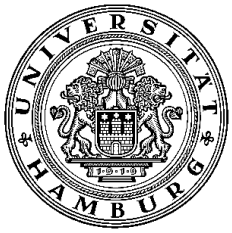
Universität Hamburg
FB Informatik
Vogt-Kölln-Str. 30
22527 Hamburg



Eine transportorientierte Workflow-Sprache: Definition, Anwendung und Bewertung

Diplomarbeit

vorgelegt von:
Stephan Ziemer
Ebelingstraße 1
21073 Hamburg
2ziemer@informatik.uni-hamburg.de

Erstbetreuer:
Prof. Dr. J.W. Schmidt, AB STS, TU Hamburg-Harburg
Zweitbetreuer:
Prof. Dr. A. Rolf, FB Informatik, Uni Hamburg

Hamburg, November 1998

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Gliederung **5**
- 1.1 Ziel der Arbeit . . . 5
- 1.2 Gliederung . . . 6

2 WF-Modelle und WF-Management-Systeme **7**
- 2.1 Grundlagen der Workflowmodellierung . . . 7
  - 2.1.1 Begriffe der Workflowmodellierung . . . 7
  - 2.1.2 Definition und Aspekte von Workflows . . . 13
  - 2.1.3 Workflow-Management-Systeme . . . 15
- 2.2 Workflow-Sprachen und -Systeme . . . 20
  - 2.2.1 Beispiel: Flugzeugkonstruktionsprozeß (FKP) . . . 20
  - 2.2.2 Agentenorientierter Ansatz: INCAs . . . 22
  - 2.2.3 Graphischer Ansatz: INCOME . . . 25
  - 2.2.4 Textueller, aspektorientierter Ansatz: MOBILE . . . 32
  - 2.2.5 Bewertung der Workflow-Sprachen . . . 37

3 Stadtverkehr **41**
- 3.1 Verkehrsarten . . . 41
- 3.2 Der ÖPNV und sein Umfeld . . . 42
- 3.3 Netzpläne . . . 44
  - 3.3.1 Funktionen von Netzplänen . . . 44
  - 3.3.2 Karten als graphische Kommunikation . . . 44
  - 3.3.3 Londons Netzplan: Ein historischer Abriß . . . 45
- 3.4 Fahr- und Servicepläne . . . 49
- 3.5 Reiseplanung und -durchführung . . . 51

4 Die metaphorische WF-Sprache MTX **53**
- 4.1 Die Workflow-Sprache MTX . . . 53
  - 4.1.1 Eine Metapher für Workflows . . . 53
  - 4.1.2 Maps, Tabs und TiX . . . 55
  - 4.1.3 Ablauf eines MTX-Workflows . . . 57
  - 4.1.4 Stationen, Fahr- und Servicepläne . . . 58
  - 4.1.5 Reisegruppen . . . 60
  - 4.1.6 MTX-Netzpläne . . . 61
  - 4.1.7 Mathematische Beschreibung . . . 63
- 4.2 Der FKP in MTX . . . 66

4.3 MTX-Implementierungen 68
4.3.1 MTX(INCAs) 68
4.3.2 MTX(INCOME) 70
4.3.3 MTX(MOBILE) 71

5 Bewertung und Ausblick **73**

A Netzpläne **75**

B Fahr- und Servicepläne des FKP **83**

Literaturverzeichnis **87**

Kapitel 1

Einleitung und Gliederung

Prozeßorientierung wird oft als Schlagwort für den Erfolg eines Unternehmens genannt (vgl. die Diskussion in [Mau97]). Prozeßorientierung meint hierbei, daß das Management Unternehmensabläufe (Geschäftsprozesse) definiert, die anschließend im Unternehmen umgesetzt werden. Diese Umsetzung geschieht im zunehmenden Maße durch *Workflow-Systeme*. Diese Softwaresysteme haben konkrete Arbeitsabläufe nicht — wie bei traditionellen Systemen üblich — fest verdrahtet, sondern in veränderlicher Form vorliegen. Dadurch lassen sich Änderungen an den Abläufen schneller und kostengünstiger vornehmen.

Das Angebot an „Workflow-Management-Software“ ist vielfältig, [Jab97, S.5] spricht von 150 Anbietern auf der Computermesse CeBit im Jahre 1994. „Die Vielfalt der Ansätze sowohl im kommerziellen als auch im wissenschaftlichen Bereich kann verwirren, wenn es darum geht, das eigentliche und grundlegende Konzept von Workflow-Management zu identifizieren. Das Spektrum von Konzepten reicht von erweiterten Transaktionen, die sicherlich noch weit von der eigentlichen Workflow-Management-Idee entfernt sind, über Ausführungsumgebungen für erweiterte Petri-Netze, welche auch nur eine Facette des Workflow-Management-Ansatzes umfassen, zur Geschäftsprozeß-Modellierung, die nur als eine (notwendige) Vorstufe hin zum Workflow-Management zu betrachten ist“ [Jab97, S.5].

1.1 Ziel der Arbeit

Das Ziel der Arbeit ist die Definition einer Workflow-Sprache, die

- sowohl den Anforderungen an die Mächtigkeit einer Workflow-Sprache genügt,
- als auch die Workflows in einer auch Nicht-Informatikern verständlichen Art und Weise darstellt.

Um dieses Ziel zu erreichen, muß die Sprache

- *graphische Elemente* beinhalten, um die Zusammenhänge verständlich zu machen, und

- *textuelle Elemente* beinhalten, um mächtig genug zu sein.

Da jedoch allein die graphische Aufbereitung von Abläufen noch keine Verständlichkeit garantiert, wird *der öffentliche Transport als Metapher für Workflows* eingeführt. Aus der Metapher ergibt sich, welche Teile eines Workflows graphisch und welche textuell repräsentiert werden.

1.2 Gliederung

Die Arbeit gliedert sich in drei Teile.

Im ersten Teil werden bestehende Begriffe und Konzepte aus dem Bereich der kommerziellen wie akademischen Workflow-Systeme erläutert. Nach der allgemeinen Einführung in die Workflow-Terminologie, die Workflow-Definition und die Architektur von Workflow-Management-Systemen (WFMS), werden die Workflow-Sprachen drei existierender WFMS anhand eines durchgängigen Beispiels aus der Praxis untersucht.

Der zweite Teil befaßt sich mit Konzepten und Darstellungsmethoden im öffentlichen (Personen-)Transport, dem ÖPNV. Nach einigen Begriffsdefinitionen wird ein historischer Abriß über die erfolgreichste Darstellungsart gegeben. Abschließend wird die Informationsverwendung im ÖPNV beleuchtet.

Im dritten Teil werden die Konzepte aus den ersten beiden Teilen aufeinander abgebildet und so die metaphorische Workflow-Sprache *MTX* definiert. Die metaphorische Definition wird konkretisiert und mathematisch fundiert. Das Beispiel aus dem ersten Teil wird mit Hilfe der MTX-Sprache ausgedrückt und mögliche Implementierungen der MTX-Sprache, die auf bereits bestehenden WFMS aufbauen, angedeutet.

