

Abschlußbericht über das Projekt

"INCOME/STAR - Rechnergestützte Wartungs- und Entwicklungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme"

Wolffried Stucky, Andreas Oberweis¹, Gabriele Zimmermann²

Universität Karlsruhe
Institut AIFB
76128 Karlsruhe

E-Mail: {stucky|oberweis|zimmermann}@aifb.uni-karlsruhe.de

Oktober 1995

Zusammenfassung

Von 1991 bis 1995 wurde am Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren der Universität Karlsruhe das INCOME/STAR-Projekt durchgeführt. Ziel des Projekts war die Bereitstellung von Methoden, Vorgehensweisen und entsprechenden prototypmäßigen Werkzeugen für die kooperative Entwicklung und Wartung verteilter Informationssysteme. Die wichtigsten Resultate des Projekts lassen sich den folgenden Bereichen zuordnen:

- Entwicklung von neuartigen NR/T-Netzen (NF²-Relationen/Transitionen-Netzen) zur integrierten Modellierung von verteilten betrieblichen Abläufen und komplexen Datenstrukturen.
- Implementierung eines Petri-Netz-Simulators sowie verschiedener Petri-Netz-Werkzeuge und Entwicklung einer innovativen, benutzungsfreundlichen graphischen Anfragesprache für Simulationsdatenbanken.
- Konzipierung von ProMISE, einem evolutionären Vorgehensmodell für die kooperative Entwicklung von Informationssystemen.
- Entwicklung einer Variante des ER-Clustering zur Vergrößerung im Entity/Relationship-Modell.
- Bereitstellung von Unterstützung für eine kooperative Systementwicklung.

¹ Andreas Oberweis hat zwischenzeitlich einen Ruf auf eine Professur für Wirtschaftsinformatik an die J.W. Goethe-Universität Frankfurt/Main angenommen.

² Gabriele Zimmermann, geb. Scherrer

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG	3
2 RESULTATE AUS DEN ARBEITSBEREICHEN	4
2.1 Architektur von INCOME/STAR	4
2.2 Simulation/Prototyping	5
2.3 Vorgehensmodell-Unterstützung	7
2.4 Entwurf verteilter Datenbanken	9
2.5 Hypertext-Interface für Software-Entwicklungsdatenbanken	10
2.6 Methodische Grundlagen von Petri-Netzen und semantischer Datenmodellierung	11
2.6.1 NR/T-Netze	11
2.6.2 ER-Clustering	12
2.7 Kooperative Systementwicklung	13
2.8 Praxiserprobung	15
3 ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG DER WICHTIGSTEN RESULTATE	16
3.1 Bewertung der Projektergebnisse	16
3.2 Zusammenarbeit mit anderen Forschungsgruppen	17
3.3 Neu erkannte Fragestellungen	18
4 AUSBLICK	20
4.1 Flexibles Management verteilter, kooperativer betrieblicher Abläufe	20
4.2 Verifikation von Informationssystemen durch Auswertung halbgeordneter Petri-Netz-Abläufe: theoretische Untersuchungen, Methodik und Werkzeug	21
ANHANG 1: PROJEKTDATEN	22
ANHANG 2: VERÖFFENTLICHUNGEN IM PROJEKT	24
ANHANG 3: ABSCHLUSSARBEITEN IM PROJEKT	37
ANHANG 4: VORTRÄGE ZUM PROJEKT	46

1 Einleitung

Die Arbeiten zu dem Projekt "INCOME/STAR - Rechnergestützte Wartungs- und Entwicklungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme" begannen im Oktober 1991 und wurden seit Frühjahr 1992 unter dem Kennwort "Entwicklungsumgebung" von der DFG³ gefördert. Ziel des Projekts war die Konzeption und prototypmäßige Implementierung einer kooperativen Entwicklungs- und Wartungsumgebung - INCOME/STAR - für verteilte Informationssysteme. Ausgangsbasis für die Projektplanung bildete INCOME [NOS92]⁴, ein bereits existierendes Werkzeug für die Modellierung und Simulation betrieblicher Abläufe, das im Rahmen eines von der DFG geförderten Projekts im Schwerpunktprogramm "Interaktive betriebswirtschaftliche Informations- und Steuerungssysteme" (1985-1990) realisiert worden ist. Zentrale Idee von INCOME ist die methodische Integration von semantischer Datenmodellierung und höheren Petri-Netzen beim Informationssystem-Entwurf.

Im INCOME/STAR-Projekt wurden Methoden der konzeptuellen Daten- und Verhaltens-Modellierung weiterentwickelt, und zwar insbesondere im Hinblick auf eine adäquate Berücksichtigung komplex strukturierter Objekte. Darüber hinaus wurde ein evolutionäres Vorgehensmodell für die Systementwicklung erarbeitet. Für dieses Vorgehensmodell wurde ein Aktivitäten-Managementsystem konzipiert; zur Unterstützung kooperativer Systementwicklungen wurde außerdem Groupware-Funktionalität in INCOME/STAR integriert. Die vorhandenen Petri-Netz-Simulatoren wurden im Hinblick auf Verteilung und Mehrbenutzerbetrieb weiterentwickelt.

Das Projekt wurde in acht Arbeitsbereiche eingeteilt:

1. Architektur von INCOME/STAR,
2. Simulation/Prototyping,
3. Vorgehensmodell-Unterstützung,
4. Entwurf verteilter Datenbanken,
5. Hypertext-Interface für Software-Entwicklungsdatenbanken,

³ DFG-Kennzeichen Stu 98/9; geförderte Projektdauer: 3 Jahre.

⁴ Die Literaturhinweise beziehen sich auf Anlage II bzw. (bei Diplomarbeiten) III zu diesem Zwischenbericht.

6. Methodische Grundlagen von Petri-Netzen und semantischer Datenmodellierung,
7. Kooperative Systementwicklung,
8. Praxiserprobung.

Im nächsten Kapitel des vorliegenden Berichts werden die wichtigsten Aktivitäten und Resultate

dieser acht Arbeitsbereiche zusammengefaßt. Kapitel 3 enthält eine kritische Beurteilung der Resultate aus dem INCOME/STAR-Projekt. Die Arbeiten an diesem Projekt werden seit April 1995 in dem Nachfolgeprojekt "Flexibles Management verteilter, kooperativer betrieblicher Abläufe" mit etwas geänderter Zielrichtung im Hinblick auf den betrieblichen Einsatz verteilter Workflow-Managementsysteme fortgesetzt; Kapitel 4 gibt im ersten Teil eine Übersicht über dieses Projekt. Im September 1995 wurde ein weiteres Projekt, welches ebenfalls sehr stark auf den Resultaten des INCOME/STAR-Projekts aufbaut, mit dem Titel "Verifikation von Informationssystemen durch Auswertung halbgeordneter Petrinetz-Abläufe: theoretische Untersuchungen, Methodik und Werkzeug" begonnen; auch zu diesem Projekt wird in Kapitel 4 eine kurze Übersicht über die Ziele und geplanten Arbeiten gegeben.

Als Anhang I zu diesem Abschlußbericht ist eine Übersicht über die wichtigsten Projektdaten einschließlich der personellen Zusammensetzung der INCOME/STAR-Projektgruppe beigelegt. Anhang II enthält eine Liste der Publikationen aus dem bisherigen Projektverlauf mit den jeweiligen Zusammenfassungen des Inhalts. Die neueren Arbeiten sind als Postscript-Dateien über World Wide Web (URL: <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/LS2/income-star.html>) verfügbar. Anhang III enthält ein Verzeichnis der Diplomarbeiten, Dissertationen und Habilitationsschriften, die im Rahmen des Projekts bereits abgeschlossen wurden bzw. derzeit noch in Bearbeitung sind. In Anhang IV schließlich sind alle Vorträge, in denen über Ergebnisse aus dem Projekt berichtet worden ist, in chronologischer Reihenfolge aufgeführt.

2 Resultate aus den Arbeitsbereichen

2.1 Architektur von INCOME/STAR

Die Implementierung von INCOME/STAR wurde auf vernetzten Sun-Workstations und auf Windows-PCs durchgeführt. Zentrale Komponente von INCOME/STAR ist das Design-Dictionary. Ausgangspunkt für dessen Realisierung war die Dictionary-Komponente von

ORACLE*CASE und das darauf aufbauende INCOME/Dictionary. Die ursprüngliche Planung sah für die Realisierung der INCOME/STAR-Architektur vor, die vorhandene INCOME- bzw. ORACLE*CASE-Umgebung (d.h. die vorhandenen Editoren, das Dictionary, die Analysewerkzeuge sowie die Generatoren) direkt zu erweitern. Dies erwies sich jedoch als problematisch, da diese Umgebung bereits derart komplex ist, daß eine Einarbeitung für Studenten im Rahmen von Diplomarbeiten kaum noch möglich ist. Nach dem ersten Projektjahr wurde deshalb dazu übergegangen, den überwiegenden Teil der Implementierungsarbeiten prototypmäßig in Smalltalk durchzuführen, unter weitgehender Beibehaltung der vorhandenen graphischen Benutzeroberfläche sowie einer provisorischen Anbindung an das ORACLE-DBMS und ORACLE*CASE. Bedingt durch diese Anbindung ist auch eine "lose Kopplung" an die vorhandenen INCOME-Werkzeuge möglich. Nur in Einzelfällen führten erfahrene Institutsmitarbeiter direkt Erweiterungen durch, z.B. im Zusammenhang mit Ergänzungen des INCOME/Dictionaryes. Auf konzeptioneller Ebene wurden Aspekte des kontrollierten Mehrbenutzerzugriffs auf das INCOME/STAR-Dictionary untersucht, eine Realisierung konnte aber aus Zeitgründen noch nicht durchgeführt werden.

Der im Rahmen des Projekts verwendete Petri-Netz-Simulationskern lag in Prolog vor, entsprechend wurden die durchgeführten Erweiterungen ebenfalls in Prolog implementiert.

In den beiden letzten Projektjahren wurde mit der Realisierung einiger Werkzeuge zur Kommunikations- und Kooperationsunterstützung begonnen; dazu gehören u.a. erweiterte Electronic Mail zur Konversationsunterstützung sowie ein Gruppen-Terminkalender.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Architektur des INCOME/STAR-Prototyps aus verschiedenen Kompromissen heraus entstanden ist und insofern sicherlich keine Idealösung - z.B. die Effizienz der Schnittstellen zwischen den einzelnen Komponenten betreffend - darstellt. Die Grundfunktionalität der INCOME/STAR-Werkzeuge und das Zusammenspiel zwischen diesen konnte aber in Anbetracht der knappen zur Verfügung stehenden zeitlichen und personellen Ressourcen zufriedenstellend realisiert werden.

2.2 Simulation/Prototyping

Ausgangspunkt des Arbeitsbereichs Simulation/Prototyping war ein am Institut AIFB implementierter Simulator für Prädikate/Transitionen-Netze, der allerdings weder über graphische

Ein-/Ausgabemöglichkeiten für Netze noch über graphische Visualisierungsmöglichkeiten für die Simulation verfügte.

Zunächst wurde dieser Simulator an das INCOME/Dictionary gekoppelt, welches eine Verwaltung selbst von umfangreichen Netzen und Markierungen in unterschiedlichen Versionen unterstützt. Der vorhandene Graphik-Editor für Petri-Netze wurde in Smalltalk neu implementiert, um verschiedene Erweiterungen zu ermöglichen. Mit dieser benutzerfreundlichen Oberfläche wurde insbesondere die Realisierung einer graphischen Animationsmöglichkeit für Petri-Netz-Simulationen möglich.

Außerdem wurde die Funktionalität des Simulators dahingehend erweitert, daß nun eine Auswahl der zu schaltenden Transitionen durch den Simulator entsprechend einer vorzugebenden Strategie erfolgen kann - zusätzlich zu der bisher vorgesehenen interaktiven Auswahl durch den Benutzer. Es können damit jetzt automatisch Markierungsfolgen erzeugt und zu Analyse-zwecken in einer Simulationsdatenbank abgelegt werden.

Als zusätzlicher Aspekt, der zunächst nicht im Arbeitsprogramm vorgesehen war, wurde die graphische Anfragesprache für Simulationsdatenbanken GTL (*Graphical Temporal Language*) entwickelt und formal spezifiziert [ObS92d, ObS93b, ObS94a, ObS94b]. Die Notwendigkeit solcher Anfragemöglichkeiten zeigte sich, als in automatisch erzeugten Simulationsläufen umfangreiche Markierungsfolgen, bestehend aus Tausenden von Markierungen, erzeugt wurden. Jede dieser Markierungen wurde - mit einer Zeitmarke versehen - in der Simulationsdatenbank abgespeichert. Ein "Browsen" durch die Datenbank zur Validierung des Simulationslaufes war wegen deren Größe nicht praktikabel. Die direkte Formulierung von Anfragen in SQL an die "zeitbehafteten" Daten erwies sich als sehr umständlich, da Standard-SQL nur bescheidene Möglichkeiten zur Behandlung von Zeitaspekten bereitstellt. Die von uns entwickelte graphische Anfragesprache ist demgegenüber nicht nur leicht verständlich, sondern hat auch den Vorteil, daß temporale Aspekte in anschaulicher Weise dargestellt werden können. Ein auf einer relationalen ORACLE-Datenbank aufsetzender Auswertungsmechanismus übersetzt die graphischen Anfragen in SQL-Anfragen. Soweit möglich wurden bekannte Ansätze aus dem Bereich temporalen Datenbanken verwendet und für die vorliegende Anwendung angepaßt.

Simulation in INCOME/STAR unterstützt eine evolutionäre Vorgehensweise zur Systementwicklung [ObS92b]: Eine vorläufige und zunächst (möglicherweise) noch unvollständige Spezifikation des Systemverhaltens ist als Menge von Petri-Netz-Fragmenten gegeben, die

mittels Simulation überprüft und bei Bedarf verbessert bzw. erweitert werden können. Zur Unterstützung der Kommunikation mit Endanwendern wurde die Animationskomponente erweitert, um die im Petri-Netz modellierten Vorgänge wirklichkeitsnah darzustellen. Wird etwa in einem Petri-Netz die Funktionsweise eines Fahrstuhls modelliert, so kann beim Schalten der entsprechenden Transitionen in der graphischen Animation ein Fahrstuhl angezeigt werden, dessen Türen sich öffnen und schließen, oder die Auf- und Abwärtsfahrt des Fahrstuhls kann dargestellt werden. Auf diese Weise können auch Endbenutzer in den Entwicklungsprozeß eingebunden werden, ohne sie direkt mit dem formalen Modell der Petri-Netze zu konfrontieren. Auch eine Visualisierung von Petri-Netzen und Markierungen mittels Icons (Piktogrammen) erwies sich als eine für Informatik-Laien recht brauchbare Darstellungsvariante von Petri-Netzen.

Eine experimentelle, in Smalltalk implementierte Steuerungskomponente, die eine Kopplung mehrerer Petri-Netz-Simulatoren sowie die Kopplung eines Petri-Netz-Simulators mit einem existierenden Anwendungsprogramm ermöglichen sollte [MoO92], erwies sich - u.a. wegen diverser Probleme bei der Verbindung von Prolog mit Smalltalk - als zu ineffizient. Neuere Pläne sehen eine Kopplung mittels TCP/IP vor, erste Experimente zeigten recht vielversprechende Resultate [OSW94b].

Die ursprünglich vorgesehene Parallelisierung der Simulation mittels Verwendung eines parallelen Prolog konnte nicht durchgeführt werden, da das vorgesehene Prolog-System nicht zur Verfügung stand. Derzeit werden Arbeiten durchgeführt, die unter Verwendung eines "Standard"-Prologsystems eine parallele Simulation des gleichen Petri-Netzes an mehreren vernetzten Workstations ermöglichen sollen.

Erste Experimente wurden im Hinblick auf die Verwendung eines Petri-Netz-Simulators als Kern eines Workflow-Managementsystems durchgeführt [Obe94].

2.3 Vorgehensmodell-Unterstützung

Während das Vorläuferprojekt INCOME nur implizit ein Vorgehensmodell für die Systementwicklung vorsah, bietet INCOME/STAR eine explizite Vorgehensmodellunterstützung im Sinne einer rechnergestützten Koordination von Tätigkeiten und Verwaltung von Resultaten (Dokumenten) an [SOS93]. Dazu werden Entwicklungsaktivitäten als höhere Petri-Netze und die entstehenden Dokumente als Schemata im semantisch-hierarchischen Datenmodell spezifiziert.

In der Vorgehensmodell-Komponente von INCOME/STAR sind mittlerweile die wichtigsten Aktivitäten als höhere Petri-Netze verfügbar. Instanzen dieser Aktivitäten können mit Hilfe des INCOME/STAR-Petri-Netz-Interpreters (*process engine*) interaktiv simuliert werden. Da für jedes Netz ein eigener Prozeß gestartet wird, ist es möglich, Aktivitäten parallel auszuführen.

Die vorhandenen Netze bilden das INCOME/STAR zugrundeliegende Vorgehensmodell ProMISE (*Process Model for Information Systems Evolution*) [OSS93c, Sch94, SOS94] ab. Es basiert im wesentlichen auf den in INCOME/STAR verwendeten Methoden, die in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht und durch neue Konzepte (Evolutionskonzept, Berücksichtigung von Verteilungsaspekten bzw. Unterstützung partizipativer Systementwicklungskonzepte, Wiederverwendung) ergänzt wurden. Um - wie im Arbeitsprogramm vorgesehen - die Durchführung von Wartungsmaßnahmen (Anpassung an veränderte Hardware- bzw. Software-Konfigurationen, funktionale Erweiterungen, Einbeziehung neuer Datentypen, Beseitigung von Design-, Implementierungs- und Logik-Fehlern etc.) ebenso zu unterstützen wie Neuentwicklungen, wurde ein evolutionärer Ansatz gewählt.

