dipl.-Wirtsch.-Math. Uwe Gerecke:

- 30.09.1996 Treffen der Arbeitsgruppe "Petri-Netze" im DFG-Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" an der Universität Frankfurt am Main
- 11.12.1996 Treffen mit dem Leiter der Gruppe "Wissensbasierte Systeme" am Zentrum "Forschung und Technik" der Daimler Benz AG in Berlin, Herrn Dr. Sundermeyer, und Mitarbeitern (Herr Dr. Klein, Herr Baumgärtel) zwecks Erkundung gemeinsamer Interessen auf dem Gebiet der Multi-Agenten-Systeme und Vorbereitung möglicher künftiger Kooperationsprojekte