Danksagung

Mein größter Dank gilt Prof. Dr. J.W. Schmidt, AB STS, TU Hamburg-Harburg. Diese Arbeit baut auf seiner Idee auf und er hat mir durch eingehende Diskussionen und durch Ermöglichung der Teilnahme an der EDBT'98 und eines Workshops der CIS sehr geholfen. Ohne seine Hilfe und sein Interesse am Thema wäre diese Arbeit nie entstanden.

Ich danke weiterhin G. Schröder, ebenfalls vom AB STS. Er hat mehrmals diese Arbeit Korrektur gelesen und mich auf viele Probleme hingewiesen.

Besonderer Dank gebührt Dr. C. Bussler, The Boeing Company. Er hat mir freundlicherweise die Beschreibung jenes Workflows zukommen lassen, den ich als durchgehendes Beispiel verwendet habe. Es ist nicht leicht, einen realen, von kompetenter Seite beschriebenen Workflow zu erhalten.

Weiterer Dank geht an Prof. Dr. F. Matthes für seine Anregungen und sein Interesse an der Sache, sowie an Patrick Hupe und Holm Wegner für ihre Diskussionen über die Business Conversations und Workflow-Management.

Prof. Dr. A. Rolf, FB Informatik, Universität Hamburg danke ich für die Zweitbetreuung.

Kapitel 2

Workflow-Modelle und Workflow-Management-Systeme

Im ersten Teil dieses Kapitels werden zunächst Grundlagen der Workflowmodellierung und -ausführung beschrieben. Der zweite Teil stellt drei existierende Workflow-Modelle und Workflow-Management-Systeme dar und gibt Unterschiede und Gemeinsamkeiten an.

Es ist das Ziel, einen Überblick über Grundlagen und den Stand der Technik im Bereich der Workflows zu geben.

2.1 Grundlagen der Workflowmodellierung

Begriffe wie „Workflow“, „Workflow-Management“ oder „Geschäftsprozesse“ sind Schlagwörter, die in den letzten Jahren zunehmende Verwendung gefunden haben, aber erst in Ansätzen einheitlich in der Literatur verwendet werden[1].

Die in dieser Arbeit verwendeten Begriffe werden im folgenden definiert, um zu einer durchgehenden Terminologie zu gelangen.

2.1.1 Begriffe der Workflowmodellierung

In dieser Arbeit wird weitgehend die von Jablonski und Ornter in [Jab97] vorgeschlagene Terminologie verwendet. Ähnliche Normierungsansätze zur Workflow-Terminologie finden sich etwa in [Wor96c] oder [Deu96]. Da die in [Jab97] vorgeschlagene Terminologie von den vielen Autoren des Buches getragen wird, besteht jedoch die Hoffnung, daß sie sich zumindest in einem Teil der Literatur als Standard durchsetzen wird.

Geschäftsprozesse

> „Ein *Geschäftsprozeß* ist ein Vorgang in Wirtschaftseinheiten (Unternehmen, Verwaltungseinheiten etc.), der einen wesentlichen Bei-

[1] Beispielsweise faßt Oberweis in [Obe96] die Begriffe „Workflow“ und „Geschäftsprozeß“ unter dem Begriff „betrieblicher Ablauf“ zusammen, während die Autoren in [Jab97] zwischen den beiden Begriffen unterscheiden und den Begriff des „betrieblichen Ablaufs“ nicht verwenden.

> trag zu einem nicht notwendigerweise ökonomischen Unternehmenserfolg leistet. Dabei läuft er in der Regel funktions-, hierarchie- und standortübergreifend ab, kann die Unternehmensgrenzen überschreiten und erzeugt einen meßbaren, direkten Kundennutzen.“ [Jab97, Glossar]

Ein Geschäftsprozeß in diesem Sinne entspricht ungefähr dem englischen „Business Process“. Ein „Process“ wird so definiert: „a collection of activities that takes one or more kinds of input and creates an output that is of value to the customer“ [Ham93].

Zur Modellierung von Geschäftsprozessen existieren zahlreiche Methoden, z.B. die Methode der Ereignis-Prozeß-Ketten nach [Sch97], die auch in Softwaresystemen wie dem Aris-Tool-Set oder dem System SAP R/3 verwendet wird. Einzelheiten zum Aris-Tool-Set finden sich in [Sch98], einen Überblick über SAP R/3 gibt [Zie97].

Die Bestimmung und Modellierung von Geschäftsprozessen obliegt dem Management.

Workflows

> „Ein *Workflow* (WF) ist eine zum Teil automatisiert (algorithmisch) — von einem Workflow-Management-System (WFMS) gesteuert — ablaufende Gesamtheit von Aktivitäten, die sich auf Teile eines Geschäftsprozesses oder andere organisationelle Vorgänge beziehen. Ein Workflow besteht aus Abschnitten (Subworkflows), die weiter zerlegt werden können. Workflows haben einen definierten Anfang, einen organisierten Ablauf und ein definiertes Ende.“ [Jab97, Glossar]

Nach [McC92] werden im kommerziellen Bereich drei verschiedene Arten von Workflows unterschieden: Ad-hoc-, administrative und Produktionsworkflows; vgl. Tabelle 2.1.

Sie unterscheiden sich in

- Häufigkeit und Vorhersagbarkeit,
- Überwachung der Ausführung (Mensch/Maschine) sowie
- im Kundennutzen.

Ad-hoc-Workflows haben kein im Vorhinein festgelegtes Muster zur Informationsübertragung zwischen den beteiligten Aktoren (Personen und Computern). Die Reihenfolge und die Koordination der einzelnen Arbeitsschritte obliegt während der Ausführung einem Menschen. Reihenfolge- und Koordinationsentscheidungen werden während der Ausführung getroffen. Zur Unterstützung von Adhoc-Workflows werden *Groupware-Systeme*, auch *Computer Supported Cooperative Work-Systeme* (CSCW-Systeme) genannt, benutzt; die einzelnen Workflows zeichnen sich durch ihre Einmaligkeit aus. Näheres zu CSCW-Systemen findet sich z.B. in [Teu95].

WF-Typ	*Häufigkeit*	*Vorhersagbarkeit*	*Überwachung*	*Kundennutzen*
Ad-hoc	einmalig	gering	Mensch	
administrativ	oft	gut	Maschine	nur indirekt
Produktions-workflow	oft	gut	Maschine	direkt

Tabelle 2.1: Verschiedene Workflow-Typen.

Administrative Workflows beinhalten sich oft wiederholende, vorhersagbare Prozesse mit einfachen Koordinationsregeln. Ein solcher Workflow ist beispielsweise eine Reisekostenabrechnung. Die Reihenfolge und Koordination ist automatisiert, die Infrastruktur für diese Workflows beruht beispielsweise auf einem Emailsystem.