Neben dem menügesteuerten Zugriff auf vorgefertigte Netze ermöglicht die Vorgehensmodellkomponente auch eine Verzweigung zu den vorhandenen Netzeditoren, um ein manuelles Tailoring (= Anpassung des Vorgehensmodells an projektspezifische Gegebenheiten) zu ermöglichen, wobei die Auswirkungen dieser Veränderungen zunächst mit Hilfe der *process engine* simuliert und untersucht werden können.

Prinzipiell kann die Vorgehensmodellkomponente in zwei Varianten angeboten werden: mit oder ohne Editor-Zugriff. Damit kann gewährleistet werden, daß nur bestimmte Entwickler (*process owner*) Veränderungen am Vorgehensmodell vornehmen können.

Die Dokumentation des Vorgehensmodells soll über ein Hypertext-Interface während des Projektverlaufs in einer benutzerfreundlichen Form verfügbar gemacht werden. Im Rahmen einer Seminararbeit wurde ein erstes einfaches Hypertextsystem in Smalltalk realisiert, das anschließend im Rahmen einer Diplomarbeit [D32] erweitert wurde. Um den Aufwand in einem vertretbaren Rahmen zu halten, wurde zunächst nur für einzelne Phasen der Systementwicklung exemplarisch die Praktikabilität und der Nutzen der entwickelten Konzepte gezeigt.

Ursprüngliches Ziel war es, die Vorgehensmodell-Komponente austauschbar zu konzipieren, d.h. es sollte möglich sein, INCOME/STAR - je nach Bedarf - mit verschiedenen Vorgehens-

modellen einzusetzen. Dies ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn ein Software-Haus für verschiedene Auftraggeber nach unterschiedlichen Vorgehensmodellen Systeme entwickelt. Als erster Schritt zur Integration eines Vorgehensmodells wurde eine Sichtung verschiedener Vorgehensmodelle zur Software-Entwicklung (V-Modell der Bundesverwaltung, ISOTEC von Ploenzke, verschiedene IEEE-Standards) vorgenommen. Dazu war es nötig, den Dokumenten und Aktivitäten bestimmte im jeweiligen Vorgehensmodell vorgesehene Namen zuzuordnen. Als Grundlage für diese Zuordnung diente die IEEE-Vorgabe "IEEE Standard for Developing Software Life Cycle Processes". Dieser IEEE-Standard wurde als "Meta-Vorgehensmodell" verwendet, auf das die von INCOME/STAR unterstützten Vorgehensmodelle abgebildet werden sollten. Es sollten dann Abbildungen vom Meta-Vorgehensmodell auf das jeweils ausgewählte Ziel-Vorgehensmodell bereitgestellt werden. Bei der konkreten Umsetzung ergaben sich allerdings Schwierigkeiten, die in der Beschaffenheit der gewählten Vorgehensmodell-Standards begründet lagen: Sie erwiesen sich einerseits als zu detailliert, als daß eine vollständige Abbildung auf das Datenmodell bzw. die Petri-Netz-Strukturen im Rahmen einer prototypmäßigen Implementation mit vertretbarem Aufwand hätte realisiert werden können; andererseits blieben wegen der Mehrdeutigkeit "natürlichsprachlicher" Beschreibungen bei genauer Betrachtung viele Aspekte unklar und nicht eindeutig auf ein präzises, formales Modell abbildbar. Vorgehensmodell-Standards werden daher vorerst nur in sehr grober Form in INCOME/STAR als Alternative zu ProMISE integriert: Dokumente und Aktivitäten können beispielsweise entsprechend der Namenskonventionen im V-Modell benannt werden, eine weitergehende Ablaufunterstützung kann aber noch nicht angeboten werden.

2.4 Entwurf verteilter Datenbanken

Es wurde zunächst eine Übersicht über verteilte Datenbanken zusammengestellt, wobei sowohl der Forschungsbereich als auch der kommerzielle Bereich berücksichtigt wurden. Als Ergebnis der Studie wurde festgehalten, daß die Funktionalität der zur Zeit des Projektbeginns am Markt verfügbaren verteilten Datenbanksystem-Technologie im Vergleich zu den im Forschungsbereich bereits erzielten Resultaten noch recht eingeschränkt ist. Dies hängt u.a. mit der Update-Problematik bei Datenreplikation im verteilten Fall zusammen. Aufgrund fehlender Standards war es unseres Erachtens noch zu früh, die Implementation des geplanten expertensystemähnlichen Werkzeugs zur Konfiguration und Administration verteilter Anwendungssysteme zu beginnen.

Im Zusammenhang mit Verteilungsalgorithmen wurde eine Literatursammlung durchgeführt. Für einige Spezialfälle im Bereich der Lastverteilung konnten Erkenntnisse aus einem anderen Forschungsprojekt an unserem Institut genutzt werden⁵.

Im Rahmen einer Diplomarbeit [D15] wurde ein Petri-Netz-Simulationsmodell für verteilte Datenbanksysteme entwickelt, das es ermöglichen soll, unterschiedliche Entwurfsentscheidungen im Zusammenhang mit Datenallokation und -replikation simulativ zu validieren. Die Einsatzmöglichkeiten von Algorithmen zur Datenallokation und -fragmentierung wurden im Hinblick auf die Integration in INCOME/STAR geprüft. Dabei stellte sich heraus, daß einige Dokumente aus der Anforderungs- bzw. Entwurfsphase erweitert werden müssen, um die von den Algorithmen benötigten Informationen bereitstellen zu können. Anhand des Petri-Netz-Simulationsmodells (vgl. Abschnitt 2.2 "Simulation/Prototyping") konnten verschiedene Algorithmen - unter Berücksichtigung gewisser restriktiver Annahmen - miteinander verglichen werden.

Erfahrungen aus der Praxis haben allerdings gezeigt, daß eine große Nachfrage nach Werkzeugen für den Bottom-Up-Entwurf existiert, bei dem existierende Datenbanken integriert werden, ohne an der Daten- und Prozeßallokation etwas zu ändern. Eine sinnvolle Unterstützung bietet hier die Simulation in Verbindung mit Datenbank-Monitoring und nachfolgendem Datenbank-Tuning.

Implementationsarbeiten im Zusammenhang mit exemplarischen Realisierungen verteilter Datenbankanwendungen konnten nicht in dem geplanten Umfang durchgeführt werden, da die bereits für Frühjahr '93 angekündigte Version 7 des ORACLE-Datenbank-Managementsystems mit verschiedenen Features zur Unterstützung verteilter Datenhaltung erst Anfang 1994 in einer (halbwegs) stabilen Version vorlag. Bedingt durch fehlende Mittel (und fehlendes Personal zur Installation, Inbetriebnahme und Wartung) konnte auch kein alternatives Datenbank-Managementsystem beschafft werden.

2.5 Hypertext-Interface für Software-Entwicklungsdatenbanken

Die vorhandenen Graphikeditor- bzw. Formular- und Report-Schnittstellen für das INCOME/Dictionary sind nur unzureichend geeignet, um Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen

⁵ vgl. R. Richter: Über parallele Datenbanksysteme mit replizierten Basisdaten, Dissertation, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren, Universität Karlsruhe, 1993

Dokumenten nachzuvollziehen. Ein Hypertext-Interface soll es ermöglichen, Zusammenhänge in der Entwicklungsdatenbank über verschiedene Dokumente (Netze, ER-Diagramme, Startmarkierungen von Simulationsläufen, informale Anforderungsdokumente, Quelltexte, ...) hinweg zu verfolgen. Dabei muß an der Benutzeroberfläche eine graphische Visualisierung möglich sein, und zusätzlich muß intern eine Verwaltung der Links (Beziehungszeiger) unterstützt werden.

Zunächst wurde eine Übersicht über benötigte Knoten- und Link-Typen mit der jeweils bereitzustellenden Funktionalität erstellt [NeO92]. In einer Diplomarbeit [D1] wurden Möglichkeiten zur rechnergestützten Umsetzung von (linearen) Texten, z.B. Dokumentationen von Vorgehensmodellen, in Hypertext-Strukturen untersucht.

Eine Integration der graphischen Visualisierungskonzepte in INCOME bzw. ORACLE*CASE erwies sich als extrem aufwendig. Bedingt durch die fehlende Verfügbarkeit der Source-Codes der graphischen Editoren von ORACLE*CASE ergaben sich zusätzliche Probleme. Für die bereits fertiggestellten bzw. derzeit in Entwicklung befindlichen neuen graphischen Editoren wird demgegenüber eine Smalltalk-Realisierung der Hypertext-Benutzeroberfläche mit wesentlich weniger Aufwand möglich sein.

Die interne Verwaltung von Links kann in ORACLE*CASE teilweise über sogenannte Beziehungsmatrizen erfolgen. Für bestimmte Link-Typen sind bereits eigene Beziehungsmatrizen vorhanden, teilweise mußten auch Matrizen neu definiert werden. Eine Schnittstelle von Smalltalk zur ORACLE-Datenbank ermöglicht den Zugriff auf die Einträge in den Matrizen und damit eine graphische Visualisierung der entsprechenden Links.

Aus Zeitgründen konnte die Funktionalität des Hypertext-Interface bisher nur exemplarisch realisiert werden.

2.6 Methodische Grundlagen von Petri-Netzen und semantischer Datenmodellierung

2.6.1 NR/T-Netze

Das Konzept der NR/T-Netze (**NF²-Relationen/Transitionen-Netze**) stellt die zentrale methodische Neuentwicklung des INCOME/STAR-Projekts dar. Dabei handelt es sich um eine Erweiterung von Prädikate/Transitionen-Netzen (Pr/T-Netzen), die es ermöglicht, verteilte

Abläufe und komplexe Objektstrukturen in integrierter Form zu modellieren. Die Erweiterung ist "aufwärtskompatibel", d.h. jedes Pr/T-Netz kann auch als spezielles NR/T-Netz interpretiert werden. Werkzeugunterstützung für NR/T-Netze kann also auch für bereits vorhandene Pr/T-Netze eingesetzt werden. Bei der Verwendung herkömmlicher Pr/T-Netze kommt es immer dann zu Problemen, wenn diese in Kombination mit Datenmodellen eingesetzt wurden, die auch komplexe Objektstrukturen zulassen. Es ist beispielsweise nicht möglich, Nebenläufigkeit auf komplex strukturierten Objekten zu beschreiben. Falls Dokumente (z.B. Büroformulare, Stücklisten, Vorgangsmappen) in digitalisierter Form vorliegen, kann es aber durchaus vorkommen, daß unterschiedliche Sachbearbeiter gleichzeitig auf unterschiedliche Komponenten *desselben* Dokuments zugreifen.

Als Resultat der Projektarbeiten liegt mittlerweile eine umfangreiche Dokumentation mit den formalen Grundlagen von NR/T-Netzen vor [Obe93b, Obe95, ObS92c, ObS95, OSS92, OSS93a, OSS93b]. Die entwickelten Konzepte wurden bereits ansatzweise in der Werkzeugumgebung INCOME/STAR umgesetzt. Als erster Schritt dahin wurde - unter weitgehender Wiederverwendung von am Institut AIFB vorhandenem Smalltalk-Know-how im Graphik-Bereich - ein graphischer Editor für NR/T-Netze prototypmäßig implementiert. Der wichtigste Unterschied in der graphischen Darstellung von NR/T-Netzen zu herkömmlichen Pr/T-Netzen ist die Verwendung sogenannter Filtertabellen als Kantenbeschriftung. Filtertabellen repräsentieren den Selektionsmechanismus für die beim Schalten von Transitionen zu entfernenden bzw. einzufügenden Objekte.

Konzepte zur Erweiterung des vorhandenen Petri-Netz-Simulators für die Simulation von NR/T-Netzen wurden entwickelt: die Filtertabellen eines gegebenen NR/T-Netzes werden intern in Prolog-Ausdrücke umgewandelt, die von dem Simulator in seiner bisherigen Form verwertet werden können [D18].

Es wurde schließlich mit der methodischen Unterstützung zur schrittweisen Entwicklung komplexer Netzmodelle begonnen. Damit soll ein allgemeiner Mangel im Petri-Netz-Bereich behoben werden, der darin besteht, daß bisher zwar vielfältige Analyseverfahren entwickelt und untersucht wurden, gleichzeitig aber die methodische Unterstützung der schrittweisen, evolutionären Entwicklung von Netzmodellen vernachlässigt wurde.

2.6.2 ER-Clustering

Methodische Grundlagenarbeiten wurden auch im Zusammenhang mit dem Entity/Relationship-Modell (ER-Modell) durchgeführt. Es zeigte sich, daß es insbesondere beim Entwurf großer ER-Diagramme erforderlich ist, zur Unterstützung einer schrittweisen Vorgehensweise Verfeinerungs- und Vergrößerungstechniken für ER-Diagramme bereitzustellen. Solche Techniken werden zum Beispiel auch im semantisch-hierarchischen Datenmodell (SHM) eingesetzt. Basierend auf den bekannten Konzepten des "Nested Entity Relationship Model" und des "Entity Clustering" wurde ein Ansatz zum Entwurf wirklich großer ER-Diagramme entwickelt [JOS93]. Dieser erlaubt die Vergrößerung und Verfeinerung sowohl von Entities als auch von Relationships. Während sich die bisher bekannten Clustering-Ansätze lediglich zur vergrößerten Repräsentation eines detaillierten ER-Diagramms verwenden lassen, unterstützt die neue Technik den Entwurfsvorgang als solchen, und zwar sowohl bottom-up als auch top-down. Einsatzmöglichkeiten bieten sich insbesondere dann, wenn das ER-Modell in Verbindung mit Petri-Netzen zur konzeptuellen Modellierung eingesetzt wird. Analog zu Petri-Netz-Hierarchien können nun auch ER-Diagramm-Hierarchien erstellt werden.

Es wurde ein Ansatz entwickelt, der es erlaubt, die Stellen eines NR/T-Netzes durch hierarchisch strukturierte ER-Views, basierend auf einem herkömmlichen ER-Diagramm, zu beschreiben. Dabei wird SHM als Zwischendarstellung verwendet [JOS94]. Dieser Ansatz kann dahingehend erweitert werden, daß er die Hierarchisierung sowohl auf Petri-Netz-Seite als auch auf ER-Modell-Seite unterstützt.

2.7 Kooperative Systementwicklung

Die Entwicklung von Informationssystemen stellt bekanntermaßen eine komplexe Aufgabe dar, die an die Projektbeteiligten hohe Anforderungen stellt. Diese Anforderungen ergeben sich aus der ständig zunehmenden Informationsflut, die verarbeitet werden muß, und aus der fortschreitenden Spezialisierung des einzelnen Mitarbeiters. Um dennoch eine effiziente, kooperative Systementwicklung zu gewährleisten, ist eine geeignete Unterstützung der gemeinsamen Arbeit der Projektbeteiligten bereitzustellen. Die methodischen Grundlagen einer solchen Unterstützung und deren Umsetzung in entsprechende Werkzeuge ist Bestandteil des Forschungsgebietes CSCW (Computer-Supported Cooperative Work).

Im zweiten Projektjahr wurde mit ersten Arbeiten in diesem Bereich des INCOME/STAR-Projekts begonnen - u.a. auch beeinflusst durch Arbeiten anderer Gruppen im DFG-Schwer-

punktprogramm. Es wurde zunächst die Eignung verschiedener CSCW-Ansätze untersucht, die die individuelle Unterstützung des einzelnen Mitarbeiters unter Berücksichtigung der jeweiligen Gruppenziele ermöglichen sollen. Ausgehend von dieser Untersuchung wurde auf konzeptioneller Ebene ein Multi-Agenten-Ansatz namens RoCoMan (*Role Collaboration Manager*) entwickelt, der jeden Projektbeteiligten rollenspezifisch in seiner Entwicklungstätigkeit unterstützt. Die Rollen (z.B. Projektleiterin, Systemanalytiker, Programmiererin, Sekretär etc.) können aus dem verwendeten Vorgehensmodell, der projektspezifischen Aufbauorganisation oder der jeweiligen Ablauforganisation hervorgehen. Neben diesen projektspezifischen Rollen sind im Rahmen der Gruppenarbeit allgemeine, soziale Rollen zu beachten. Jeder Rolle sind Rollenerwartungen zugeordnet, die einen unterschiedlichen Verpflichtungsgrad (Muß-, Kann-, Soll-Verpflichtung) aufweisen. Ausgehend von diesen Rollenerwartungen ist jeder Projektbeteiligte in der Lage, seine Arbeitsumgebung in RoCoMan rollenspezifisch zu benutzen und diese gegebenenfalls anzupassen. Daneben ermöglicht RoCoMan auf Basis dieser Rollen die Unterstützung von Gruppenprozessen, wie z.B. die Durchführung von Problemlösungsprozessen mittels einer strukturierten Konversation, und die Verwaltung der Zugriffsberechtigung bezüglich gemeinsamer Daten.

Ausgehend von diesem Gesamtkonzept wurde in einem zweiten Schritt die Möglichkeit zur Unterstützung einer projektspezifischen Kommunikation untersucht, die auf allgemeinen Kommunikationsverläufen aufbaut. Als Ergebnis wurde ein Schichtenmodell der Kommunikation entwickelt, das ausgehend von elementaren Kommunikationseinheiten die Erstellung von allgemeinen Kommunikationsschemata und deren weitergehende Spezialisierung zu projektspezifischen Kommunikationsschemata ermöglicht. Dieses Schichtenmodell wird in RoCoMan für die Darstellung verschiedener Kommunikationsaspekte verwendet, wie z.B. die Kommunikation zwischen den Agenten.