Produktionsworkflows sind die Umsetzung von Geschäftsprozessen; sie wiederholen sich häufig und sind relativ gut vorhersagbar. Sie umfassen eine komplizierte Informationsverarbeitung und ihre Automatisierung ist nicht einfach. So muß das WFMS zur Bestimmung der nächsten Schritte semantisches Wissen über den Prozeß haben. Dieses Wissen befindet sich häufig in speziellen Anwendungen, z.B. einer SAP R/3-Tabelle, und muß über Filter und andere Kommunikationswege dem WFMS mitgeteilt werden. Oftmals ist das Wissen auch noch über viele Altanwendungen verteilt, die als Speziallösungen zur Verrichtung einzelner Arbeitsschritte gedacht sind.

Eine eingehende Diskussion der WF-Typen findet sich in [Geo95].

Ein anderes Unterscheidungskriterium für Workflows ist nach [Geo95] ihre Orientierung. Hierbei gibt es die beiden Extreme der *Menschorientierung* und der *Systemorientierung*.

Bei *systemorientierten* Workflows werden Computersysteme koordiniert. Die Computersysteme führen rechenintensive Operationen und automatisierte Arbeitsschritte aus. Systemorientierte Workflows verlaufen mit keiner oder nur wenig menschlicher Interaktion. Mechanismen zur Kontrolle von Nebenläufigkeiten und des Informationsaustausches zwischen verschiedenen Arbeitsschritten sind notwendig. Sämtliches semantisches Wissen über den Workflow, d.h. alle notwendigen Daten und Prozeduren, ist für das WFMS verfügbar.

Menschorientierte Workflows besitzen kein oder nur wenig semantisches Wissen über die zu verarbeitenden Informationen. Der Schwerpunkt ist dabei auf folgende Punkte gerichtet:

- Mensch-Maschine Interaktion
- Abbildung menschlicher Fähigkeiten auf die Anforderungen der Arbeitsschritte
- Abbildung der Geschäftsprozeßanforderungen auf Funktionalität vorhandener Informationssysteme
- Sicherstellung richtiger und zuverlässiger Ausführung

Zwischen diesen beiden Extremen sind die *transaktionalen Workflows* angesiedelt, wie Abbildung 2.1 verdeutlicht. Sie umfassen die koordinierte Ausführung vieler Arbeitsschritte, die

- von Menschen ausgeführt werden können;
- möglicherweise Zugriff auf heterogene, autonome, verteilte Systeme voraussetzen;
- gewisse transaktionale Eigenschaften aufweisen, wie z.B. Atomarität oder Dauerhaftigkeit.

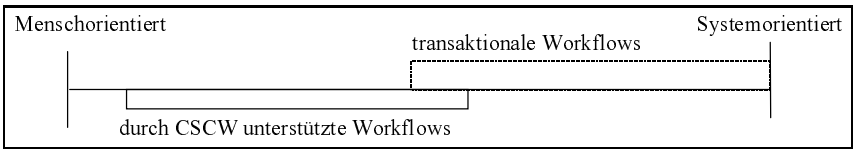


Abbildung 2.1: Charakterisierung von Workflows nach [Geo95].

Der Begriff der Transaktion ist aus dem Bereich der Datenbanken entlehnt; Workflow-Systeme setzen zumeist auf Datenbanken als persistentem Speicher auf. Workflows werden teilweise mit dem Attribut „transaktional“ versehen, diese Begriffsbildung legt eine Entsprechung von „Datenbanktransaktionen“ und „Workflows“ nahe. Diese Entsprechung ist aber irreführend; um die Gemeinsamkeiten und Unterschiede herauszustellen, wird zunächst kurz erläutert, was eine Datenbanktransaktion ist und welche Eigenschaften sie hat, anschließend werden Eigenschaften transaktionaler Workflows erläutert. Eine eingehendere Beschreibung von Datenbanktransaktionen und ihren Eigenschaften findet sich z.B. in [Loc87].

Im Bereich der Datenbanken werden Transaktionen als eine unteilbare Folge von Operationen beschrieben, die eine Datenbank von einem konsistenten Zustand in einen nicht notwendig verschiedenen konsistenten Zustand überführt (nach [Loc87]). Eine Datenbanktransaktion erfüllt dabei die sogenannte *ACID-Eigenschaft*:

A tomicity: Es werden entweder alle Operationen oder keine Operation der Transaktion ausgeführt. Dies bedeutet, daß, wenn eine Operation der Transaktion scheitert, alle bisher ausgeführten Operationen der Transaktion rückgängig gemacht werden.

C onsistency: Die Operationen erhalten die Konsistenz der Daten.

I solation: Die Auswirkungen der einzelnen Operationen auf die Daten wird für andere Transaktionen erst sichtbar, wenn sicher ist, daß alle Operationen der Transaktion erfolgreich ausgeführt wurden. Alle Auswirkungen werden dann *gleichzeitig* sichtbar.

D urability: Ist eine Transaktion erfolgreich ausgeführt worden, so bleiben ihre Auswirkungen (dauerhaft) sichtbar, selbst wenn es danach zu Systemausfällen kommt.

Diese im Datenbankbereich allgemein akzeptierten Eigenschaften lassen sich jedoch nur begrenzt auf Workflows übertragen. Dies hat folgende Ursachen:

- Bestimmte Arbeitsschritte eines Workflows können u.U. nicht rückgängig gemacht werden, wie z.B. ein geführtes Telefonat oder das Verkleben des Kunststoffes für einen Schiffsrumpf. Eine strenge Atomarität wie bei Datenbanktransaktionen kann also im Allgemeinen für Workflows nicht gefordert werden.

- Das Ergebnis eines Workflows hängt von parallel laufenden Workflows ab. Zum Beispiel kann die Untersuchung eines Patienten auf Symptome einer Krankheit von Zwischenergebnissen der parallel laufenden Blutuntersuchung beeinflußt werden, genauso, wie sich bei der Untersuchung des Patienten die Menge der zu untersuchenden Blutwerte ändern kann.

- Die Definition der „Konsistenz“ eines konkreten Workflows ist oft nicht einfach, weil sich der Workflow während der Ausführung aufgrund von Modifikationen am Workflow-Schema oder anderen äußeren Einflüssen ändern kann.

Den obigen Problemen Rechnung tragend, genügen transaktionale Workflows also nur bedingt der ACID-Eigenschaft. Transaktional im Sinne von Workflows bedeutet die Aufweichung der ACID-Eigenschaft, z.B. durch explizite Behandlung der Inter- und Intra-Workflow-Abhängigkeiten. Eine eingehendere Diskussion findet sich z.B. in [Geo95] oder [Alo96].

Grundsätzlich lassen sich die Modellierungsansätze für Workflows in zwei Gruppen einteilen:

1. Die ablauforientierten Ansätze betonen die Folge von Bearbeitungsschritten, die notwendig sind, um bestimmte Arbeiten zu erledigen. In diesen Bereich fallen z.B. INCOME, INCAs oder MOBILE, Systeme, die im zweiten Teil dieses Kapitels beschreiben werden.