Für den Bereich der Kommunikation wurde das Kommunikationsmodell MICONOS (*Model of Integrated COmmunicatioN Oriented NR/T-NetS*) konzipiert [ObW94, OSW94a, OWS94]. Aufbauend auf MICONOS wurde ein Prototyp implementiert, der auf Basis von sogenannten Konversationsdiagrammen die Durchführung einer E-Mail-basierten, sprechaktororientierten Kommunikation ermöglicht. Konversationsdiagramme basieren auf Petri-Netzen, so daß sie mit Hilfe der in INCOME/STAR verfügbaren Tools nach einem entsprechenden Transformationsvorgang bearbeitet werden können.

2.8 Praxiserprobung

Die ersten beiden Projektjahre waren überwiegend der Entwicklung von Methoden gewidmet, erst im dritten Projektjahr konnten die dazugehörigen Werkzeuge verstärkt realisiert werden. Eine Praxiserprobung im eigentlichen Sinn war daher im Rahmen der gekürzten Projektdauer von drei Jahren nur beschränkt möglich.

Ein internes Projekt zur Entwicklung eines Prüfungsverwaltungssystems am Institut AIFB (bisheriger Gesamtaufwand ca. zwei Personenjahre) wurde vollständig mit der INCOME- bzw. INCOME/STAR-Methodensammlung und -Werkzeugumgebung durchgeführt [JaS94]. Besonderes Augenmerk galt hierbei der Aufdeckung existierender Schwächen der bisherigen Konzepte.

In mehreren anderen kleineren Projekten mit externen Partnern des Instituts AIFB wurden allgemeine Praxisanforderungen an INCOME/STAR ermittelt, einzelne Methoden wurden projektbegleitend getestet.

Aus den praktischen Erfahrungen ergaben sich beispielsweise unmittelbare Rückkopplungen zum Bereich 6 "Methodische Grundlagen von Petri-Netzen und semantischer Datenmodellierung".

Ein generelles Problem beim Einsatz von INCOME in der Praxis stellte das Fehlen einer Werkzeugunterstützung für das eigentliche Projektmanagement dar. Eine große Nachfrage besteht nach integrierten Methoden und Werkzeugen für Planung, Überwachung und Steuerung des Ressourceneinsatzes in Verbindung mit einer CASE-Umgebung. Diese Werkzeuge sind allerdings erst für die späteren Ausbaustufen von INCOME/STAR vorgesehen.

Eine (eher wissenschaftlich ausgerichtete) Validierung der im Rahmen des Projekts entwickelten Methoden wurde auch im Rahmen der GI-Arbeitsgruppe "Vergleichende Analyse von Methoden aus den Bereichen Software Engineering, Information Systems Engineering und Knowledge Engineering" durchgeführt. Dabei wurde die bekannte IFIP-Fallstudie "Tagungsverwaltung" behandelt. Unsere Vorgehensweise wurde mit anderen Ansätzen aus den Bereichen Software Engineering, Knowledge Engineering und Information Systems Engineering verglichen.

Auf verschiedenen Veranstaltungen - u.a. im Rahmen der GI-Arbeitsgruppe "Petri-Netze und Informationssysteme in der Praxis" - wurde das INCOME/STAR-Projekt Praktikern vorge-

stellt. Die Konzepte stießen dabei durchweg auf großes Interesse in der Praxis, es konnten verschiedene Kontakte im Hinblick auf die Validierung der Konzepte geknüpft werden.

3 Zusammenfassung und Bewertung der wichtigsten Resultate

Im methodischen Bereich sind vier wichtige Neuerungen im INCOME/STAR-Projekt entwickelt worden:

- (i) ProMISE, ein evolutionäres Vorgehensmodell für kooperative Informationssystem-Entwicklung.
- (ii) NR/T-Netze, eine Erweiterung höherer Petri-Netze zur integrierten Modellierung von Geschäftsprozessen und komplexen Objekten.
- (iii) GTL, eine graphische Sprache für Simulationsdatenbanken.
- (iv) ER-Clustering, ein Verfahren zur Vergrößerung im Entity/Relationship-Modell.

Diese Konzepte wurden bereits auf verschiedenen nationalen und internationalen Tagungen vorgestellt (vgl. Anhang II: Veröffentlichungen im Projekt). Aus dem Projekt sind weiterhin ein nationaler [Obe92a] sowie drei internationale Zeitschriftenbeiträge [MOS93, ObS94a, OSS94] hervorgegangen. Zwei weitere Arbeiten werden in Kürze ebenfalls in internationalen Zeitschriften erscheinen [Obe95, ObS95].

Nachfolgend werden zunächst die Projektergebnisse im Hinblick auf die Projektziele bewertet. Es wird kurz über Kooperationen mit anderen Forschungsgruppen berichtet. Weiterhin wird eine Übersicht über im Laufe der Projektstätigkeit neu erkannte Problemstellungen gegeben, und schließlich werden in einem Ausblick (Kapitel 4) zwei neu initiierte Projekte vorgestellt, die unmittelbar an den Ergebnissen des INCOME/STAR-Projekts anknüpfen.

3.1 Bewertung der Projektergebnisse

In dem ursprünglichen Antrag auf Förderung des in diesem Bericht beschriebenen Projekts vom 29. Mai 1991 wurden umfangreiche allgemeine Ziele definiert, die auf Wunsch der Gutachter in den Fortsetzungsanträgen vom 25. August 1992 bzw. 22. Juli 1993 fokussiert und präzisiert worden sind. Im Rahmen dieser Projektbeurteilung orientieren wir uns an der Formulierung der Ziele aus diesen Folgeanträgen:

"Ziel des Projekts ist die Konzipierung und Durchführung einer prototypmäßigen Erweiterung des vorhandenen Entwurfswerkzeugs INCOME um Komponenten zur Unterstützung folgender Aspekte:

- a) Einbettung neu entwickelter Informationssysteme in eine vorhandene Umgebung.
- b) Wartung vorhandener Informationssysteme und Anpassung an Änderungen der Umgebung.
- c) Föderation von Informationssystemen.
- d) Übergang von zentralisierter zu verteilter Datenhaltung."

Das Projekt war ursprünglich auf 5 Jahre Gesamtlaufzeit bei zwei Mitarbeiterstellen ausgelegt. Eine weitreichende Einschränkung des ursprünglichen Arbeitsprogramms ergab sich aus der Tatsache, daß nur eine Stelle von der DFG gefördert wurde und daß außerdem die vorgesehene Projektdauer von 5 Jahren auf 3 Jahre beschränkt wurde. Durch Unterstützung zusätzlicher Mitarbeiter des Instituts konnte ein Großteil des geplanten Arbeitsprogramms dennoch durchgeführt werden, wenn auch teilweise mit etwas abgeänderter inhaltlicher Zielrichtung und entsprechend angepaßtem Arbeitsprogramm.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkung konnte das Projektziel weitgehend erreicht werden. Die in dem Projektziel genannten speziellen Aspekte a) und b) wurden u.a. durch das evolutionäre Vorgehensmodell ProMISE mit der entsprechenden methodischen Unterstützung behandelt. c) und d) werden insbesondere durch die Simulation mit Petri-Netz-Modellen berücksichtigt. Eine wichtige Voraussetzung dabei bildete die Entwicklung entsprechender Modellierungskonzepte (NR/T-Netze, ER-Clustering). Eine sinnvolle Ergänzung schließlich stellten die neu entwickelten Konzepte und Werkzeuge zur Unterstützung der Kooperation in Informationssystem-Entwicklungsprojekten dar.

3.2 Zusammenarbeit mit anderen Forschungsgruppen

Im akademischen Bereich haben verschiedene Gruppen Interesse an einem Einsatz der im Rahmen des INCOME/STAR-Projekts entwickelten Werkzeuge gezeigt, und zwar insbesondere am Petri-Netz-Simulator. Anfang 1995 wurde eine Version der Petri-Netz-Werkzeuge zur Verwendung durch andere Forschungsgruppen freigegeben.

Die schrittweise Ableitung von Petri-Netz-basierten Ablaufschemata aus anderen anwendungsnahen, diagrammartigen Ablaufbeschreibungen wurde in Verbindung mit Beschreibungssprachen anderer Gruppen aus dem laufenden DFG-Schwerpunktprogramm unter-

sucht, u.a. mit der Workflow-Beschreibungssprache aus der Gruppe von Prof. Nastansky in Paderborn sowie den Kunden/Lieferanten-Diagrammen, wie sie in der Gruppe von Prof. Krcmar in Hohenheim verwendet werden [EKO95a, EKO95b, EKO95c].

Über die Grenzen des Schwerpunktprogramms hinaus bestanden intensive Kontakte im Bereich methodischer Grundlagen der Simulation mit Petri-Netzen zur Arbeitsgruppe von Prof. Reisig / Dr. Desel (Humboldt-Universität Berlin). Eine enge Kooperation ergab sich auch im Zusammenhang mit Petri-Netz-Anwendungen im Bereich der Modellierung und verteilten Koordinierung von Produktionsabläufen (also speziellen betrieblichen Abläufen) mit Prof. Zelewski (Universität Leipzig).

3.3 Neu erkannte Fragestellungen

Im Rahmen der Projektstätigkeit ergaben sich eine ganze Reihe neuer Fragestellungen, die im folgenden kurz zusammengefaßt werden (und die teilweise bereits in neu initiierten Projekten bearbeitet werden):

- Einer flexiblen Anpassung betrieblicher Abläufe an veränderte Umweltbedingungen oder neue Markterfordernisse stehen oftmals starre Ablaufstrukturen betrieblicher Anwendungssysteme gegenüber. Daran haben Methoden und Vorgehensmodelle des Information Systems Engineering bisher nur wenig geändert. Abläufe sollten zukünftig nicht mehr - wie bisher - in den Anwendungssystemen "fest verdrahtet", sondern in einem flexiblen Ablaufschema modelliert werden, das als Grundlage für die Ablaufplanung, -überwachung und -steuerung dient. In diesem Zusammenhang können moderne Informations- und Kommunikationstechnologien (z.B. Workflow-Managementsysteme) zum Einsatz kommen.
- Die Modellierung der Zusammenhänge zwischen mehreren Abläufen und die adäquate Berücksichtigung dieser Zusammenhänge bei der Ausführung wird derzeit noch zu wenig beachtet. Workflow-Managementsysteme werden noch häufig als "Stand-alone-Technologie" eingesetzt, so daß "Ablaufinseln" entstehen können, die weitgehend isoliert nebeneinander existieren.
- Die dynamische Änderung von Ablaufschemata während ihrer Ausführung und Anpassung an veränderte Bedürfnisse ist noch nicht ausreichend untersucht worden. Es kann zwischen Änderungen, die nur für einen gerade durchgeführten Ablauf gelten sollen, und Änderungen, die für alle nachfolgenden Ausprägungen des Ablaufs gelten sollen, unterschieden werden. Im Zusammenhang mit der Durchführung von Änderungen an

gerade stattfindenden Abläufen ist noch ungeklärt, wie die am Ablauf mitwirkenden Aufgabenträger informiert bzw. am Entscheidungsprozeß über Änderungen beteiligt werden können. Es muß auch festgelegt werden, von wem und auf welche Weise Abläufe geändert werden dürfen. Dazu könnte ein abgestuftes Berechtigungskonzept für Änderungen eingesetzt werden. Über durchgeführte Änderungen muß ein Logbuch geführt werden, das eventuell auch ein Rückgängigmachen von Änderungen ermöglicht. Bei Bedarf (z.B. bei Kundenreklamationen) muß feststellbar sein, wie bestimmte Abläufe in der Vergangenheit ausgeführt wurden, d.h. es muß dokumentiert werden, inwieweit die konkrete Ausführung eines Ablaufs von der Standardausführung abgewichen ist. Bei umfangreichen Änderungen komplexer Abläufe muß auch die Migration zur neuen Ablaufvariante geeignet unterstützt werden.

- Es fehlt noch weitgehend eine methodische Unterstützung der Ablaufmodellierung im Hinblick auf unterschiedliche Verwendungsmöglichkeiten der entwickelten Ablaufschemata. Es muß noch methodische Unterstützung für die Entscheidung zwischen der Entwicklung von Individual-Software, dem Customizing betriebswirtschaftlicher Standard-Software und dem Einsatz eines Workflow-Managementsystems entwickelt werden.
- Ein Bedarf besteht auch noch in der Bereitstellung benutzerfreundlicher Konzepte zur Visualisierung von Petri-Netzen. Formale Petri-Netz-Modelle stoßen in der Praxis bei Nicht-Informatikern erfahrungsgemäß vielfach auf Unverständnis oder gar auf Ablehnung. Die Verwendung von Icons (Piktogrammen) und die Ersetzung formaler Beschriftungen durch natürlichsprachliche macht aber auch für den Laien ein Verständnis möglich. Auch bei der Simulation können diese benutzerfreundlichen Visualisierungsformen unterstützt werden.
- Ein Problem bei der Ablaufmodellierung mit Petri-Netzen liegt darin, daß im ursprünglichen Petri-Netz-Konzept nur vollständig strukturierte Abläufe beschrieben werden können. Unbestimmtheit im Ablaufschema ist nur im Zusammenhang mit Konflikten (d.h. Situationen, in denen unterschiedliche Aktivitäten um dasselbe Objekt konkurrieren) möglich, für die nicht angegeben werden muß, wie sie gelöst werden.
- Bei der Simulation mit Petri-Netzen sind verschiedene Probleme noch nicht ausreichend untersucht worden, z.B. im Zusammenhang mit der Zuverlässigkeit der durch Simulation

erhaltenen Aussagen, mit der Auswahl eines günstigen Startzustandes für die Simulation und mit einer adäquaten Berücksichtigung von Parallelität in den Simulationsmodellen.

- Derzeitige Entwicklungen im Bereich "öffentlicher Weitverkehrsnetze" wie WWW, T-Online, Compuserve etc. werden noch gar nicht durch konventionelle Methoden des Information Systems Engineering berücksichtigt. Es stellt sich die Frage, ob es sinnvoller ist, existierende Methoden entsprechend anzupassen, oder Methoden vollständig neu zu entwickeln.

4 Ausblick

Derzeit werden zwei Forschungsprojekte durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützt, die Anknüpfungspunkte zu dem hier beschriebenen Projekt besitzen: "Flexibles Management verteilter, kooperativer betrieblicher Abläufe" (Antragsteller: W. Stucky und A. Oberweis) als unmittelbares Fortsetzungsprojekt und "Verifikation von Informationssystemen durch Auswertung halbgeordneter Petri-Netz-Abläufe: theoretische Untersuchungen, Methodik und Werkzeug" (Antragsteller: J. Desel und A. Oberweis). Nachfolgend sind die wichtigsten Ziele dieser Projekte kurz zusammengefaßt.

4.1 Flexibles Management verteilter, kooperativer betrieblicher Abläufe

Es sollen Beschreibungskonzepte für verteilte, kooperative betriebliche Abläufe entwickelt werden, die von der Planungs- und Modellierungsphase bis hin zur Ausführungsphase eines Ablaufs durchgängig verwendet werden können. Soweit möglich sollen auch schwach strukturierte Abläufe, z.B. Kommunikationsabläufe, berücksichtigt werden.

Basierend auf diesen Beschreibungskonzepten soll ein Workflow-Managementsystem prototypmäßig implementiert werden; dabei soll ein vorhandener Petri-Netz-Interpreter als Ausgangsbasis für eine "Workflow-Engine" eingesetzt werden. Dieses Workflow-Managementsystem soll sowohl Ablauf- als auch Datenschema in integrierter Form enthalten. Beabsichtigt ist die Bereitstellung einer neuartigen prozeßorientierten Vorgehensweise bei der Entwicklung von Anwendungssystemen.

Die Idee zu dem Projekt "Ablaufunterstützung" ergab sich aus den Forschungsarbeiten im Vorgängerprojekt "Entwicklungsumgebung". Während im Vorgängerprojekt die Entwicklung betrieblicher, *datenbankgestützter* Anwendungssysteme betrachtet wurde, soll nun untersucht

werden, wie mit Workflow-Managementsystemen flexible Anwendungssysteme entwickelt werden können.

4.2 Verifikation von Informationssystemen durch Auswertung halbgeordneter Petri-Netz-Abläufe: theoretische Untersuchungen, Methodik und Werkzeug

Die Verifikation von Informationssystemen bzw. ihrer formalen Modelle durch Simulation scheitert oft an der Nicht-Beherrschung der großen Zahl verschiedener Ausführungsfolgen. Dies gilt verstärkt für verteilte Informationssysteme: Die Anzahl der Abläufe wächst dort i.a. exponentiell mit dem Grad der Nebenläufigkeit. Die systematische Konstruktion und Analyse der entsprechend den Kausalitätsbeziehungen halbgeordneten Abläufe überwindet dieses Problem.

In dem hier beschriebenen Projekt werden Modelle von Informationssystemen und ihre Abläufe durch höhere Petrinetze beschrieben. Für die Formulierung von geforderten dynamischen Systemeigenschaften wird eine anschauliche graphische Spezifikationsprache entwickelt, deren Ausdrücke im Netzmodell integriert sind, und die ohne Verwendung eines zusätzlichen Formalismus wie der "Kästchensprache" der temporalen Logik auskommt. Es werden Spezifikationen unterstützt, die kausal aufeinanderfolgende Ereignisse (bzw. lokale Zustände) fordern oder verbieten, was in herkömmlichen - auf Sequenzen und globalen Zuständen basierenden - Spezifikationsmethoden nicht möglich ist.

Ziel dieses Projekts ist es, - im Rahmen einer Methodik zur evolutionären Informationssystementwicklung - werkzeugunterstützt Systemeigenschaften formulieren zu können und diese (halb-) automatisch durch Simulation und Analyse der Abläufe zu verifizieren.

Anhang I Projektdaten

Vorgängerprojekt:

INCOME (Interactive Net-based Conceptual Modelling Environment)

(DFG-Kennzeichen Stu 98/6)

Start des DFG-Projekts im Schwerpunktprogramm "Interaktive betriebswirtschaftliche Informations- und Steuerungssysteme" am 1. Januar 1985.

Ende des Schwerpunktprogramms am 31. Dezember 1989.

Fortsetzung der Arbeiten am Projekt INCOME mit DFG-Mitteln bis 15. Februar 1991.

Leitung des Projekts INCOME: Prof. Dr. Georg Lausen (bis Ende 1985)

Prof. Dr. Wolfried Stucky (über die gesamte Projektdauer)

Projekt INCOME/STAR - Rechnergestützte Wartungs- und Entwicklungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme

(DFG-Kennzeichen Stu 98/9)

Start des Projekts INCOME/STAR im Oktober 1991. Förderung durch die DFG unter dem Kennwort "Entwicklungsumgebung" im Schwerpunktprogramm "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" seit 1. April 1992.

Abschluß des Projekts am 30. März 1995.

Projektgruppe INCOME/STAR:

Antragsteller/Projektleitung:

Prof. Dr. Wolffried Stucky

PD Dr. Andreas Oberweis

Mitarbeiter:

Peter Jaeschke (DFG-Mittel, August 1993 bis März 1994)

Thomas Mochel (bis September 1993)

Hans Richter (DFG-Mittel, seit April 1994)

Volker Sänger

Wolfgang Weitz

Thomas Wendel (Stipendiat/Doktorand)

Gabriele Scherrer (DFG-Mittel, April 1992 bis Juli 1993)

Wiss. Hilfskräfte:

Hans Richter (DFG-Mittel, bis März 1994)

Stefan Eberle (DFG-Mittel, bis Dezember 1993)

Volker Jürgensen (DFG-Mittel, ab April 1994)

Robert Schmidthals (DFG-Mittel, ab Juli 1994)

Diplomanden

(vgl. Anhang IV.3)

Anhang II Veröffentlichungen im Projekt

[ALO93] J. Angele, D. Landes, A. Oberweis, R. Studer: Vorgehensmodelle und Methoden zur Systementwicklung, in: H. Reichel (Hrsg.): Informatik - Wirtschaft - Gesellschaft, Proc. 23. GI Jahrestagung 1993, Springer-Verlag, September 1993, S. 232-238

[DeO94] J. Desel, A. Oberweis: Validierung von Informationssystemen durch Auswertung halbgeordneter Petrinetz-Simulationsläufe, in: U. Lipeck, G. Vossen (Hrsg.): Proc. Workshop Formale Grundlagen für den Entwurf von Informationssystemen, Tutzing, Informatik-Berichte Nr. 03/94, Universität Hannover, Mai 1994, S. 132-138

Häufig werden Petrinetze zur Modellierung des Verhaltens von (verteilten) Informationssystemen vorgeschlagen. Für Petrinetz-Modelle können mittels Simulation dynamische Eigenschaften überprüft werden. Konventionelle Simulatoren erzeugen i.a. Schalt- bzw. Schrittfolgen (die bzgl. der stattgefundenen Ereignisse vollständig geordnet sind) und bieten nur unzureichende Möglichkeiten zur Untersuchung nebenläufigen bzw. verteilten Systemverhaltens.

In dieser Arbeit wird ein auf Halbordnungen von Ereignissen basierendes Konzept zur Simulation von Petrinetz-Modellen beschrieben. Es werden Konstrukte einer graphischen Anfragesprache für die Auswertung halbgeordneter Simulationsläufe vorgestellt. Außerdem werden Grenzen der simulativen Validierung von Systemeigenschaften diskutiert.

[EKO95a] P. Elgass, H. Krcmar, A. Oberweis: Business process modeling - from informal to formal process representations, in: G. Doukidis, R. Galliers, T. Jelassi, H. Krcmar, F. Land (Hrsg.): Proc. European Conference on Informations Systems, ECIS '95, Athen/Griechenland, Juni 1995, S. 955-961

In this paper we propose a concept for the stepwise development of formal business process models, starting from a semi-formal process model represented by customer/supplier-relationship diagrams. These diagrams focus on communication features of business processes and stress aspects like customers' requirements and satisfaction. They are especially useful at the early stages of process modeling, when the process is to be structured. The formal process model on the other hand is based on high-level Petri nets, which allow an integrated, procedural description of object and behaviour related aspects. Additionally, business rules can be declaratively expressed in Petri nets. The formal process model is directly executable. It can be evaluated by means of simulation and formal analysis and can also serve as basis for later implementation.

[EKO95b] P. Elgass, H. Krcmar, A. Oberweis: Von der informalen zur formalen Geschäftsprozeßmodellierung, erscheint in: J.B. Becker, G. Vossen (Hrsg.): Geschäftsprozeßmodellierung und Workflow-Management, 1995

Im Rahmen des seit Anfang 1992 laufenden DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" haben sich die beiden Forschungsprojekte CUVIMA (Computerunterstützung verteilter Informationsmanagementaufgaben) an der Universität Hohenheim und INCOME/STAR an der Universität Karlsruhe mit der Modellierung und Gestaltung von Geschäftsprozessen befaßt.

Zwischen beiden Projekten wurde eine Kooperation mit dem Ziel der Bereitstellung einer gemeinsamen Schnittstelle im methodischen Bereich angestrebt. Fokus der Zusammenarbeit war es daher, den Aspekt der methodisch durchgängigen Planung von Geschäftsprozessen herauszugreifen und ein mehrstufiges evolutionäres Vorgehensmodell für die Prozeßmodellierung zu entwickeln, das eine sukzessive, semiautomatische Transformation von informal definierten Prozeßmodellen über semiformale, mittels des Kunden-Lieferanten-Ansatzes entwickelte Prozeßmodelle in formale, auf der Petri-Netz-Theorie basierende Prozeßmodelle ermöglicht.

[EKO95c] P. Elgass, H. Krcmar, A. Oberweis: Geschäftsprozeßmodellierung: Von der informalen Prozeßstruktur zum formalen Ablaufmodell, in: Proc. Gemeinsames Treffen der GI-Fachgruppen EMISA und MobIS, Münster, Oktober 1994, *EMISA FORUM*, Heft 1, 1995, S. 39-41

[Jae94] P. Jaeschke: Eine integrierte CASE-Umgebung zur Entwicklung von Informationssystemen: Ein Erfahrungsbericht, *EMISA FORUM*, Heft 1, 1994, S. 38-42

[Jae95a] P. Jaeschke: Bedeutung und Einsatz eines integrierten Ansatzes zur Analyse, Simulation und Realisierung von Geschäftsprozessen, *EMISA FORUM*, Heft 1, 1995, S. 44-47

[Jae95b] P. Jaeschke: Geschäftsprozessmodellierung mit INCOME, erscheint in: J. Becker, G. Vossen (Hrsg.): Geschäftsprozeßmodellierung und Workflows, International Thompson Publishing, 1995

Es wird eine tool-unterstützte Methode vorgestellt, welche die effiziente Gestaltung von Geschäftsprozessen fördert und die vergleichende Analyse und Bewertung der modellierten Abläufe ermöglicht. INCOME umfaßt eine Methode und Tools zur *Analyse*, *Simulation* und *Realisierung* von Geschäftsprozessen. Außerdem wird gezeigt, wie diese Methode und ihre Ergebnisse als Grundlage für einen gängigen Ansatz zum Entwurf und zur Realisierung von Informationssystemen dienen und ohne Bruch bzgl. der eingesetzten Techniken oder Methoden weiterverwendet werden können.

Die Modellierung und Simulation von Geschäftsprozessen kann unter den unterschiedlichsten Zielsetzungen erfolgen: Business Reengineering, Optimierung und Verbesserung, Qualitätssicherung, Anwendungsentwicklung, Einführung von Standard-Software, Simulationsstudien.

[Jae95c] P. Jaeschke: Realisierung von effizienten Geschäftsprozessen, erscheint in: E. Stickel (Hrsg.): Tagungsband Informationstechnik und Organisation, B.G. Teubner Verlag, Stuttgart, 1995

Es wird die tool-unterstützte INCOME/Methode vorgestellt, welche die effiziente Gestaltung von Geschäftsprozessen fördert und die vergleichende Analyse und Bewertung der modellierten Abläufe ermöglicht. Die Methode und ihre Ergebnisse können als Grundlage für den Entwurf und die Realisierung von Informationssystemen dienen.

Die Modellierung und die Simulation von Geschäftsprozessen erfolgt unter den unterschiedlichsten Zielsetzungen: Strategische Informationssystemplanung, Business Reengineering, Optimierung und Verbesserung, Qualitätssicherung, Anwendungsentwicklung, Einführung von Standardsoftware.

[JaS93] P. Jaeschke, W. Stucky: From conceptual to logical database design, Universität Karlsruhe, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren, Forschungsbericht 282, Karlsruhe, November 1993

The design of relational databases usually consists of three stages: modelling the conceptual scheme - e.g. using the entity relationship approach -, mapping the conceptual scheme to a logical scheme - using the relational model -, normalising the logical scheme -. Most of the CASE-tools which support the Information Engineering approach that is widely accepted in practice use the binary entity relationship approach. Other tools support variants of the entity relationship approach.

In this paper a *multilevel design process* is proposed which uses different entity relationship approaches as stages of a straight and continuous way from conceptual to logical database design. It starts with an extended ER scheme providing rich semantics and ends with a normalised binary ER scheme which can directly be mapped to a relational database scheme. For normalisation at ER level the synthesis algorithm of [Bern76, BiDB79] is transferred from the relational data model to an extended entity relationship approach.

The approach proposed in this paper can be the basis of a tool supporting the communication between different designer groups which use different ER approaches as well as it can be the basis of a tool which integrates multiple database schemes modelled with different ER models.

- [JaS94] P. Jaeschke, W. Stucky: An integrated tool for information system development: practical experience, Universität Karlsruhe, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren, Forschungsbericht 297, Karlsruhe, April 1994

At our institute at the University of Karlsruhe an information system to administrate examinations has been developed. It has been chosen as pilot project for testing an integrated CASE environment: Oracle CASE and INCOME. The system has been implemented as Oracle database application using the 4GL tools of Oracle.

The methodology used for the system development is based on the Oracle CASE Method respectively on the Information Engineering Approach. The development process is organised in four stages: strategy, analysis, system design and construction. All stages are supported continuously by the selected CASE tools.

The individual stages of the development methodology and the transitions between them are represented. We discuss the benefits and the disadvantages of the tools as well as of the methodology in the different stages. In addition to that, improvements will be proposed.

- [JOS93] P. Jaeschke, A. Oberweis, W. Stucky: Extending ER model clustering by relationship clustering, in: R. Elmasri, V. Kouramajian (Hrsg.): Proc. 12th International Conference on the Entity Relationship Approach ER93, Arlington/Texas, Dezember 1993, S. 447-459

The entity relationship approach is a widely accepted method for conceptual database design. However, some problems arise if ER modelling is applied to the design of really large databases concerning whole enterprises. There is, e.g., no way to obtain a general view nor to perceive the global context of a detailed enterprise scheme with hundreds of entity and relationship types.

Different approaches use the method of ER model clustering to overcome these problems. Whole sections of the detailed diagram are mapped into so-called entity-clusters, which are presented as (complex) entity types in a higher level ER diagram. All approaches are based on an already existing detailed ER diagram. Based on this, the abstraction layers are built bottom-up.

The approach proposed in this paper refines and extends the approaches mentioned above. It also takes into account the Nested Entity Relationship Model in order to refine relationship types. It can be used in a top-down database design process as well as in a bottom-up approach. Furthermore standard diagrams for industry branches can be designed and individually refined for a specific enterprise.

- [JOS94] P. Jaeschke, A. Oberweis, W. Stucky: Deriving complex structured object types for business process modelling, in: P. Loucopoulos (Hrsg.): Proc. 13th International Conference on the Entity-Relationship Approach ER94, Business Modelling and Re-Engineering, Manchester/Großbritannien, Springer-Verlag, Dezember 1994, S. 28-45

To build efficient information systems it is important to understand and to optimize the business processes which should be supported. INCOME/STAR is an integrated environment for the cooperative development of large, distributed information systems. INCOME/STAR supports the conceptual modelling of structural system aspects by the entity relationship model and of dynamic system aspects by high level Petri nets. This combination provides a powerful concept for the integrated modelling of business processes.

The behaviour of the complex object types within business processes can be described by a new variant of Petri nets, so-called Nested Relation/Transition-Nets. In this paper we suggest a new concept for the derivation of complex structured object types to be used for business process modelling. Complex object types can be interpreted as views on a given global entity relationship scheme. We give rules how to derive such complex object types from the global scheme and represent them as object types in a semantic hierarchy model as well as in an extended ER model.

[LÖS94] P. Löhr, G. Scherrer: Software Engineering - Methoden und Vorgehensmodelle, *EMISA FORUM*, Heft 2, 1994, S. 80-82

[MoO92] T. Mochel, A. Oberweis: An object oriented concept for the simulation of embedded systems, in: J. Stephenson (Hrsg.): Proc. European Simulation Multiconference 92, York/Großbritannien, Juni 1992, S. 251-255

Simulation based validation of an embedded system's behaviour is a difficult task: such systems generally consist of many different components, each having a behaviour of its own, and each component communicating with other components and/or its environment.

In this paper we propose an object oriented simulation concept for the validation of embedded systems behaviour. For each specified system component and for the environment an own simulation controller is provided. If some system components already exist, the simulators of the other components may be coupled to them. It is also possible to couple the simulator directly to the environment by providing special input/output channels.

[MOS92a] T. Mochel, A. Oberweis, V. Sänger: An approach to the simulation of heterogeneous systems, in: A. Sydow (Hrsg.): Proc. 4th Int. Symposium on Systems Analysis and Simulation, Berlin, August 1992, Elsevier Sciences Publishers, 1992, S. 417-422

Heterogeneous systems (e.g. in an office environment) consist of components that may differ from each other with respect to user interfaces, communication protocols, operating systems, data formats and types of operation. During design each component is specified in a description language which is most appropriate for the specific component. Usually some components of a system already exist and must be integrated. Furthermore the whole system is embedded into an existing environment.

This paper deals with the application of simulation to support the design process of heterogeneous systems. The described simulation tool is part of INCOME/STAR, an environment for the design and maintenance of large distributed information and control systems.

[MOS92b] T. Mochel, A. Oberweis, W. Stucky: An open simulation environment for the validation of embedded system designs, in: F. Maceri, G. Iazeolla (Hrsg.): Proc. EUROSIM Conference 1992, Capri/Italien, September/Oktober 1992, Elsevier Sciences Publishers, 1993, S. 501-506

Simulation can be used at the design stage of an embedded system for the validation of system design fragments with respect to user requirements. The system behaviour must be checked for different possible behaviours of its environment.

In this paper we propose an open Petri net simulation concept for the simulation of embedded systems. Components (i.e. hardware and software systems) in the environment may be coupled to the simulator via special interfaces.

The concepts described here are integrated into INCOME/STAR, which is an environment for the development and maintenance of large, distributed information systems.

[MOS93] T. Mochel, A. Oberweis, V. Sänger: INCOME/STAR: The Petri net simulation concepts, *Systems Analysis - Modelling - Simulation, Journal of Mathematical Modelling and Simulation in Systems Analysis*, Vol. 13, 1993, S. 21-36

This paper describes the Petri net simulation concepts of INCOME/STAR which is an integrated environment for the development and maintenance of large distributed information and control systems.

Simulation with INCOME/STAR supports an evolutionary system development process: A system behaviour specification which is given as a set of high level Petri nets is validated by simulation and (if necessary) iteratively adopted to the system requirements. In INCOME/STAR Petri net simulation models may contain special rule based constructs which prescribe the required system behaviour in a

declarative way. For the simulation of federations of information and control systems it is possible to couple different simulators to each other or to couple simulators to external hardware or software devices. The evaluation of simulation data is supported by a graphical query facility, which allows to specify queries with respect to large Petri net simulation runs.

- [NeO92] S. Neubert, A. Oberweis: Einsatzmöglichkeiten von Hypertext beim Software Engineering und Knowledge Engineering, in: R. Cordes, N. Streitz (Hrsg.): Proc. Hypertext und Hypermedia 92, München, *Informatik aktuell*, Springer-Verlag, September 1992, S. 162-174

In diesem Beitrag wird untersucht, inwieweit Hypertext sowohl beim Software Engineering (SE) als auch beim Knowledge Engineering (KE) Unterstützung bieten kann. Dabei wird im Gegensatz zu bisher existierenden Ansätzen nicht isoliert nur eine einzelne Phase des Entwicklungsprozesses wie z. B. die der Anforderungsdefinition und -analyse oder der Wartung betrachtet, sondern die Umsetzungsmöglichkeiten von Hypertext werden sowohl in jeder Phase als auch phasenübergreifend vorgestellt. Hierbei wird festgestellt, daß SE und KE vielfach in analoger Weise unterstützt werden können.

- [NOS92] T. Németh, A. Oberweis, F. Schönthaler, W. Stucky: INCOME: Arbeitsplatz für den Programmentwurf interaktiver betrieblicher Informationssysteme, Universität Karlsruhe, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren, Forschungsbericht 251, Karlsruhe, August 1992

INCOME, ein Arbeitsplatz für den Programmentwurf interaktiver betrieblicher Steuerungssysteme, ist von 1985 bis 1991 im Rahmen eines teilweise von der DFG geförderten Projektes am Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren der Universität Karlsruhe konzipiert und prototypmäßig implementiert worden. Seit 1990 bilden die im Forschungsprojekt erarbeiteten Methoden von INCOME die Grundlage für ein von der PROMATIS Informatik weiterentwickeltes und vertriebenes kommerzielles Produkt.