2. Die kommunikationsorientierten Ansätze betonen die Kommunikation zwischen demjenigen, der eine bestimmte Aufgabe erledigt haben möchte (dem Kunden), und demjenigen, der diese Aufgabe erledigt (dem Dienstleister). Sie beruhen auf der Sprechakttheorie nach [Aus62, Sea69], die Winograd und Flores erstmals in [Flo80, Win87] als Instrument für Modellierungsprozesse im Bürobereich verwendeten. Ein Workflow-System, das diesem Ansatz folgt, ist das Produkt Action-Workflow der Firma Action Technologies. In der vorliegenden Arbeit wird dieser Ansatz nicht weiter verfolgt; in [Cal97] wird eine Beispielmodellierung im Detail beschrieben.

Workflow-Instanz

> „Eine Workflow-Instanz ist die Beschreibung eines konkreten (singulären) Workflows. Workflow-Instanz bezeichnet Gegenstände auf Zeichenebene (sprachliche Ebene), während der „Workflow“ Gegenstände (Geschehnisse) im Anwendungsbereich beschreibt.“ [Jab97, Glossar]

Eine Workflow-Instanz ist also die Repräsentation der Arbeit, die tatsächlich ausgeführt wird. Diese Repräsentation kann — muß aber nicht — computergerecht sein.

Workflow-Schema

> „Ein Workflow-Schema stellt eine zielgerichtete Anordnung von Begriffen (z.B. Ding-, Eigenschafts- und Geschehnisbegriffe) zur Beschreibung, Ausführung und Steuerung von Workflows auf sprachlicher Ebene (Zeichenebene) dar. Es ist aus Begriffen für Ein- und Ausgabeparameter (Attribute), Reihenfolgen (Kontrollflußkonstrukte), Bedingungen (Constraints), Funktionen (Operationen) etc. zusammengesetzt.“ [Jab97, Glossar]

Ein Workflow-Schema ist eine Blaupause für Workflow-Instanzen. Für jeden prinzipiellen Arbeitsablauf gibt es ein Workflow-Schema, für jeden konkreten Arbeitsablauf eine mit Hilfe des Workflow-Schemas gewonnene Workflow-Instanz.

Workflow-Sprache

> „Eine Workflow-Sprache ist ein Beschreibungs- und Entwurfsinstrument für Workflow-Management-Anwendungen. Sie umfaßt z.B. eine Liste von orthogonalen Aspekten [...]. Darüber hinaus kann eine Workflow-Sprache auch für die Kommunikation zwischen Workflow-Management-System und ihre System-Administration ausgelegt sein.“ [Jab97, Glossar]

Eine Workflow-Sprache legt fest, wie sprachlich korrekte Workflow-Schemata aussehen müssen. Zu Arbeitsabläufen, die Elemente enthalten, die nicht mit Hilfe der Workflow-Sprache beschreiben werden können, kann entsprechend auch kein adäquates Workflow-Schema definiert werden.

Abbildung 2.2 faßt die Beziehungen der Begriffe „Workflow-Sprache“, „Workflow-Schema“, „Workflow-Instanz“, „prinzipieller Arbeitsablauf“ und „tatsächlicher Arbeitsablauf“ zusammen.

Workflow-Management-Anwendung

> „Eine Workflow-Management-Anwendung ist eine implementierte und eingeführte Lösung zur Steuerung von Workflows mit einem WFMS. Sie umfaßt die Komponenten WFMS, WF-Schemadaten, und WF-Instanzen, eingesetzte Akteure und WF-Applikationen sowie die implementierten Benutzungsschnittstellen für die Anwender und Betreiber des Systems.“ [Jab97, Glossar]

Eine WF-Applikation stellt eine Funktion zur Erledigung elementarer Aufgaben bereit. Dies sind meist WFMS-externe Applikationen, wie z.B. eine Textverarbeitung oder eine SAP-Transaktion.

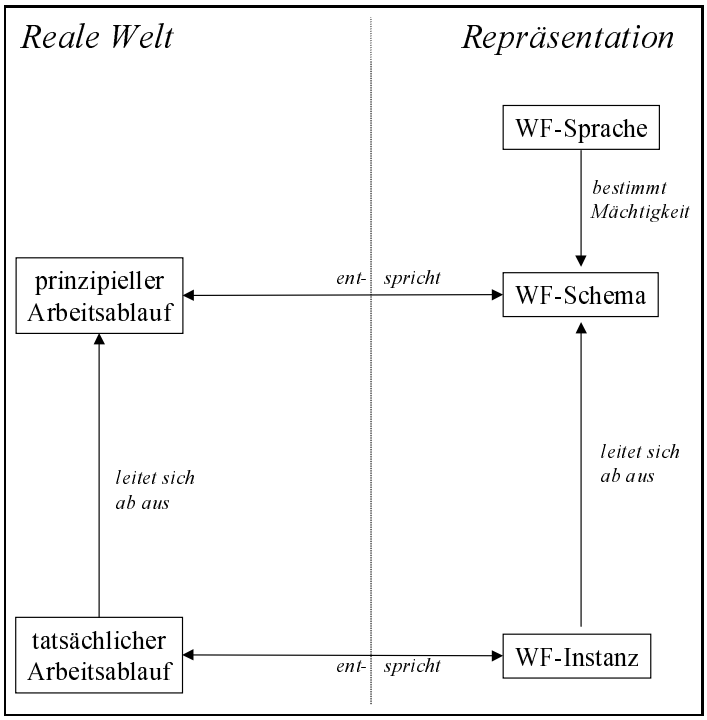


Abbildung 2.2: Zusammenhang zwischen Workflow und Arbeitsablauf

2.1.2 Definition und Aspekte von Workflows

Bei der Definition eines konkreten Workflows müssen nach [Ley98] drei Dimensionen bestimmt werden; die in [Jab96, Jab97] aufgeführten *Aspekte* können diesen Dimensionen zugeordnet werden. Aspekte sind eine Verfeinerung der Dimensionen.

Workflows werden in folgende Dimensionen mit zugeordneten Aspekten eingeteilt, vgl. Abbildung 2.3:

1. *Was*: Diese Dimension legt fest, was, in welcher Reihenfolge, unter welchen Bedingungen, usw. geleistet werden soll.

   Diese Dimension umfaßt drei Aspekte:

   - *Funktionsaspekt.* Der Funktionsaspekt stellt Konstrukte zur Definition von Workflow-Schemata bereit. Hierbei gibt es Konstrukte für einfache (elementare) Workflow-Schemata und komplexe Workflow-Schemata. Mit diesen Konstrukten wird eine hierarchische Aufgabenzerlegung definiert.
   - *Informationsaspekt.* Der Informationsaspekt ermöglicht die Definition von Parametern, von lokalen Variablen und von Datenflüssen innerhalb eines Workflow-Schemas. Dieser Aspekt umfaßt auch das semantische Wissen des WF-Schemas. Die Daten eines Workflows werden in zwei Kategorien eingeordnet: Die Kontrolldaten und die

Produktionsdaten. Kontrolldaten sind für das Workflow-System verständlich und zugreifbar, Produktionsdaten können nur von WF-Applikationen verwendet werden. Ein Beispiel für ein Produktionsdatum ist ein Konstruktionsplan, ein Kontrolldatum ist typischerweise der einzuhaltende Abgabetermin.