Dieser Forschungsbericht gibt eine Zusammenfassung der Projektergebnisse. Es wird eine Übersicht über die INCOME Entwicklungsstrategie gegeben. Den Kern dieser Strategie bilden Instrumente zur konzeptuellen Modellierung und zum Rapid Prototyping der zu entwickelnden Applikation. Charakteristisch für INCOME ist die Verwendung von Petri-Netzen als einheitliches graphisches Beschreibungsmittel für alle relevanten Systemaspekte.

- [Obe92a] A. Oberweis: Spezifikation von Mechanismen zur Ausnahmebehandlung mit Petri-Netzen, *at Automatisierungstechnik*, Vol. 40, 1992, S. 21-30

Ausnahmen (Exceptions) sind irreguläre Ereignisse oder Fehlersituationen, die beim Betrieb eines Systems auftreten können. Um die Zuverlässigkeit von Systemen zur Automatisierung technischer Anlagen zu gewährleisten, müssen ausreichende Mechanismen zur Ausnahmebehandlung vorgesehen werden.

In dieser Arbeit werden Konzepte zur Einbeziehung der Ausnahmebehandlung (Exception-Handling) beim Requirements Engineering für Automatisierungssysteme beschrieben. Als Spezifikationssprache werden höhere Petri-Netze (Prädikate/Transitionen-Netze) verwendet. Es werden Möglichkeiten zu einer simulationsgestützten Validierung von Exception-Handling-Mechanismen vorgestellt. Diese Konzepte sind in einen existierenden Petri-Netz-Simulator integriert worden.

- [Obe92b] A. Oberweis: Exception-Handling in Software-Systemen, in: H. Schmeck, W. Stucky, R. Studer (Hrsg.): Jahresbericht 1991, Universität Karlsruhe, Institut AIFB, Forschungsbericht 247, Karlsruhe, April 1992

- [Obe93a] A. Oberweis: Querbezüge des Knowledge Engineering zu Methoden des Software Engineering und der Entwicklung von Informationssystemen (aus Sicht des

Information Systems Engineering), in: J. Angele, R. Studer (Hrsg.): Proc. Workshop Querbezüge des Knowledge Engineering zu Methoden des Software Engineering und der Entwicklung von Informationssystemen, Hamburg, Februar 1993, S. 13-18

- [Obe93b] A. Oberweis: Modelling the synchronization of operations on complex structured objects in distributed information systems, in: A.R. Hevner, N.N. Kamel (Hrsg.): Proc. 3rd Workshop on Information Technologies and Systems WITS'93, Orlando/Florida, Dezember 1993, S. 196-205

In this paper an extension of high level Petri nets, namely nested relation/transition nets (NR/T-nets), is discussed. This novel type of nets allows to model the synchronisation of operations on complex structured objects in distributed environments. Synchronisation aspects are especially important for the design of non-standard information systems, e.g., in the office area or in technical environments. Due to their complexity high level Petri net behaviour models are usually not developed in one single step. Therefore two evolutionary development strategies are introduced: on the one hand stepwise construction by iteratively evaluating, refining, formalizing and integrating net fragments, on the other hand stepwise adaptation of standard behaviour models. The described concepts are currently integrated into a commercially available information system development workbench.

- [Obe94] A. Oberweis: Workflow management in software engineering projects, in: S. Medhat (Hrsg.): Proc. of the 2nd International Conference on Concurrent Engineering and Electronic Design Automation, Bournemouth/Großbritannien, April 1994, S. 55-60

Large software engineering projects require computer support for collaborative development work. An efficient management of the flow of work items between different people or different groups of people is an important prerequisite for a successful software engineering project. Workflow management in a software engineering project must include planning and modelling of development activities, resource allocation, monitoring and control of activities, and support of collaborative work.

- [Obe95] A. Oberweis: An Integrated Approach for the Specification of Processes and Related Complex Structured Objects in Business Applications, erscheint in: *Decision Support Systems*

An extension of high-level Petri nets, namely nested relation/transition nets (NR/T-nets), is described. NR/T-nets allow to model distributed processes and related complex structured objects in business applications.

The paper focuses on the development of complex NR/T-net models. Due to their complexity high-level Petri net models are usually not developed in one single step. Therefore two evolutionary development strategies are introduced: on the one hand incremental construction by iteratively evaluating, refining, formalizing and integrating net fragments, on the other hand adaptation of application-specific reference process and object models.

- [ObS92a] A. Oberweis, W. Stucky: Rechnergestützte Entwicklungs- und Wartungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme - Eine Projektübersicht, Universität Karlsruhe, Institut AIFB, Forschungsbericht 238, Karlsruhe, Januar 1992

Ziel des in dieser Arbeit beschriebenen Projektes ist die Konzeption und prototypmäßige Implementation einer Entwicklungs- und Wartungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme. Ausgangsbasis bildet INCOME, ein bereits existierendes Werkzeug für den konzeptuellen Entwurf von Informationssystemen, das im Rahmen des von der DFG geförderten Projektes "Programmwurf" (Stu 98/6) realisiert worden ist. INCOME deckt die frühen Phasen der Systementwicklung ab, wobei von Implementationsaspekten bewußt abstrahiert wird. Demgegenüber sollen in diesem Projekt Methoden und Tools für die nachfolgenden Entwicklungsschritte konzipiert werden, und zwar unter besonderer Berücksichtigung heterogener, verteilter Zielumgebungen, wie

sie etwa moderne vernetzte Datenbankarchitekturen darstellen. Es soll nicht nur die Gestaltung vollständig neuer Systeme unterstützt werden, sondern auch die Einbettung neuer Systemkomponenten in vorhandenen Hardware- und Software-Strukturen. Ein zentraler Aspekt ist hier das Problem der Beherrschbarkeit gewachsener, komplexer Systeme, das sich immer dann stellt, wenn Wartungsmaßnahmen oder Systemerweiterungen durchgeführt werden sollen. Das Projekt wird seit Januar 1992 unter dem Kennzeichen Stu 98/9-1 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft" gefördert.

[ObS92b] A. Oberweis, V. Sänger: Evolutionary system development: An approach based on Petri net simulation, in: J. Stephenson (Hrsg.): Proc. European Simulation Multi-conference 92, York/Großbritannien, Juni 1992, S. 172-176

In this paper we propose a method for the stepwise refinement of system models based on Petri nets. In the first step only regular system behaviour is considered and the corresponding net fragments are verified by simulation. In the following steps the irregular system procedures are considered and integrated into the model. After a certain number of refining steps each one supported by simulative verification of the refined Petri nets a complete system model is finally obtained.

[ObS92c] A. Oberweis, P. Sander: The specification of complex object behaviour by high-level Petri nets, Universität Karlsruhe, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren, Forschungsbericht 254, Karlsruhe, Oktober 1992

The conceptual scheme of an information system should include a description of the structural system aspects as well as a description of the system behaviour. In this paper we show how this can be achieved by high level Petri nets. By the so-called NR/T nets (Nested Relation/Transition nets) the structural part is modelled by nested relations and the behavioural part is modelled by a novel net formalism. In this approach each place of a net represents a nested relation scheme, and the marking of each place is given as a nested relation of the respective type. Insert- and delete-operations may not only operate on whole tuples. Arcs of a net are inscribed with so-called Filter Tables which allow (together with an optional logical expression as transition inscription) to formulate conditions on the specified (sub-) tuples. The occurrence rule for NR/T-net transitions is defined by the operations union, intersection and "negative" in lattices of nested relations. The structure of an NR/T-Net together with the occurrence rule defines classes of possible system procedures, i.e. sequences of (possibly concurrent) operations in an NF2-database application.

[ObS92d] A. Oberweis, V. Sänger: Graphical query facility for large Petri net simulation runs, in: F. Maceri, G. Iazeolla (Hrsg.): Proc. EUROSIM Conference 1992, Capri/Italien, September/Oktobre 1992, Elsevier Sciences Publishers, 1993, S. 515-520

Large systems require large simulation models, e.g. Petri nets consisting of very much places and transitions. The simulation of such models produces simulation runs that cannot be analyzed manually anymore. A simulation run for a Petri net e.g. may consist of thousands of transition occurrences.

In this paper we propose a graphical query language for large Petri net simulation runs. This query language allows to analyze a given simulation run with respect to certain behaviour patterns, e.g. exceptional situations or transition sequences.

[ObS93a] A. Oberweis, F. Schönthaler: Simulation datenbankgestützter Automatisierungssysteme mit INCOME, in: E. Schnieder (Hrsg.): Proc. 3. Fachtagung Entwurf komplexer Automatisierungssysteme, Methoden, Anwendungen und Tools auf der Basis von Petri-Netzen und anderer formaler Beschreibungsmittel, Braunschweig, Mai 1993, S. 317-333

INCOME ist ein CASE-Tool zur Entwicklung datenbankgestützter Automatisierungssysteme. Wichtiges Charakteristikum ist die methodische und funktionale Integration in die repository-basierte CASE*-Umgebung der ORACLE Corp.

Bestandteil von INCOME ist ein Simulator für höhere Petri-Netze (Prädikat/Transitions-Netze), der eine evolutionäre Vorgehensweise zur Modellierung von Systemverhalten mittels Petri-Netzen unterstützt. In dieser Arbeit wird zunächst die Funktionalität dieses Simulators beschrieben.

Den Schwerpunkt der Arbeit bildet eine Übersicht über Non-Standard-Features, die gegenwärtig in den INCOME/Simulator integriert werden. Dazu gehören eine Hypermedia-Benutzeroberfläche, Kopplungskonzepte für Simulatoren sowie die Unterstützung einer neuartigen benutzerfreundlichen Beschriftungssprache für höhere Petri-Netze.

- [Obs93b] A. Oberweis, V. Sänger: Simulation and analysis of information system behaviour models, in: A. Verbraeck, E.J.H. Kerckhoffs (Hrsg.): Proc. European Simulation Symposium ESS93, Delft/Niederlande, Oktober 1993, S. 5-10

The development of a behaviour model is an important step of information system design. For the representation of behaviour models high level Petri nets are widely accepted. As those nets are sometimes difficult to design, an evolutionary process for their development is introduced in this paper.

First a preliminary and possibly incomplete net is to be designed. Then the net is simulated and analysed by a novel graphical query language with a temporal dimension (GTL). Improvements and corrections are integrated into the Petri net model. The same procedure is executed for the resulting net, probably in several cycles, until the system behaviour is modeled adequately.

- [Obs94a] A. Oberweis, V. Sänger: Graphical query language for simulation runs, *Journal of Microcomputer Applications*, Vol.17, 1994

In this paper we propose a graphical query language to analyse simulation runs which are stored in databases with a temporal dimension. A simulation run is a sequence of system states produced by discrete simulation. It may become very large such that manual analysis based on database browsing is not feasible anymore. Hence simulation databases require a specific query language to analyse the simulation data. Queries may be related to single states (e.g. Is there a state where condition c1 holds?) or to state sequences (e.g. Is there a state sequence, where first c1 holds, then c2 and finally c3?).

An existing Petri net simulation environment has been extended to support the described concepts.

- [Obs94b] A. Oberweis, V. Sänger: GTL - A graphical language for temporal data, in: Proc. Seventh International Working Conference on Scientific and Statistical Database Management, Charlottesville/Virginia, September 1994, S. 22-31

In this paper a novel graphical query language for temporal relational data is presented. The query language GTL combines capabilities of temporal and graphical database languages.

GTL-queries may be related to single database states (e.g. Is there a database state where condition c1 holds?) or to sequences of database states (e.g. Is there a database sequence where first c1 holds, then c2 and finally c3?). In GTL relations are represented by graphical symbols and temporal relationships between database states can be expressed along an implicit time axis. The underlying temporal data model abstracts from implementation aspects, e.g. it is not relevant whether tuple time stamping or attribute time stamping, single- or double-time stamping is used.

- [Obs95] A. Oberweis, P. Sander: Information System Behaviour Specification by High-Level Petri Nets, erscheint in: *ACM Transactions on Information Systems*

The specification of an information system should include a description of structural system aspects as well as a description of the system behaviour. In this paper we show how this can be achieved by high level Petri nets, namely the so-called NR/T nets (Nested Relation/Transition Nets). In NR/T-nets, the structural part is modelled by nested relations and the behavioural part is modelled by a novel net formalism. Each place of a net represents a nested relation scheme, and the marking of each place is given as a nested relation of the respective type. Insert- and delete-operations in a

nested relational database (NF2-database) are expressed by transitions in a net. These operations may operate not only on whole tuples of a given relation but also on "subtuples" of existing tuples. The arcs of a net are inscribed with so-called Filter Tables which allow (together with an optional logical expression as transition inscription) conditions to be formulated on the specified (sub-) tuples. The occurrence rule for NR/T-net transitions is defined by the operations union, intersection and "negative" in lattices of nested relations. The structure of an NR/T-Net together with the occurrence rule defines classes of possible information system procedures, i.e., sequences of (possibly concurrent) operations in an information system.

- [ObW94] A. Oberweis, T. Wendel: Evolutionäre Vorgehensweise zur Einführung der rechnergestützten Teamarbeit in Organisationen, in: U. Hasenkamp (Hrsg.): Einführung von CSCW-Systemen in Organisationen, Tagungsband der D-CSCW 94, Vieweg-Verlag, 1994, S. 69-87

Die Einführung der rechnergestützten Teamarbeit zur effizienteren Realisierung von Geschäftsprozessen ist ein wichtiger Bestandteil der in der Praxis anzutreffenden Bemühungen, die in Organisationen stattfindenden Arbeitsprozesse ganzheitlich zu unterstützen. Insbesondere für die Analyse der existierenden Arbeitsabläufe und die Planung und Konzeption der rechnergestützten Geschäftsprozesse müssen Konzepte und Werkzeuge bereitgestellt werden, die die kooperative Einbindung aller relevanten Aufgabenträger in die Entwicklungs- und Einführungsaktivitäten ermöglichen.

Im Rahmen dieses Beitrags möchten wir die Teamarbeit in Organisationen und die sich daraus ergebende Vorgehensweise zur evolutionären Einführung eines Teamwork-Systems näher betrachten. Für die mit der Einführung verbundene rechnergestützte Planung und Konzeption von Geschäftsprozessen verwenden wir INCOME/STAR, eine prototypmäßig implementierte Arbeitsumgebung für die kooperative Modellierung, Simulation und Analyse von Geschäftsprozessen auf Basis von höheren Petri-Netzen.

- [OSS92] A. Oberweis, P. Sander, W. Stucky: Modellierung von Abläufen in NF2-Datenbanken durch höhere Petri-Netze, in: R. Studer (Hrsg.): Proc. 2. Workshop Informationssysteme und Künstliche Intelligenz, Ulm, Februar 1992, R. Studer (Hrsg.), Informatik-Fachberichte 303, Springer-Verlag, 1992, S. 95-112

In dieser Arbeit wird eine deklarative Beschriftungssprache für höhere Petri-Netze vorgestellt, die zur Modellierung von Abläufen in Datenbanken mit genesteten Relationen eingesetzt werden kann. In diesen Netzen stellen die Marken Tupel genesteter Relationen dar. Es wird vorgeschlagen, die Kanten im Netz mit sogenannten Filtertabellen zu beschriften, um Kriterien für das Entfernen bzw. Einfügen von Marken beim Schalten von Transitionen formulieren zu können. Die Besonderheit dieses Ansatzes liegt in seinen umfangreichen Möglichkeiten zur Verarbeitung von Werten mengenwertiger Attribute.

- [OSS93a] A. Oberweis, P. Sander, W. Stucky: Petri net based modelling of procedures in complex object database applications, in: D. Cooke (Hrsg.): Proc. IEEE 17th Annual International Computer Software and Applications Conference COMPSAC 93, Phoenix/Arizona, November 1993, S. 138-144

In this paper a new type of high level Petri nets is introduced for modelling procedures in complex object database applications. Each net defines a class of possible system procedures, i.e. sequences of (possibly concurrent) operations, in a complex object database application. Places (predicates) in these so-called nested relation/transition nets (NR/T-nets) represent schemes of unnormalized relations ("nested relations"). The marking of each place is a (possibly empty) nested relation of the respective type. Each transition represents a specific type of operation on the relations in the adjacent places. These operations may not only operate on whole tuples of a given relation but also on "subtuples" of existing tuples. Arcs in a net are inscribed with so-called filter tables which allow (together with an optional logical expression as transition inscription) to formulate conditions on the specified (sub-) tuples.

[OSS93b] A. Oberweis, P. Sander, W. Stucky: Modelling the behaviour of NF²-database applications, *EMISA FORUM*, Heft 2, Juli 1993, S. 15-34

[OSS93c] A. Oberweis, G. Scherrer, W. Stucky: ProMISE - ein rechnergestütztes Vorgehensmodell zur Entwicklung und Wartung von Informationssystemen, in: W. Frisch, A. Taudes (Hrsg.): *Informationswirtschaft: Aktuelle Entwicklungen und Perspektiven*, Physica-Verlag, Heidelberg 1993, S. 309-333

Daß die Entwicklung großer Software-Systems eine komplexe Aufgabe darstellt, ist in der Fachliteratur ebenso wie in Erfahrungsberichten aus der Praxis vielfach dokumentiert. Um den gesamten Systemlebenszyklus überschaubar zu gestalten und sinnvoll zeitlich planen und kalkulieren zu können, werden *Vorgehensmodelle* eingesetzt.

Der vorliegende Beitrag setzt sich zunächst kritisch mit existierenden Vorgehensmodellen auseinander und beschreibt dann ProMISE (**P**rocess **M**odel for **I**nformation **S**ystem **E**volution) - ein Vorgehensmodell zur evolutionären Entwicklung von Informationssystemen. ProMISE ist Bestandteil von INCOME/STAR, einer Entwicklungs- und Wartungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme. Ziel von INCOME/STAR ist unter anderem die Bereitstellung von Konzepten zum rechnergestützten Einsatz von Vorgehensmodellen innerhalb einer Entwicklungsumgebung.

[OSS94] A. Oberweis, G. Scherrer, W. Stucky: INCOME/STAR: Methodology and tools for the development of distributed information systems, *Information Systems*, Vol. 19 (8), Dezember 1994, S. 641-658

INCOME/STAR is an experimental environment for the cooperative development of distributed information systems. This paper presents some of INCOME/STAR's innovative features in the area of information systems engineering:

First a new type of high-level Petri nets, so-called Nested Relation/Transition nets (NR/T-nets), is described. NR/T-nets allow the modeling of concurrent processes and related complex structured objects in distributed business applications.

New concepts for *entity* and *relationship clustering* were developed to support a stepwise top-down approach for Entity/Relationship based object modeling. Distributed *multi-user simulation and prototyping* are used for the evaluation and analysis of NR/T-nets and the involved object schema.

Finally, *ProMISE* - an evolutionary *process model* for information system development - is introduced. A role-based *groupware component* is part of the INCOME/STAR architecture to support communication, organization and social interaction in development projects.

[OSS95] A. Oberweis, G. Scherrer, W. Stucky: INCOME/STAR: Facing the challenges for cooperative information system development environments, erscheint voraus. 1995

INCOME/STAR is an experimental environment for the cooperative development of distributed information systems. This paper surveys some of INCOME/STAR's innovative features in the area of information systems engineering.

First an extension of high level Petri nets, namely nested relation/transition nets (NR/T-nets), is described. NR/T-nets allow to model concurrent processes and related complex structured objects in distributed business applications.

Further new concepts have been developed for entity and relationship clustering in order to support a stepwise top down approach for Entity/Relationship based object modelling. Distributed multi-user simulation and prototyping are proposed for the evaluation and analysis of NR/T-nets and the involved object schemata.

Then, ProMISE - an evolutionary process model for all stages of information system development - is surveyed. A role-based groupware component has been integrated into the INCOME/STAR architecture in order to support communication, organization and social interaction in development projects.

Finally some early practical experiences are summarized.

- [OSW94a] A. Oberweis, W. Stucky, T. Wendel: Rechnergestützte Kommunikation in Software-Entwicklungsprojekten - Workgroup-Computing für kooperative Systementwicklung, in: Proc. Online '94, 17. Europäische Congressmesse für Technische Kommunikation, Februar 1994, S. C625.01

Der Einsatz von vernetzten Systemen in Software-Entwicklungsprojekten ermöglicht die Verwendung einer gemeinschaftlich nutzbaren Umgebung, die die Kommunikation und Koordination zwischen den Projektbeteiligten fördert. Diese Form der rechnergestützten Kommunikation kann dem *Workgroupcomputing* zugeordnet werden, das die Unterstützung von Arbeitsgruppen durch innovative, gruppenorientierte Anwendungssysteme zum Ziel hat.

In diesem Beitrag werden zunächst die kennzeichnenden Merkmale der Teamarbeit in Softwareprojekten untersucht und exemplarisch einige Workgroupcomputing-Systeme vorgestellt, die derzeit in Entwicklungsumgebungen eingesetzt werden können. Anschließend wird das Kommunikationsmodell **MICONOS** (**M**odel of **I**ntegrated **C**ommunicatio**N**-**O**riented **NR/T**-**N**et**S**) erläutert, das eine flexible Unterstützung von kontextsensitiven Kommunikationsprozessen in Organisationen und Softwareprojekten ermöglicht.

MICONOS wird in **INCOME/STAR**, einer integrierten Umgebung für die Entwicklung und Wartung von verteilten Informationssystemen, zur Unterstützung der kooperativen Systementwicklung eingesetzt.

- [OSW94b] A. Oberweis, V. Sängler, W. Weitz: GAPS - A multiuser tool for graphical simulation of Petri Nets, in: J. Halin, W. Karplus, R. Rimane (Hrsg.): Proc. First Joint Conference of International Simulation Societies CISS, Zürich, August 1994, S. 377-381

In this paper we present GAPS, a tool for the graphical design and simulation of Petri nets. GAPS provides a multiuser environment with a graphical net editor and animation of the Petri net simulation. Furthermore GAPS allows an easy integration of problem specific visualization components. The possibility of adding external visualization and interaction clients supports the system developer in the first place but this concept is also well suited to provide a basis for discussions with person unfamiliar with the Petri net formalism.

- [OWS94] A. Oberweis, T. Wendel, W. Stucky: Teamwork coordination in a distributed software development environment, in: B. Wolfinger (Hrsg.): Innovationen bei Rechen- und Kommunikationssystemen, *Informatik aktuell*, Springer-Verlag, 1994, S. 423-429

The development process of large software systems is usually splitted into several subprocesses which are to be handled by different project teams. An efficient coordination of the development activities is an important prerequisite for a successful software engineering project. For that reason group coordination and workflow aspects must be supported by appropriate teamwork methods and tools.

This paper surveys the teamwork methods and tools of **INCOME/STAR** which is a distributed development environment for distributed information systems.

- [RWS95] H. Richter, T. Wendel, W. Stucky: Unterstützung kooperativer Arbeit in **INCOME/STAR**, in: W. Augsburg, H. Ludwig, K. Schwab (Hrsg.): Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik, Tagungsband des Workshops Koordinationsmethoden und -werkzeuge bei der computergestützten kooperativen Arbeit, Juli 1995, Bamberg

- [SäW95] V. Sängler, W. Weitz: Entwurfsvalidation für verteilte Informationssysteme mit dem graphischen, mehrbenutzerfähigen Pr/T-Netz-Simulator GAPS+, in: F. Huber-Wäsche, H. Schauer, P. Widmayer (Hrsg.): GISI 95 Herausforderungen eines

globales Informationsverbundes für die Informatik, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1995, S. 407-414

In diesem Papier stellen wir GAPS+ vor, ein Simulationssystem für Prädikate/Transitionen-Netze (Pr/T-Netze), das im Rahmen des Informationssystementwurfs zu Validierungszwecken eingesetzt wird. GAPS+ stellt einen verteilten Simulationsservice zur Verfügung, der seinen Klienten sowohl Knoten zur Ausführung ihres (neuen) Simulationsauftrags zuweist als auch die Teilnahme mehrerer Klienten an einem (möglicherweise bereits in Ausführung befindlichen) Simulationslauf ermöglicht. Diese Teilnahme kann entweder passiver Art sein (ein Simulationslauf wird simultan auf unterschiedlichen Rechnern verschiedenartig visualisiert) oder auch aktiver Art (Deligieren von Schaltentscheidungen für ausgewählte Transitionen vom Simulatorkern an einen Klienten).

- [Sch94] G. Scherrer: INCOME/STAR-ProMISE: Process-centered information system development, in: J. Kunze, H. Stoyan (Hrsg.): *KI-94 Workshops*, Proc. 18. dt. Jahrestagung für Künstliche Intelligenz KI-94, Saarbrücken, September 1994, S. 208-210

- [ScO92] F. Schönthaler, A. Oberweis: Entwicklung datenbankgestützter Automatisierungssysteme mit INCOME und ORACLE*CASE, in: E. Schnieder (Hrsg.): Proc. 2. Fachtagung Entwurf komplexer Automatisierungssysteme, Methoden und Tools auf der Basis von Petri-Netzen, Braunschweig, Mai 1992, S. 267-276

Komplexe industrielle Automatisierungssysteme sind heute ohne den Einsatz leistungsfähiger Datenbanksysteme nicht mehr denkbar. Vor dem Hintergrund höchster Qualitätsanforderungen ist es entscheidend, daß der Integration von Automatisierungskomponenten und zugrundeliegender Datenbank bereits im Entwicklungsprozeß Rechnung getragen wird.

Im vorliegenden Beitrag wird eine umfassende CASE-Umgebung für die Entwicklung datenbankgestützter Automatisierungssysteme vorgestellt. Interessant ist dabei vor allem die einzigartige methodische Verknüpfung von Information Engineering und Petri-Netz-Modellierung.

- [ScO93] F. Schönthaler, A. Oberweis: Simulation betrieblicher Abläufe mit INCOME und Oracle CASE, in: H.-J. Scheibl (Hrsg.): Proc. 5. Kolloquium Software-Entwicklung, Methoden, Werkzeuge, Erfahrungen, Technische Akademie Esslingen, September, 1993, S. 57-68

Dieser Beitrag beschreibt Methoden und Tools zur systematischen Erfassung, Dokumentation, Analyse und Optimierung von betrieblichen Abläufen und Geschäftsprozessen. Unter Verwendung der Produkte INCOME und Oracle*CASE werden integrierte Modelle erstellt, die sowohl die Aufbauorganisation als auch den Informationsbedarf und das Systemverhalten beschreiben.

Die Modelle sind einerseits formalen Analysen zugänglich, andererseits unterstützen sie durch Verwendung übersichtlicher Graphiken auch die Kommunikation mit der Fachabteilung. Durch Simulation können darüber hinaus auch inhaltliche Mängel aufgedeckt werden, und die Abläufe können optimiert werden.

Anwendungsberichte runden den Beitrag ab.

- [SJO96] P. Jaeschke, A. Oberweis, W. Stucky: Entity-Relationship-Modell und NR/T-Netze. Ein integrierter Ansatz zur Daten- und Ablaufmodellierung, erscheint 1996

Ein generelles Problem bei der Entwicklung von Informationssystemen ist die Beschreibung komplexer Objektstrukturen - z.B. von Dokumenten - und deren Berücksichtigung bei der Ablaufmodellierung. Eine neuartige Variante höherer Petri-Netze, die sogenannten NF²-Relationen/Transitionen-Netze, erlaubt die Modellierung von Abläufen unter Verwendung komplex strukturierter Objekte. Im Bereich der Datenmodellierung sind Entity-Relationship-Modelle ein gängiger Ansatz. Der Beitrag stellt eine Möglichkeit vor, beide Ansätze zur Modellierung von Daten

und Abläufen in einem Unternehmen zu integrieren. Die komplex strukturierten Objekte der Ablaufschemata werden als Sichten auf ein globales Entity-Relationship-Schema definiert.

- [SOS93] W. Stucky, A. Oberweis, G. Scherrer: Process model support for the development of information systems, in: J. Niedereichholz, W. Schuhmann (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik - Beiträge zur modernen Unternehmensführung, Campus-Verlag, 1993, S. 145-165

INCOME/STAR is a conception of an integrated environment for the development and maintenance of large, distributed information systems. It extends INCOME, an already existing and commercially available tool for conceptual modelling and prototyping of information systems, by the following features:

- design of data and transactions distribution,
- physical design,
- hypertext interface for design dictionaries,
- cooperative system development,
- maintenance of large information systems,
- project management,
- support of different process model standards.

In this paper, the architecture of INCOME/STAR is introduced and the main features are surveyed. The paper focuses on one central aspect of INCOME/STAR, the process model support for the development of large information systems.

- [SOS94] G. Scherrer, A. Oberweis, W. Stucky: ProMISE - a process model for information system evolution, in: Proc. Third Maghrebian Conference on Software Engineering and Artificial Intelligence, Rabat/Marokko, April 1994, S. 27-36

ProMISE is a process model for evolutionary development of information systems. It is part of INCOME/STAR, an environment supporting the development and maintenance of large, distributed information systems. One of INCOME/STAR's main objectives is providing computer-support for process model usage.

Based on the criticism of existing process models, this paper summarizes the main requirements to process models. It outlines the structure and basic characteristics of ProMISE as an example for a model trying to meet these requirements.

- [StO92] W. Stucky, A. Oberweis: Zur Beherrschbarkeit des Entwicklungsprozesses komplexer Software-Systeme, in: J. Buchmann, H. Ganzinger, W.J. Paul (Hrsg.): Informatik. Festschrift zum 60. Geburtstag von Günter Hotz, B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, 1992, S. 463-480

Es ist bekannt und in der Fachliteratur ebenso wie in Erfahrungsberichten aus der Praxis vielfach dokumentiert, daß die Entwicklung großer Software-Systeme eine komplexe Aufgabe darstellt. Zunächst müssen Anforderungen an das zu entwickelnde System in eindeutiger, widerspruchsfreier und verifizierbarer Form festgelegt werden. Auf der Basis dieser Anforderungen muß dann eine Systemkonzeption entworfen werden, die als Grundlage für die nachfolgende Realisierung dient.

Um die Beherrschbarkeit (d.h. Kontrollierbarkeit und Steuerbarkeit) des Entwicklungsprozesses, an dem auf Auftraggeber- und Entwicklerseite eine Vielzahl von Personen beteiligt ist, zu gewährleisten, werden Vorgehensmodelle vorgeschlagen, die einen generellen Rahmen für die Durchführung der Entwicklungsaktivitäten, die Anfertigung der benötigten Dokumente und die relevanten Querbeziehungen darstellen. Querbeziehungen existieren zwischen Dokumenten, zwischen Aktivitäten sowie zwischen Aktivitäten und Dokumenten.

In diesem Beitrag werden Konzepte für Rechnerunterstützung beim Einsatz eines Vorgehensmodells vorgestellt. Dabei werden insbesondere die folgenden Aspekte berücksichtigt:

- Anpassung eines gegebenen Vorgehensmodells an die Gegebenheiten eines speziellen Entwicklungsprojektes,
- Verwaltung der angefertigten Dokumente (in unterschiedlichen Versionen),

- Überwachung und Steuerung der Entwicklungsaktivitäten,
- Termin- und Kapazitätsplanung,
- Ausnahmebehandlung (z.B. unvorhergesehener Ausfall von Ressourcen),
- Kopplung an Methodentools,
- Auskunfterteilung über aktuellen Projektzustand.

Die Konzepte eignen sich für alle gängigen Vorgehensmodelle und sind unabhängig von den eingesetzten Methoden.

Habilitationen

- [H1] A. Oberweis: Verteilte betriebliche Abläufe und komplexe Objektstrukturen. Ein integriertes Modellierungskonzept für Workflow-Managementsysteme, Habilitationsschrift, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Karlsruhe, Februar 1995, erscheint 1995 im Teubner-Verlag, Leipzig

Als erster Schritt bei der Analyse und Gestaltung betrieblicher Informationssysteme wird heute üblicherweise eine Reorganisation und Optimierung der relevanten betrieblichen Abläufe angestrebt. Damit soll eine in der Vergangenheit häufig aufgetretene Fehlentwicklung vermieden werden, bei der mit neuen Anwendungssystemen lediglich vorhandene Abläufe automatisiert und so bestehende Organisationsstrukturen festgeschrieben wurden. Im Laufe der Zeit erforderlich gewordene Anpassungen der Anwendungssysteme konnten nur mit großem Aufwand realisiert werden, und Rationalisierungspotentiale blieben vielfach ungenutzt.

Eine wichtige Unterstützung bei der Durchführung von Ablaufanalyse und -optimierung stellt die Modellierung betrieblicher Abläufe dar. Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglichen die Realisierung von Workflow-Managementsystemen zur Unterstützung von Abläufen: die Abläufe sind hier nicht "fest verdrahtet" in der Software enthalten, sondern als flexible Beschreibungen in Form eines Ablaufschemas gegeben, das im Rahmen der Ablaufmodellierung erstellt und optimiert worden ist. Bei Änderungen der Abläufe - z.B. wegen veränderter Marktbedingungen oder Einsatz neuer Technologien - sind die Ablaufbeschreibungen entsprechend anzupassen; aufwendige Neuimplementierungen der Ablaufsteuerung sind jedoch nicht erforderlich.

Workflow-Managementsysteme unterstützen Planung, Modellierung, Analyse, Kontrolle, Steuerung sowie Dokumentation von Abläufen in Unternehmen, Organisationen und öffentlichen Verwaltungen. Ein besonderes Problem besteht darin, daß die im Zusammenhang mit einem Ablauf relevanten personellen und maschinellen Aufgabenträger ebenso wie die auszuführenden Aktivitäten sowie die benötigten Daten und sonstigen Ressourcen geographisch verteilt sein können.

Die vorliegende Arbeit stellt zunächst einen auf höheren Petri-Netzen basierenden graphischen Beschreibungsformalismus vor, der es erlaubt, in integrierter Form komplex strukturierte Objekte (z.B. Bürodokumente, Vorgangsmappen, Stücklisten u.ä.), Operationen auf diesen Objekten und mit diesen Operationen gebildete Abläufe adäquat zu beschreiben. Hierzu können prozedurale und deklarative Sprachkonzepte verwendet werden. Daran anschließend wird eine evolutionäre Vorgehensweise zur Entwicklung komplexer Ablaufschemata vorgestellt. Dabei wird ein mehrschichtiges Sprachkonzept zugrundegelegt: Ausgehend von einer informalen Beschreibung in einer anwendungsnahen graphischen Notation wird eine formale Beschreibung in einer anwendungsneutralen und implementationsunabhängigen Notation erstellt. Die direkte Ausführbarkeit dieser formalen Beschreibung ermöglicht eine simulationsgestützte Validierung der modellierten Zusammenhänge. Eine graphische Anfragesprache kann zur Evaluierung simulierter oder real ausgeführter Abläufe eingesetzt werden. Damit können Schwachstellen erkannt und Reorganisations- und Optimierungsmaßnahmen unterstützt werden. Die formale Ablaufbeschreibung kann automatisch in eine maschinennahe Sprache übersetzt werden, z.B. in die proprietäre Workflow-Programmiersprache eines verfügbaren Workflow-Managementsystems.