- *Verhaltensaspekt*. Der Verhaltensaspekt stellt Schema-Elemente zur Definition von Kontrollflußstrukturen zur Verfügung. Mit ihnen können typische Konstrukte wie Sequenz, Parallelität oder bedingte Verzweigung modelliert werden, jedoch auch komplexere, beispielsweise Verzögerung oder Deadline.

2. *Wer*: Dieser Aspekt beschreibt, wer die einzelnen Arbeitsschritte durchführen soll. Die Beschreibung umfaßt sowohl die Rollen[2] als auch die Zuordnung von Ressourcen (Menschen und Maschinen) zu diesen Rollen.

   Diese Dimension stimmt mit dem *Organisationsaspekt* überein.

3. *Womit*: Hier wird festgelegt, womit (mit welchen Hilfsmitteln) die einzelnen Arbeitsschritte ausgeführt werden sollen, der entsprechende Aspekt heißt *Operationsaspekt*.

Diese Liste von Aspekten ist nur als Liste *möglicher* Aspekte zu sehen. Im konkreten Anwendungsfall können einige Aspekte herausgelassen werden, andere können neu hinzukommen. So ist etwa ein Synchronisationsaspekt denkbar, der Abhängigkeiten zwischen mehreren Workflow-Instanzen verschiedener Workflow-Schemata oder desselben Workflow-Schemas beschreibt.

Kontrollflüsse innerhalb eines Workflows

Kontrollflüsse bestimmen, wann die Ausführung eines Arbeitsschritts im Verhältnis zu anderen Arbeitsschritten desselben Workflows zu geschehen hat. Üblicherweise werden vier grundsätzliche Verhältnisse angenommen:

Sequentielle Ausführung: Die einzelnen Arbeitsschritte werden *nacheinander* in einer vorher festgelegten Reihenfolge bearbeitet. Dabei kann der nächste Arbeitsschritt erst begonnen werden, wenn der vorige abgeschlossen ist. Zum Beispiel kann ein Kreditantrag erst dann verarbeitet werden, wenn die Höhe des gewünschten Kredits und die Kundennummer bekannt sind.

Parallele Ausführung: Die einzelnen Arbeitsschritte können *unabhängig* voneinander ausgeführt werden. Dies bedeutet entweder, daß sie zeitgleich ausgeführt werden, oder, daß sie in beliebiger Reihenfolge abgearbeitet werden können. Zum Beispiel ist es unerheblich, ob ein Kunde zuerst nach

[2] „Eine Rolle wird durch eine Menge von Zuständigkeiten, die eine Person durch Stellenzuordnung (Stellenbesetzung) erwirbt, charakterisiert. Zuständigkeit ist dabei ein Oberbegriff für Funktionen (Ausführungshandlungen), Verantwortungsbereiche (Entscheidungshoheit über Personen, Arbeitsmittel, Arbeitsstoffe, Termine, Finanzmittel) und Ziele (Resultate).“[Jab97, Glossar].

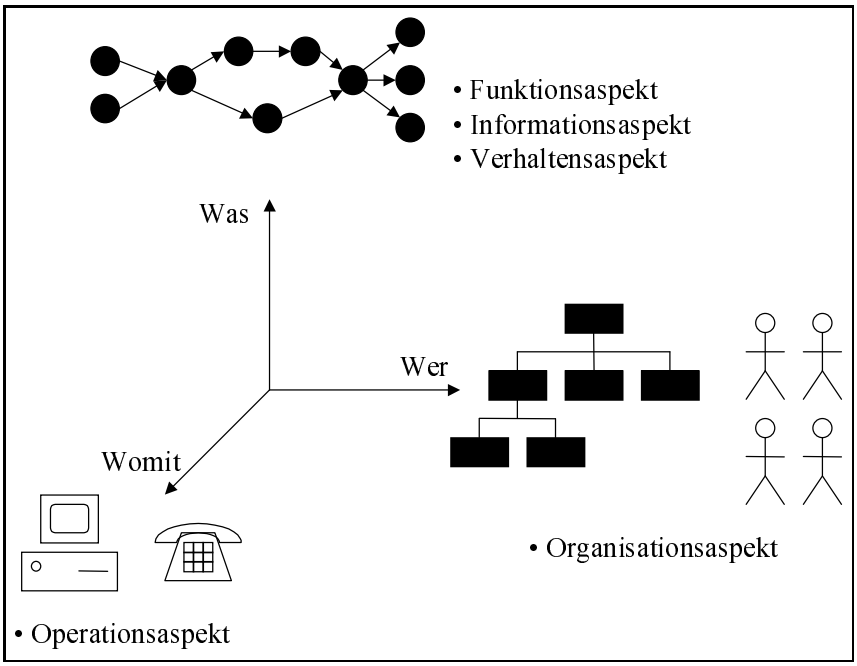


Abbildung 2.3: Dimensionen eines Workflows nach [Ley98]

seiner Kundennummer oder nach der Höhe seines Kreditwunsches gefragt wird.

Bedingte Verzweigung: Die einzelnen Arbeitsschritte werden *alternativ* ausgeführt; welcher im konkreten Fall ausgeführt wird, bestimmt eine Bedingung. So hängt es vom Ausgang der Kreditprüfung ab, ob als nächstes das Geld überwiesen oder eine schriftliche Absage erteilt wird.

Iterative Ausführung: Manchmal ist es notwendig, einen Arbeitschritt oder eine Menge von Arbeitsschritte *wiederholt* innerhalb desselben Workflows auszuführen. Beispielsweise kann eine Geschäftsregel vorsehen, daß am Telefon stets zweimal nach einer Kundennummer gefragt werden muß, um eventuelle Mißverständnisse zu vermeiden.

In der Praxis müssen diese Verhaltensweisen oftmals noch etwas ergänzt werden, z.B. um Zeitfaktoren oder um Synchronisationaspekte. Dies ändert jedoch nichts an den grundsätzlichen Typen.

2.1.3 Workflow-Management-Systeme

„Ein *Workflow-Management-System* (WFMS) ist ein (re)aktives Basissoftwaresystem zur Steuerung des Arbeitsflusses (Workflows) zwischen beteiligten Stellen nach den Vorgaben einer Ablaufspezifikation (Workflow-Schema). Ein Workflow-Management-System unterstützt mit seinen Komponenten sowohl die Entwicklung (Modellierungskomponente) von Workflow-Management-Anwendungen

als auch die Ausführung und Steuerung (Laufzeitkomponente) von Workflows."[Jab97, Glossar]

Jedes WFMS muß mindestens folgende Funktionalitäten unterstützen, wobei die in Abbildung 2.4 gezeigten Beziehungen untereinander gelten:

- Definitionsfunktionalität, mit deren Hilfe man Workflows und die zugehörigen Aktivitäten definieren kann.