Basierend auf den Sprachkonzepten für die Ablaufbeschreibung wird die Architektur eines Petri-Netz-basierten Workflow-Managementsystems konzipiert. Die Besonderheit dieses Systems besteht darin, daß Petri-Netz-Schemata unmittelbar als Grundlage für die Ablaufkontrolle und -steuerung eingesetzt werden. Die beschriebene Workflow-Engine kann auch als frei konfigurierbare Ablaufsteuerung von Standard-Softwaresystemen eingesetzt werden.

IV.2 Dissertationen und Promotionsvorhaben

Dissertationen

- [P1] T. Mochel: Objektorientierte Simulation - Ein neues Konzept zur Simulation diskreter Systeme, Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Karlsruhe, Juni 1993, Verlag Shaker, Aachen

In dieser Arbeit wird ein objektorientiertes Konzept zur Simulation diskreter Systeme beschrieben, das beim Entwurf von Informationssystemen eingesetzt werden kann. Das Konzept verwirklicht eine neue Betrachtungsweise der simulierten Systeme und ermöglicht die Integration der Systemumgebung während der Simulation.

Der erste Teil der Arbeit erläutert grundlegende Begriffe und konventionelle Konzepte der diskreten Simulation. Daran anschließend wird der Begriff der *eingebetteten Systeme* erläutert. Eingebettete Systeme berücksichtigen beim Entwurf und insbesondere bei der Validierung sowohl System als auch Systemumgebung. Für die Validierung eingebetteter System wird die objektorientierte Simulation als mögliches Hilfsmittel vorgeschlagen.

Die Betrachtung bestehender objektorientierter Simulationsansätze und -verfahren zeigt, daß es bisher kein einheitliches objektorientiertes Konzepts als Grundlage der objektorientierten Simulation gibt. Die betrachteten Ansätze verwenden unterschiedliche konventionelle Simulationskonzepte, lediglich zur Implementierung wird eine objektorientierte Programmiersprache verwendet.

Es wird daher ein objektorientiertes Simulationskonzept entworfen, das auf aktiven Objekten beruht, die im Gegensatz zu den Modellelementen der konventionellen Konzepte ihre Aktionen und die Zeitpunkte zur Realisierung selbständig planen. Ein wichtiger Aspekt des neuen Konzepts ist die durchgehenden Objektorientierung. Es gibt keine Trennung zwischen Simulationsmodell und Simulator.

Der zweite Teil der Arbeit beschreibt die konkrete Umsetzung des abstrakten Konzepts. Die Realisierung der Umsetzung führt zur Entwicklung der auf SMALLTALK beruhenden Simulationsprache SLANG. Bei dieser Sprache wird die vorgestellte Sichtweise der Einbettung diskreter System berücksichtigt und entsprechende Konstrukte für die Modellierung vorgesehen.

Auf dieser Basis wird eine integrierte graphische Simulationsumgebung konzipiert. Die Simulationsumgebung GOOSE (**G**raphical **O**bject **O**riented **S**imulation **E**nvironment) besteht aus Editoren, Compilern und Simulatoren. Die Realisierung von GOOSE, die Werkzeuge und deren Handhabung wird anhand von Beispielen beschrieben. Dabei stehen die Benutzerschnittstellen und die Vorgehensweise des Compilers bei der Übersetzung der Simulationsprache SLANG nach SMALLTALK im Vordergrund.

- [P2] T. Wendel: Computerunterstützte Teamarbeit in einer verteilten Software-Entwicklungsumgebung, Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Karlsruhe, Juli 1995, Gabler Verlag, Wiesbaden

Die veränderten Marktanforderungen, die fortschreitende fachliche Qualifikation der Aufgabenträger und die erleichterte Verfügbarkeit von leistungsfähigen Informations- und Kommunikations- (IuK-) Systemen bewirken derzeit einen grundlegenden Wandel der Arbeitssituation in Organisationen. Dies äußert sich u.a. in der ganzheitlichen Betrachtung von Arbeitsabläufen und der damit verbundenen ständig steigenden Bedeutung der Teamarbeit in Organisationen. Daher wird zunehmend der Einsatz von integrierten IuK-Systemen notwendig, die insbesondere den Aspekt der Gruppenunterstützung berücksichtigen.

Ausgehend von einem organisationstheoretischen und informationstechnologischen Bezugsrahmen wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Konzeption und Realisierung eines sog. *Teamarbeitssystems* vorgestellt, das eine kommunikationsorientierte Unterstützung der Zusammenarbeit in Arbeitsgruppen zum Ziel hat. Als Anwendungsdomäne wurde die Software-Entwicklung gewählt, da diese im allgemeinen in Projektteams unter Verwendung von gemeinsam nutzbaren IuK-Systemen erfolgt.

Die Konzeption des Teamarbeitssystems *RoCoMan* (*Role Cooperation Manager*) umfaßt sowohl die Vorstellung der funktionalen Kernbereiche eines Teamarbeitssystems als auch die Erarbeitung von sog. *Konversationsdiagrammen*. Diese Diagramme können sowohl zur Beschreibung und Unterstützung von Kommunikationsverläufen, zur Unterstützung von Entscheidungs- und Problemlösungsprozessen in Gruppen als auch zur Beschreibung von kommunikationsorientierten Interaktionsprotokollen, die das Interaktionsverhalten von maschinellen Aufgabenträgern repräsentieren, verwendet werden.

Aufgrund der Möglichkeit zur Abbildung der Konversationsdiagramme auf höhere Petri-Netze können einerseits die Diagramme formal dargestellt, verifiziert und evtl. auch mit Hilfe von Simulationen validiert werden. Andererseits ist somit auch eine Kopplung der kommunikationsorientierten Konversationsdiagramme an ablaforientierte Workflow-Beschreibungen möglich. Die Verwendung von Konversationsdiagrammen in einem Teamarbeitssystem und deren Kopplungsmöglichkeiten an Petri-Netz-basierte Workflow-Beschreibungen bilden daher auch den *zentralen Aspekt* der vorliegenden Arbeit. Darüber hinaus wird im Rahmen der Konzeption das Kommunikationsmodell *MICOnOs* (*Model of Integrated Conversation-Oriented Diagrams*) vorgestellt, das basierend auf der Verwendung von Konversationsdiagrammen die rechnerbasierte Unterstützung kontextsensitiver Kommunikationsprozesse in Organisationen ermöglichen soll.

Die Realisierung des - prototypmäßig in einer objektorientierten Programmiersprache implementierten - *RoCoMan*-Systems erfolgte im Rahmen des INCOME/STAR-Projektes, das u.a. zur Erstellung einer verteilten Entwicklungs- und Wartungsumgebung für Informationssysteme durchgeführt wurde. Das *RoCoMan-System* soll hierbei zur Unterstützung der kooperativen Systementwicklung eingesetzt werden.

Promotionsvorhaben

[P3] P. Jaeschke: Integrierte Unternehmensmodellierung - Techniken zur Informations- und Geschäftsprozeßmodellierung, Promotionsvorhaben, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Karlsruhe

In der Industrie, bei Dienstleistungsunternehmen und in der öffentlichen Verwaltung stehen Organisatoren und Systemanalytiker vor der Aufgabe, Geschäftsprozesse sowie den Einsatz der Ressource Information zu planen, zu analysieren, zu optimieren, zu koordinieren und zu dokumentieren. Die Zielsetzungen in diesem Zusammenhang sind vielfältig: Strategische Informationssystemplanung, Anwendungsentwicklung, Einführung von Standardsoftware, Business (Process) Reengineering, Qualitätssicherung, Prozeßoptimierung und Machbarkeitsuntersuchungen. In diesem Zusammenhang spielt die Unternehmensmodellierung - d. h. die *integrierte* Beschreibung aller für die Zielsetzung *relevanten* Informations-, Ablauf- und Organisationsaspekte des Unternehmens oder eines Teilbereichs - eine wichtige Rolle.

Für die Erstellung des Informationsschemas hat sich in der Praxis das Entity-Relationship-Modell durchgesetzt, das in unterschiedlichen Varianten von zahlreichen Tools unterstützt wird. Für die Ablaufmodellierung gewinnen Petri-Netze zunehmend an Bedeutung, da sie nicht nur die Modellierung des Datenflusses, wie die herkömmliche Datenflußmodellierung, sondern auch die Darstellung komplexer Abläufe einschließlich der zugrundeliegenden Business Rules unterstützen.

Vorrangiges Ziel des Information Engineering und ähnlicher Ansätze ist die Erstellung eines möglichst umfassenden Informationsschemas. Trotz der bereits verfügbaren Tool-Unterstützung treten Probleme auf, sobald sehr große Informationsschemata für ganze Unternehmen, ganze Unternehmensbereiche oder große Anwendungsbereiche erstellt werden.

Beim Entwurf der Schemata, bei der Einarbeitung neuer Projektmitarbeiter bzw. bei der wiederholten Einarbeitung im Falle von Wartungsarbeiten und Weiterentwicklungen besteht die Notwendigkeit, sowohl den Gesamtzusammenhang zu erfassen als auch den für die eigentliche Wartungs- oder Weiterentwicklungsaufgabe relevanten Ausschnitt im Detail darzustellen.

Dies wird durch die in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Technik des *Entity-Relationship-Modell-Clustering* unterstützt, welche die bereits bestehenden Entity-Clustering-Ansätze erweitert. Es wird eine

Hierarchie von Entity-Relationship-Diagrammen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad gebildet, indem ganze Teildiagramme zu abstrakten Entities oder Beziehungen zusammengefaßt werden. Neu an dem in der vorliegenden Arbeit eingeführten Ansatz ist, daß zusätzlich zu den Entity-Clusters sogenannte Relationship-Clusters eingesetzt werden, um Beziehungen zu abstrahieren bzw. zu verfeinern. Darüber hinaus läßt sich der neue Ansatz nicht nur zur abstrahierten Darstellung bereits bestehender Diagramme einsetzen, sondern auch in den folgenden Bereichen: *Top-Down-Datenbankentwurf*, *Datenbank-Reengineering*, *Standarddiagramme* bzw. *Referenzschemata*, *Modellierung zusätzlicher Integritätsbedingungen* und *Schemaintegration*.

Viele höhere Petri-Netze - z.B. Prädikate/Transitionen-Netze - erlauben es nur eingeschränkt, die Manipulation komplex strukturierter Objekte zu modellieren. NF²-Relationen/Transitionen-Netze ermöglichen es, sowohl die Manipulation komplexer Objekte als auch die parallele Manipulation einzelner Komponenten eines Objektes darzustellen.

Neu ist der in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Ansatz, der es ermöglicht, Ablaufschemata, die mit NF²-Relationen/Transitionen-Netzen modelliert sind, und Informationsschemata, die mit einem Entity-Relationship-Modell erstellt sind, zu integrieren. Ziel ist es, die komplexen Objekte innerhalb der Geschäftsprozesse auf Basis eines globalen Informationsschemas zu dokumentieren, indem die komplexen Objekte in Form von hierarchisch strukturierten Sichten auf das Informationsschema beschrieben werden. Die Möglichkeiten zur Kombination mit dem Entity-Relationship-Modell-Clustering werden aufgezeigt.

[P4] V. Sänger: Eine grafische Anfragesprache für temporale Datenbanken, Promotionsvorhaben, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Karlsruhe

In vielen Datenbankanwendungen werden Daten mit Zeitbezug verarbeitet. Beispiele sind statistische Daten, wie Meßwertreihen oder Beobachtungen in der Ökologie und Ökonomie. Weil das derzeit am häufigsten verwendete Datenmodell, das relationale Modell nach Codd, keine zeitliche Dimension beinhaltet, muß es für die Verwaltung temporaler Daten um eine temporale Komponente erweitert werden. Zugehörige temporale Anfragesprachen sind meist Erweiterungen nicht-temporaler Anfragesprachen, z.B. SQL. Diese Erweiterungen bewirken eine erhohnte Komplexität der jeweiligen Anfragesprache und stellen deshalb hohe Anforderungen an die Benutzer.

Zur einfacheren Verwendung herkömmlicher nicht-temporaler Datenbanken werden seit einiger Zeit grafische Anfragesprachen bereitgestellt. In solchen Sprachen werden Anfragen nicht mehr nur textuell formuliert. Stattdessen werden die Objekt- und Beziehungstypen des Datenschemas als grafische Symbole dargestellt. In Anfragen können diese ausgewählt und in geeigneter Weise miteinander verknüpft werden.

In dieser Arbeit wird die Sprache GTL (Graphical Temporal Language) vorgestellt. Dies ist eine neuartige temporale Anfragesprache für relationale Daten, die temporale und grafische Aspekte verknüpft, um den Zugang zu temporalen Daten zu erleichtern. Es wird ein temporales Modell erarbeitet, das temporale Datenbanken als geordnete Folgen von Zuständen interpretiert, wobei jeder der Zustände in einem bestimmten Zeitraum in der Vergangenheit aktuell war oder momentan noch aktuell ist. Mit der Sprache GTL lassen sich im Zeitverlauf wechselnde Situationen (Zustände) untersuchen, indem die zeitliche Abfolge interessanter Bedingungen anhand einer visualisierten Zeitachse abgetragen wird. Relationsschemata und Datenbankzustande werden durch grafische Symbole repräsentiert. Darüber hinaus wird die Einbettung der Sprache GTL in INCOME/STAR, eine Entwicklungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme, beschrieben. Ein zentraler Aspekt der Anwendungsentwicklung mit dieser Umgebung ist die Modellierung dynamischer Zusammenhänge mit Petri-Netzen. Bei der Ausführung von Petri-Netzen (Simulation) werden ausgehend von einem Startzustand Folgen von Zuständen durchlaufen. Die Vielzahl der produzierten Simulationsdaten kann im nachhinein durch GTL-Anfragen analysiert werden. Es bietet sich außerdem an, bereits während der Simulation, unerwünschte Zustände bzw. Zustandsfolgen auszuschließen. Mit dieser Vorgehensweise lassen sich mit GTL Systementwürfe testen bzw. validieren. Die Entwürfe werden so in einem iterativen Prozeß sukzessive verbessert und verfeinert.

[P5] G. Zimmermann: Prozebasierte Entwicklung von Informationssystemen - Ein Ansatz mit Petri-Netzen, Promotionsvorhaben, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Karlsruhe

Als Antwort auf die sogenannte Software-Krise wurde in den 60er Jahren mit der Einführung des Software Engineering der Versuch unternommen, effiziente "ingenieurmäßige" Methoden, Prinzipien und Techniken auf den Entwurf und die Implementierung von Software-Systemen anzuwenden. Rund drei Jahrzehnte später sind CASE-Werkzeuge und integrierte Software-Entwicklungsumgebungen am Markt verfügbar, die vielfältige systematische Entwicklungsmethoden unterstützen, doch ungeachtet dessen werden auch heute noch Software-Projekte verspätet abgeschlossen und Budgets überzogen, und noch immer gestaltet sich Software-Wartung als kostenintensiv und schwierig.

Auf der Suche nach neuen Lösungsansätzen rückt in jüngerer Zeit mehr und mehr der *Software-Entwicklungsprozeß* in den Mittelpunkt des Interesses. Dabei geht es zunächst einmal darum, ein tieferes Verständnis für die komplexen, oft nur implizit oder unklar definierten Vorgänge zu erhalten, die den Software-Entwicklungsprozeß ausmachen.

Mit dem Software-Entwicklungsprozeß kann man sich auf verschiedenen Ebenen befassen.

- Auf *Vorgehens-* oder *Prozeßmodell-Ebene* wird nach neuen grundsätzlichen Vorgehensweisen und Paradigmen für die Softwareentwicklung gesucht. Hier gab es bereits Mitte der 80er Jahre einige Vorschläge, wie z.B. Wasserfall- und Spiralmodell, Transformations- und Prototyping-Ansätze
- Auf der *Meta-Modell-Ebene* werden Beschreibungskonzepte vorgeschlagen, mit deren Hilfe bestehende oder geplante Prozesse dokumentiert, analysiert, oder auch simuliert zu können. Solche *Meta-Modelle* oder *Prozeßmodellierungssprachen* unterscheiden sich hinsichtlich ihres Formalisierungsgrades und der Art der verwendeten Beschreibungskonzepte.
- Bei der *Prozeßautomatisierung* schließlich geht es darum, mit Hilfe sogenannter *prozeßzentrierter Entwicklungsumgebungen* Rechnerunterstützung für Umsetzung von Vorgehensmodellen zu bieten.

In dieser Arbeit wird ein umfassendes Konzept für die Vorgehensmodellunterstützung innerhalb einer Entwicklungs- und Wartungsumgebung vorgeschlagen, wobei der Begriff "umfassend" so zu verstehen ist, daß alle drei o.g. Ebenen berücksichtigt werden. Entsprechend gliedert sich die Arbeit in drei Teile:

Im ersten Teil werden die wichtigsten Vorgehensmodelle diskutiert und daran anschließend das generische Vorgehensmodell ProMISE (**P**rocess **M**odel for **I**nformation **S**ystem **E**volution) entwickelt, das einige Grundprinzipien regelt, die in allen Entwicklungsprojekten zum Einsatz kommen sollen (Evolution, Wiederverwendung, inkrementelle Entwicklung, frühzeitige Validierung etc.).

Der zweite Teil diskutiert verschiedene Arten von Prozeßmodellierungssprachen und stellt schließlich die Petri-Netz-basierte Sprache PromiNets vor, die in besondere Weise geeignet ist, Prozesse zu beschreiben, die auf dem Vorgehensmodelltyp ProMISE basieren.

Im dritten Teil schließlich geht es um den rechnergestützten Vorgehensmodelleinsatz innerhalb einer prozeßzentrierten Entwicklungsumgebung. In der Entwicklungs- und Wartungsumgebung INCOME/STAR können Softwareprozesse mit Hilfe von PromiNets definiert und anschließend abgearbeitet werden. Dabei stellt die Entwicklungsumgebung einige generische, am Vorgehensmodell ProMISE orientierte Bausteine zur Verfügung, die für ein spezifisches Projekt angepaßt werden können.

IV.3 Studien- und Diplomarbeiten

- [D1] Klaus Akemann:
Entwurf eines Werkzeugs zur Erzeugung von Hypertextdatenbasen
Diplomarbeit, 1992
- [D2] Gabriele Scherrer:
Die Wartung komplexer Software-Systeme: Eine Literaturübersicht
Diplomarbeit, 1992
- [D3] Thomas Wendel:
Formale Beschreibung von Vorgehensweisen zur Software-Entwicklung
Diplomarbeit, 1992
- [D4] Manfred Becker:
Konzeption eines Werkzeuges für die Anforderungssammlung und -analyse bei der
Entwicklung von Informationssystemen
Diplomarbeit, 1993
- [D5] Steffen Böttinger:
Sicherung der Datenintegrität in einer repository-orientierten Softwareproduktions-
umgebung
Diplomarbeit, 1993
- [D6] Jörn Dahl:
Konzipierung und Realisierung einer Hypertext-Datenbank-Schnittstelle
Diplomarbeit, 1993
- [D7] Jens Küsters:
Parallelität in NR/T-Netzen
Diplomarbeit, 1993
- [D8] Rolf Menzel:
Integration temporaler Aspekte in ein relationales Datenbanksystem
Diplomarbeit, 1993
- [D9] Ulrike Schinko:
Auswertung von Anfragen in verteilten Datenbanksystemen
Diplomarbeit, 1993
- [D10] Ursula Sondermann:
Transaktionskonzept und Mehrbenutzerkontrolle in Hypertext-Datenbanken
Diplomarbeit, 1993

- [D11] Michael Tetzner:
Entwurf und Implementation eines Personalinformationssystems
Diplomarbeit, 1993
- [D12] Egbert Zimmer:
Automatische Simulation von Petri-Netzen
Diplomarbeit, 1993
- [D13] Claus Burmeister:
Verknüpfung einer Prozeßdatenbank mit einem Erhebungstool
Diplomarbeit, 1994
(externer Partner: Köhler, Sohl & Partner Unternehmensberatung, Frankfurt)
- [D14] Christian Kandler:
Entwicklung einer Meßdatenauswerte-Software
Studienarbeit, 1994
(externer Partner: Daimler Benz, Rastatt)
- [D15] Kirsten Lenz:
Entwicklung eines Petri-Netz-Modells für verteilte Datenbanksysteme
Diplomarbeit, 1994
- [D16] Helmut Müller:
Entwurf und Implementation eines Büroinformationssystems
Diplomarbeit, 1994
- [D17] Hans Richter:
Konzepte für ein Petri-Netz-basiertes Workflow-Management
Diplomarbeit, 1994
- [D18] Peter Röllig:
Entwicklung eines Simulationskonzeptes für NF²-Relationen/Transitionen-Netze
Diplomarbeit, 1994
- [D19] Robert Schmidthals:
Komplexe temporale Anfragen in SQL
Studienarbeit, 1994
- [D20] Peter Stock:
Optische Archivierung in der Personalwirtschaft
Diplomarbeit, 1994
(externer Partner: SAP, Walldorf)

- [D21] Holger Behrens:
Ist-Analyse für ein EDV-Gesamtkonzept bei der Berufsfeuerwehr Karlsruhe
Studienarbeit, 1995
(externer Partner: Berufsfeuerwehr Karlsruhe)
- [D22] Miho Birimisa:
Prozeßorientierte Anwenderdokumentation
Diplomarbeit 1995
(externer Partner: SAP, Walldorf)
- [D23] Daniel Burgwinkel:
Gestaltungsanforderungen an computerunterstützte Videokonferenzsysteme
Studienarbeit, 1995
- [D24] Christian Fuhlbrügge:
Ist-Analyse für ein EDV-Gesamtkonzept bei der Berufsfeuerwehr Karlsruhe
Studienarbeit, 1995
(externer Partner: Berufsfeuerwehr Karlsruhe)
- [D25] Karl Hartmann:
Der Einsatz einer integrierten Software-Entwicklungsumgebung im Hause der SGZ-Bank
Diplomarbeit, 1995
(externer Partner: SGZ-Bank, Frankfurt/Karlsruhe)
- [D26] Jürgen Hofner:
Konzeption und Implementierung eines Organisationsassistenten zur Unterstützung der Arbeit in Gruppen
Diplomarbeit, 1995
- [D27] Konstantin von Kienlin:
Entwicklung einer Datenbank zur Verwaltung von Bewerbungen
Diplomarbeit, 1995
(externer Partner: Lufthansa, Stuttgart)
- [D28] Andreas Mai:
Methoden zur Geschäftsprozeßmodellierung und -optimierung
Diplomarbeit, 1995
- [D29] Katharina Mehwald:
Erreichbarkeitsanalysen in höheren Petri-Netzen
Diplomarbeit, 1995

- [D30] Thomas Kötter:
Konzeption und Implementation eines Terminvereinbarungssystems
Diplomarbeit, 1995
- [D31] Volker Kratschmann:
Konzeption und Implementierung eines Unterstützungssystems für Gruppenscheidungen
Diplomarbeit, 1995
- [D32] Dirk Pantring:
Konzeption und Implementierung einer hypertextbasierten Arbeitsumgebung zur Informationsverwaltung
Diplomarbeit, 1995
- [D33] Robert Schrems:
Realisierung eines Query-Managers für graphische Anfragen an temporale Datenbanken
Diplomarbeit, 1995
- [D34] Christoph Schröder
Graphische Animation bei der Petri-Netz-Simulation - Konzepte und Realisierung
Diplomarbeit, 1995
- [D35] Michael Stender:
Reviewkonzepte und deren Umsetzung bei SAP
Diplomarbeit, 1995
(externer Partner: SAP, Walldorf)

Anhang IV Vorträge zum Projekt

(Die nachfolgenden Liste enthält die im Zusammenhang mit dem Projekt gehaltenen Vorträge in chronologischer Reihenfolge)

W. Stucky:

Rechnergestützte Entwicklungs- und Wartungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme INCOME/STAR, 25. Februar 1992, Kolloquium im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Dresden

P. Sander:

Modellierung von Abläufen in NF2-Datenbanken durch höhere Petri-Netze, 25. Februar 1992, 2. GI-Workshop "Informationssysteme und Künstliche Intelligenz", Ulm

T. Mochel:

An Object Oriented Simulation Concept for Simulation of Embedded Systems, 2. Juni 1992, Simulation Multiconference, York/Großbritannien

V. Sänger:

Evolutionary System Development: An Approach Based on Petri Net Simulation, 2. Juni 1992, Simulation Multiconference, York/Großbritannien

P. Sander:

Spezifikation des Verhaltens komplexer Objekte durch höhere Petri-Netze, 25. Juni 1992, Informatik-Kolloquium, Technische Universität Braunschweig

A. Oberweis, G. Scherrer:

INCOME/STAR: Rechnergestützte Entwicklungs- und Wartungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme, 27. Juni 1992, Kolloquium im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Berlin

W. Stucky:

Zur Beherrschbarkeit des Entwicklungsprozesses komplexer Software-Systeme, 16. Juli 1992, HTW Hochschule für Technik und Wirtschaft, Saarbrücken

A. Oberweis:

An Approach to the Simulation of Heterogeneous Systems, 27. August 1992, 4th International Symposium on Systems Analysis and Simulation, Berlin

A. Oberweis:

Einsatzmöglichkeiten von Hypertext beim Software Engineering und Knowledge Engineering 16. September 1992, GI-Fachtagung Hypertext und Hypermedia 92, München

T. Mochel:

An Open Simulation Environment for the Validation of Embedded System Design, 30. September 1992, European Simulation Conference, Capri/Italien

V. Sänger:

Graphical Query Facility for Large Net Simulation Runs, 1. Oktober 1992, European Simulation Conference, Capri/Italien

W. Stucky:

INCOME/STAR - Konzepte für eine Entwicklungs- und Wartungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme, 26. Oktober 1992, Informatik-Kolloquium, Technische Universität Braunschweig

A. Oberweis:

INCOME/STAR: Entwicklungs- und Wartungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme, 8. Dezember 1992, Arbeitstreffen im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Münster

W. Stucky:

INCOME/STAR - Konzepte für eine Entwicklungs- und Wartungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme, 16. Dezember 1992, Informatik-Kolloquium, Universität Zürich

A. Oberweis:

Querbezüge des Knowledge Engineering zu Methoden des Software Engineering und der Entwicklung von Informationssystemen (aus Sicht des Information Systems Engineering), 17. Februar 1993, Workshop Querbezüge des Knowledge Engineering zu Methoden des Software Engineering und der Entwicklung von Informationssystemen im Rahmen der "2. Deutschen Tagung Expertensysteme", Hamburg

G. Scherrer:

INCOME/STAR: Rechnergestützte Entwicklungs- und Wartungsumgebung für verteilte betriebliche Informationssysteme, 26. Februar 1993, Kolloquium im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Hohenheim

A. Oberweis:

Petri Net Based Modelling of Procedures in Complex Object Database Applications, 26. April 1993, Dagstuhl-Seminar "Formal Aspects of Object Base Dynamics", Schloß Dagstuhl

A. Oberweis:

Simulation datenbankgestützter Automatisierungssysteme mit INCOME, 14. Mai 1993, 3. Fachtagung Entwurf komplexer Automatisierungssysteme, Braunschweig

A. Oberweis:

Modellierung von betrieblichen Abläufen mit NR/T-Netzen, 27. Mai 1993, Treffen der AG "Geschäftsprozeßplanung, Workflow und Petri-Netze" im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Trier

A. Oberweis:

Integrierte Modellierung betrieblicher Abläufe und komplexer Objektstrukturen, 2. Juli 1993, Kolloquium im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Karlsruhe

A. Oberweis:

Einsatz von INCOME/STAR zur Bearbeitung der Aufgabenstellung "Wissensbasiertes Informationssystem zur Tagungsverwaltung" (Teil 1), 17. August 1993, Treffen des Arbeitskreises "Vergleichende Analyse von Problemstellungen und Lösungsansätzen in den

Fachgebieten Informationssystementwicklung, Software Engineering und Knowledge Engineering", Karlsruhe

W. Stucky:

ProMISE - ein rechnergestütztes Vorgehensmodell zur Entwicklung und Wartung von Informationssystemen, 30. September 1993, Symposium Informationswirtschaft - aktuelle Entwicklungen und Perspektiven, Wien

V. Sänger:

Simulation and Analysis of Information System Behaviour Models, 26. Oktober 1993, European Simulation Symposium ESS '93, Delft/Niederlande

A. Oberweis:

Petri Net Based Modelling of Procedures in Complex Object Database Applications, 4. November 1993, IEEE 17th Annual International Computer Software and Applications Conference COMPSAC 93, Phoenix/Arizona

A. Oberweis:

Modelling the Synchronization of Operations on Complex Structured Objects in Distributed Information Systems, 5. Dezember 1993, 3rd Workshop on Information Technologies and Systems WITS'93, Orlando/Florida

P. Jaeschke:

Extending ER-Model Clustering by Relationship Clustering, 17. Dezember 1993, 12th International Conference on the Entity-Relationship Approach ER93, Arlington/Texas

P. Jaeschke:

Extending ER-Model Clustering by Relationship Clustering, 21. Januar 1994, Kolloquium im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Würzburg

W. Stucky:

Neue Methoden im Information System Engineering: NR/T-Netze und ER-Clustering, 31. Januar 1994, Informatik Kolloquium, Universität Würzburg

T. Wendel:

Rechnergestützte Kommunikation in Software-Entwicklungsprojekten, 8. Februar 1994, 17. Europäische Congressmesse für technische Kommunikation ONLINE '94, Hamburg

A. Oberweis:

Einsatz von INCOME/STAR zur Bearbeitung der Aufgabenstellung "Wissensbasiertes Informationssystem zur Tagungsverwaltung" (Teil 2), 10. Februar 1994, Treffen des Arbeitskreises "Vergleichende Analyse von Problemstellungen und Lösungsansätzen in den Fachgebieten Informationssystementwicklung, Software Engineering und Knowledge Engineering", Karlsruhe

A. Oberweis:

Modellierung und Analyse betrieblicher Abläufe - Aktuelle Trends, 22. Februar 1994, Informationsveranstaltung "Modellierung und Analyse betrieblicher Abläufe - Grundlage für effiziente Informationssysteme" der IHK-Unternehmens- und Technologieberatung, Karlsruhe

A. Oberweis:

Workflow Management in Software Engineering Projects, 7. April 1994, International Conference on Concurrent Engineering and Electronic Design Automation, Bournemouth/Großbritannien

G. Scherrer:

ProMISE - a Process Model for Information System Evolution, 12. April 1994, 3rd Maghrebian Conference on Software Engineering and Artificial Intelligence MCSEAI '94, Rabat/Marokko

W. Stucky:

Neue Methoden im Information System Engineering: NR/T-Netze und ER-Clustering, 6. Mai 1994, Informatik Kolloquium, Universität Klagenfurt/Österreich

A. Oberweis:

Modellierung von Abläufen auf komplex strukturierten Objekten mit NR/T-Netzen, 8. Juni 1994, Informatik-Kolloquium, Universität Koblenz-Landau

W. Stucky:

Unternehmensmodellierung: Grundlage und Bedeutung für die betriebliche Praxis, 16. Juni 94, Technologie Kongreß '94: Informatik-Anwendungen für den Mittelstand, Karlsruhe

T. Wendel:

Unterstützung kooperativer, verteilter Abläufe in INCOME/STAR, 4. Juli 1994, Kolloquium im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Bamberg

W. Weitz:

GAPS - A Multiuser Tool for Graphical Simulation of Petri Nets, 23. August 1994, 1st Joint Conference of International Simulation, Zürich/Schweiz

T. Wendel:

Teamwork Coordination in a Distributed Software Development Environment, 31. August 1994, GI-Fachgespräch 9: "Kommunikation und Koordination in verteilten betrieblichen Anwendungen" im Rahmen der IFIP '94, Hamburg

G. Scherrer:

INCOME/STAR-ProMISE: Process-Centered Information System Development, 20. September 1994, Workshop "Vorgehensmodelle und Methoden zur Entwicklung komplexer Software-Systeme" im Rahmen der KI '94, Saarbrücken

V. Sänger:

GTL - A Graphical Query Language for Temporal Data, 28. September 1994, 7th International Working Conference on Scientific and Statistical Database Management, Charlottesville/ Virginia

T. Wendel:

Evolutionäre Vorgehensweise zur Einführung der rechnergestützten Teamarbeit in Organisationen, 29. September 1994, D-CSCW '94-Tagung, Marburg

P. Jaeschke:

Bedeutung und Einsatz eines integrierten Ansatzes zur Analyse, Simulation und Realisierung von Geschäftsprozessen, 13. Oktober 1994, Gemeinsames Treffen der GI-Fachgruppen EMISA und MobIS, Münster

V. Sänger:

GTL - eine graphische Anfragesprache für temporale Daten, 22. Oktober 1994, Tag der Angewandten Informatik Karlsruhe TAIK 1994, Karlsruhe

A. Oberweis:

Verteilte betriebliche Abläufe und komplex strukturierte Objekte: Integriertes Modellierungskonzept für Workflow-Managementsysteme, 28. November 1994, Informatik-Kolloquium, Universität Oldenburg

P. Jaeschke:

Deriving Complex Structured Object Types for Business Process Modelling, 13. Dezember 1994, 13th International Conference on the Entity-Relationship Approach ER94, Manchester/Großbritannien

A. Oberweis:

INCOME/STAR: Methodology and Tools for the Cooperative Development of Distributed Information Systems, 10. Januar 1995, IFIF Working Group Meeting, Karlsruhe

A. Oberweis:

Flexibles Management verteilter, kooperativer betrieblicher Abläufe, 27. Januar 1995, Kolloquium im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Bremen

A. Oberweis:

Verteilte betriebliche Abläufe und komplex strukturierte Objekte: Integriertes Modellierungskonzept für Workflow-Managementsysteme, 24. Februar 1995, Fa. LION, Bochum

G. Scherrer:

Über den Umgang mit informalen Informationen in einem evolutionären Vorgehensmodell: Die frühen Phasen in ProMISE, 13. März 1995, 2. GI-Workshop "Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung", Karlsruhe

W. Weitz:

GAPS+ - Simulationskomponente von INCOME/STAR, 30. Juni 1995, Kolloquium im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms "Verteilte DV-Systeme in der Betriebswirtschaft", Frankfurt/Oder

H. Richter:

Unterstützung kooperativer Arbeit in INCOME/STAR, 7. Juli 1995, Workshop Koordinationsmethoden und -werkzeuge bei der computergestützten kooperativen Arbeit, Bamberg

W. Weitz:

Entwurfsvalidation für verteilte Informationssysteme mit dem graphischen, mehrbenutzerfähigen Pr/T-Netz-Simulator GAPS+, 18. September 1995, Gemeinsame Jahrestagung GI/SI GISI '95, Zürich