  Diese Funktionalität wird typischerweise von einem Editor, einem Compiler und einem Simulator/Analysierer dem Anwender zur Verfügung gestellt.

  Mit Hilfe des zumeist graphischen Editors wird der Verhaltensaspekt und oft auch der Funktionalitäts- und Informationsaspekt des Workflow-Schemas definiert. Der Compiler übersetzt die graphische Eingabe in eine der Workflow-Engine verständliche textuelle Repräsentation. Der Simulator/Analysierer verwendet diese Repräsentation, um Aussagen über spätere Workflow-Instanzen treffen zu können.

- Laufzeitfunktionalität, die die Ausführung der Workflow-Instanzen initiiert, kontrolliert und koordiniert.

  Die sog. *Workflow-Engine* ist für diese Aufgaben zuständig. Es kommen häufig Datenbanken als persistente Speicher zum Einsatz, Prozeßmonitore überwachen den Workflow-Fortschritt. Bei verteilten Systemen ist zusätzliche Infrastruktur notwendig, wie z.B. Kommunikationskanäle.

- Schnittstellenfunktionalität, die eine Schnittstelle für den Benutzer zu den jeweiligen Anwendungsprogrammen anbietet, mit denen eine konkrete Aktivität realisiert wird.

  Eine Schnittstelle ist die Sachbearbeiterschnittstelle, sie wird in der Literatur auch als *Worklist Tool* bezeichnet. Eine Worklist bestimmt die nächsten vom jeweiligen Bearbeiter ausführbaren Arbeitsschritte. Die Zuordnung eines anfallenden Arbeitsschrittes zu einem bestimmten Bearbeiter, d.h. daß der Arbeitsschritt in der Worklist des betreffenden Arbeiters erscheint, hängt von der jeweiligen Unternehmensphilosophie und der Arbeitsweise des Bearbeiters ab. Eine häufig anzutreffende Strategie ist, mehrere qualifizierte Bearbeiter ein und denselben Auftrag in ihre Worklist zu stellen und dann, sobald ein Bearbeiter den Auftrag bearbeitet, den Auftrag bei allen übrigen Bearbeitern automatisch aus der Worklist zu entfernen. Eine Beschreibung der Problematik und ein Lösungsvorschlag findet sich z.B. in [Wei98].

Architektur von WFMS

Die Architektur von WFMS teilt sich in zwei Bereiche auf:

1. Die (innere) Architektur, d.h. aus welchen Softwarekomponenten mit welchen Schnittstellen das WFMS aufgebaut ist.

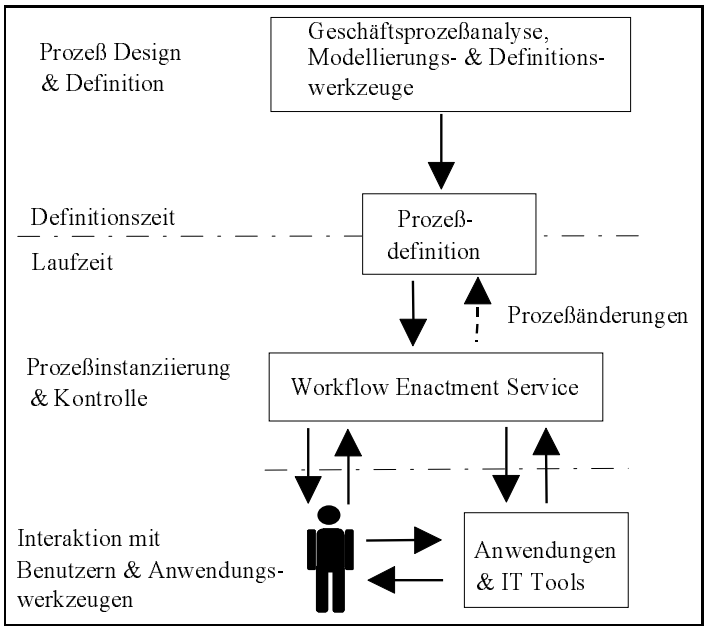


Abbildung 2.4: Zentrale Eigenschaften von WFMS. Nach [Wor94].

2. Die (äußere) Architektur, die sich mit Fragen wie Verteilung, Skalierbarkeit, Unterstützung verschiedener Betriebssysteme, etc. beschäftigt.

Für die innere Architektur hat die *Workflow Management Coalition* (WfMC) ein Referenzmodell entwickelt. Die WfMC ist ein Zusammenschluß von mehr als 90 Firmen und Universitäten (Stand Juni 98), die sich zum Ziel gesetzt haben, Standards im Workflow-Bereich zu etablieren.[3] Abbildung 2.5 gibt das Referenzmodell der WfMC wieder, wobei der Schwerpunkt auf den Schnittstellen liegt. Diese hat die WfMC standardisiert, so daß es (theoretisch) möglich ist, einen Workflow auf WFMS verschiedener Hersteller zu verteilen, sofern sich diese an den Standard halten. Eine solche Verteilung eines Workflows auf verschiedene WFMS ist sinnvoll, wenn Workflows als Umsetzung von Geschäftsprozessen die Grenzen von Abteilungen oder sogar Firmen überschreiten und deshalb Workflow-Instanzen zwischen verschiedenen Workflow-Systemen migrieren. Das in dieser Arbeit verwendete Beispiel des Flugzeugkonstruktionsprozesses ist ein solcher systemübergreifender Workflow.

Die Schnittstellen sind im einzelnen:

- Interface 1: Workflow Process Definition Read/Write Interface. Über diese Schnittstelle werden Workflow-Schemata zwischen Applikationen, also z.B. WF-Definitionswerkzeugen und einer Workflow-Engine ausgetauscht. Dabei legt die Schnittstelle nur fest, wie beide Seiten kommunizieren; das konkrete Datenformat der Workflow-Schemata bleibt herstellerabhängig. So ist etwa eine Funktion definiert, mit deren Hilfe der Hersteller und die Version der WF-Engine erfragt werden kann. Weitere Details gibt [Wor95]

[3] Zieldefinition nach *www.wfmc.org*.

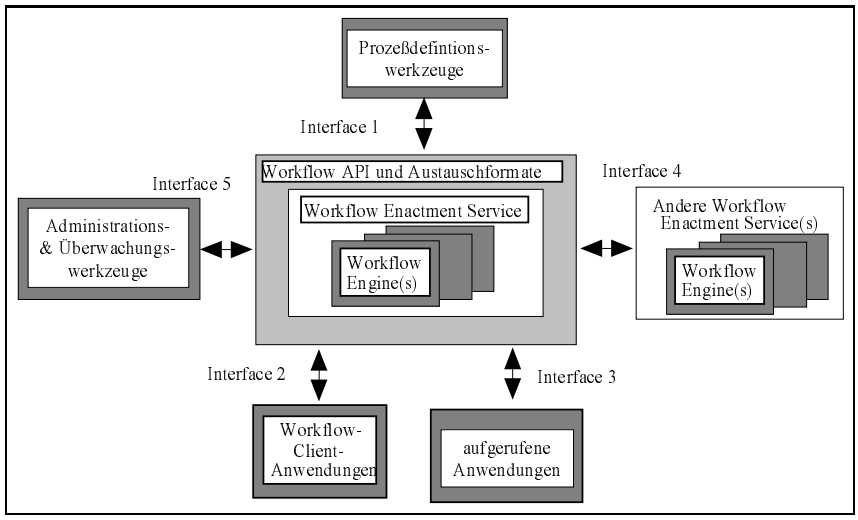


Abbildung 2.5: Das Workflow-Referenzmodell der WfMC. Aus [Wor94].

an. Eine neue Version dieser Schnittstelle ist im Web von der WfMC für Ende Oktober 1998 angekündigt.

- Interface 2: Workflow Client Application Programming Interface (WAPI). Diese in [Wor97] beschriebene Schnittstelle besteht aus einer Menge von Funktionsaufrufen, mit Hilfe derer Workflow Enabled Applications, also Applikationen mit Workflow-Funktionalität, geschrieben werden können.

- Interface 3: Invoked Applications. Diese Schnittstelle stellt Funktionen für die Kommunikation zu WFMS-externen Applikationen bereit. Sie ist mittlerweile mit Interface 2 verschmolzen worden, siehe [Wor97].

- Interface 4: Interoperability-Abstract Specification. Diese Schnittstelle ermöglicht die Selektion, Instanziierung und Ausführung von Workflows auf einer Engine von einer anderen WF-Engine aus. Diese Schnittstelle befindet sich in einem sehr frühen Stadium [Wor96b].

- Interface 5: Audit Data Specification. Diese Schnittstelle legt die Daten fest, die über einen Workflow im Verlaufe dessen Ausführung gesammelt und gespeichert werden müssen. Wie bei Interface 1, wird das eigentliche Datenformat jedoch nicht festgelegt, es bleibt herstellerabhängig [Wor96a].

In Abbildung 2.6 werden die einzelnen Schnittstellen in einem objektorientierten Umfeld gezeigt. Die Abbildung zeigt auch, welche Objekte es nach Ansicht der WfMC in einem Workflow-System gibt und wie sie sich gegenseitig beeinflussen. Mit Hilfe von Prozeßdefinitionswerkzeugen wird eine Prozeßdefinition erzeugt oder verändert. Aus der Prozeßdefinition wird durch den Workflowmanager eine Prozeßinstanz gebildet. Der Workflowmanager verwaltet die Workflow-relevanten Daten, auch Kontrolldaten genannt, und erzeugt den Arbeitsschritt (Work Item), der abzuarbeiten ist. Das Work Item wird an den

Worklist Handler weitergeleitet, der den Arbeitsschritt mindestens einem Bearbeiter präsentiert. Sowohl der Workflowmanager als auch der Worklist Handler können Applikationen indirekt über einen Agenten bzw. direkt aufrufen. Zusätzlich kann ein Workflowmanager mit anderen Softwareobjekten reden und die Prozeßinstanz versorgt ein Log mit den notwendigen Informationen.

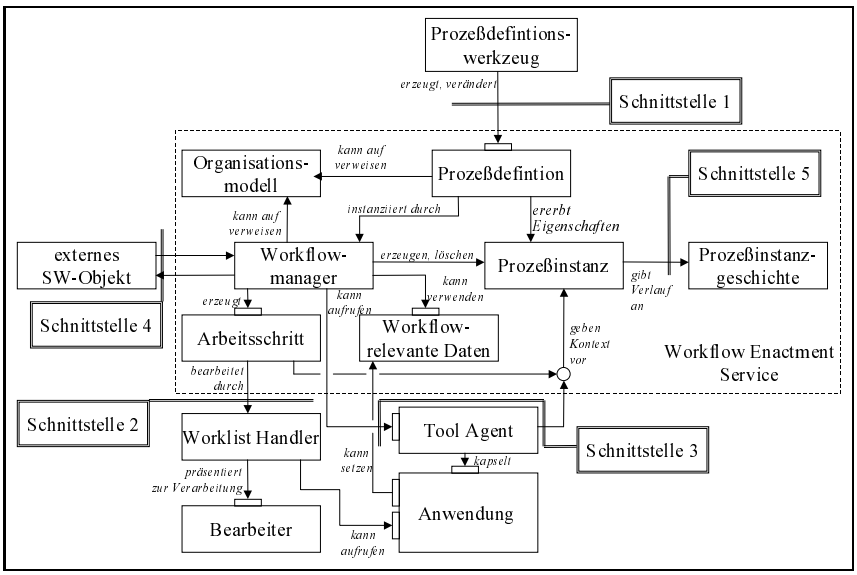


Abbildung 2.6: Objektorientiertes Referenzmodell für WFMS. Nach [Wor98].

Die äußere Architektur eines WFMS hängt naturgemäß vom vorgesehenen Einsatzzweck ab. Folgende Punkte sind bei dem Entwurf eines WFMS zu berücksichtigen:

- *Skalierbarkeit*, d.h. daß das System mit steigenden Anwenderzahlen nicht wesentlich an Geschwindigkeit verliert, sondern „mitwachsen“ kann. Dies ist besonders bei großen Unternehmen wichtig, die WFMS erst zum Test in einzelnen Bereichen einsetzen und später den Gebrauch ausweiten wollen.

- *Modularität* und damit *Flexibilität*, d.h. daß gewisse Komponenten (Teile) des Systems einzeln ausgetauscht werden können, ohne andere Teile zu beeinträchtigen. Auf Modularität muß dann vermehrt geachtet werden, wenn sehr oft Änderungen an den Geschäftsprozessen vorgenommen werden.

- *Zuverlässigkeit* und *Fehlertoleranz*, d.h. daß begonnene Workflows aufgrund von äußeren Umständen (etwa Systemfehlern) nicht einfach abbrechen, sondern, daß das WFMS die Fehlersituation erkennt und entsprechend reagiert. Besonders in kritischen Bereichen, beispielsweise dem medizinischen Bereich, liegt ein großes Gewicht auf Zuverlässigkeit und Fehlertoleranz.

Es existieren zwei prinzipielle Architekturansätze:

1. Der *Schichtenansatz*, der verschiedene Software-Schichten übereinander legt und so auch einen Client/Server-Betrieb ermöglicht. Diesen Ansatz verfolgt unter anderem das System FlowMark von IBM, vgl. [Ley98].

2. Der *agentenorientierte Ansatz*, bei dem das WFMS aus mehreren autonomen Agenten besteht, die untereinander Daten austauschen. Diese Agenten können weit verteilt sein. Ein Beispiel für ein solches System ist INCAs, das in diesem Kapitel noch näher beschrieben wird.

Ein zentralistischer Ansatz, bei dem das gesamte WFMS auf einem Rechner läuft, scheidet im Allgemeinen aus. Dieser Ansatz bietet außer guter Implementierbarkeit für Prototypen keine weiteren Vorteile; er wird von keinem dem Autor bekannten WFMS verfolgt.

2.2 Workflow-Sprachen und -Systeme

Im folgenden werden drei von ihrem WF-Modellierungsansatz her unterschiedliche WFMS beschrieben. Sie decken mit einem agentenorientierten, einem graphikorientierten und einem (textuell) aspektorientierten Ansatz ein breites Spektrum bestehender Ansätze ab. Tabelle 2.2 ordnet die Workflow-Sprachen der Systeme ein.

	textuell	graphisch
agentenorientiert	INCAs	
aspektorientiert	MOBILE	INCOME

Tabelle 2.2: Einordnung der beschriebenen WF-Sprachen

Im Rahmen dieser Arbeit ist nur die Workflow-Sprache von Interesse, nicht aber andere Eigenschaften wie Interoperabilität mit anderen Systemen oder die Systemarchitektur. Entsprechend wird jeweils auch nur die Workflow-Sprache vorgestellt.

Zur Verdeutlichung der Eigenschaften der jeweiligen WF-Sprache wird ein durchgehendes Beispiel, ein *Flugzeugkonstruktionsprozeß*, verwendet, auf das auch in späteren Kapiteln dieser Arbeit zurückgegriffen wird.

2.2.1 Beispiel: Flugzeugkonstruktionsprozeß (FKP)

Die folgende Beschreibung ist eine Zusammenfassung des in [Bus98] beschriebenen Workflows. Der Workflow ist laut Angaben des Autors tatsächlich bei Boeing implementiert; er ist ein Vorschlag für die OMG Workflow Evaluation Group[4] um bestehende Workflow-Systeme zu bewerten. Im Rahmen dieser Arbeit steht der Arbeitsprozeß als solches im Mittelpunkt, nicht aber, wann wo welche Grenzen zwischen verschiedenen WFMS überschritten werden. Die ebenfalls in [Bus98] beschriebene Infrastruktur des Prozesses wird deshalb außer Acht gelassen.

[4] siehe www.omg.org.

Einleitung

Die Konstruktion von Flugzeugen beruht auf Standardteilen. Statt jedes Teil einzeln für die jeweiligen Anforderungen zu konstruieren, soll der Konstrukteur so viele Standardteile wie möglich verwenden. Dieses erhöht die Qualität des Konstruktionsprozesses, da Standardteile schnell verfügbar, getestet, von hoher Qualität und leicht bei Zulieferern zu bestellen sind. Dennoch kann es bei der Konstruktion eines neuen Flugzeugs, der Entwicklung eines neuen Modells aus einem Basismodell oder der Modifikation eines Flugzeuges entsprechend der Kundenbedürfnisse vorkommen, daß es kein Standardteil gibt, welches die spezifischen Anforderungen erfüllt. In diesem Fall muß entweder ein komplett neues Teil konstruiert oder ein Standardteil entsprechend verändert werden.

Der folgende Prozeß umfaßt die Auswahl eines passenden Standardteils und die evtl. zur Modifikation des Standardteils notwendigen Schritte.

Auswahl von Standardteilen

Zu jedem Zeitpunkt während des Konstruktionsprozesses kann es notwendig sein, eine Suche nach Standardteilen zu initiieren. Dies entspricht dem Einfügen eines neuen Workflow-Schrittes in den laufenden (Konstruktions-)Workflow; es handelt sich bei dem Konstruktionsworkflow dementsprechend um einen *ad-hoc* Workflow.

Die Suche nach einem passenden Standardteil hat drei mögliche Ergebnisse:

1. Die Suche ist erfolgreich. In diesem Falle erhält der Konstrukteur die Teilenummer und der Arbeitsschritt ist beendet.

2. Die Suche ergibt, daß ein Standardteil modifiziert werden muß. Die dann notwendigen Schritte werden weiter unten beschrieben.

3. Die Suche ist erfolglos, es muß ein neues Teil konstruiert werden.

Modifikation von Standardteilen

Streng genommen wird kein existierendes Standardteil modifiziert, sondern es wird ein neues Teil auf der Basis eines Standardteils konstruiert. Das unmodifizierte Teil steht also weiterhin als Standardteil zur Verfügung. Dies muß bei der Pflege der Standardteildatenbank beachtet werden.

Die Modifikation eines Standardteils wird nicht vom Konstrukteur, sondern von einem Ingenieur, dem sog. Standardteilingenieur (STI) durchgeführt, der auf die Modifikation gewisser Standardteile spezialisiert ist. Bei der Modellierung des Workflows muß also berücksichtigt werden, daß die Zuordnung zur Rolle „Standardteilingenieur“ zwar im vorhinein auf eine bestimmte Gruppe eingeschränkt werden kann, die konkrete Zuordnung eines Mitarbeiters aber vom Ausgang der Suche abhängt. Die Workflow-Instanz ist also selbst bei der Initiierung nicht vollständig definiert, die letzten Details können erst zum Ausführungszeitpunkt einzelner Arbeitsschritte festgelegt werden.

Ist ein passender STI gefunden, sieht er die Anforderungen des Konstrukteurs noch einmal durch und führt eine erneute Suche durch. Der Grund ist,

daß STIs zumeist ein größeres Wissen über Standardteile besitzen und deshalb womöglich erfolgreicher suchen können.

Der Teilprozeß des Durchsehens und Suchens bedarf der Mitwirkung des Konstrukteurs, er muß insbesondere Rückmeldung zu durchgesehenen und vom STI geänderten Anforderungen geben. Iterationen dieses Teilprozesses sind möglich.

Haben sich STI und Konstrukteur geeinigt und besteht nach wie vor der Bedarf ein Standardteil zu modifizieren, so legt der STI die restlichen Arbeitsschritte fest und verwendet ein Projekt Management Tool, um die folgenden Arbeitsschritte zeitlich festzulegen. Auch der Zeitplanung des STI muß der Konstrukteur zustimmen, kann dieser nicht zustimmen, so muß erneut geplant werden. Es ist auch möglich, daß der Konstrukteur seine Anforderungen an das Teil ändert, um eine schnellere Fertigstellung zu erreichen. Kann keine Einigung zwischen STI und Konstrukteur erzielt werden, so kann der Konstrukteur auch den gesamten Workflow abbrechen.

Steht die Zeitplanung fest, so wird der eigentliche Modifikationsprozeß angestoßen. Während dieses Prozesses muß der STI möglicherweise erneut mit dem Konstrukteur reden, etwa wenn neue Erkenntnisse gewonnen wurden. Nach einem gewissen Fortschritt innerhalb des Modifikationsprozesses wird der Produktionsprozeß angestoßen, der hier nicht näher beschrieben wird. Beide Prozesse verlaufen jedoch gleichzeitig und müssen immer wieder Daten austauschen. Bei beiden Prozessen kann das Ergebnis sein, daß aufgrund großer Schwierigkeiten das Standardteil nicht so modifizierbar ist und der gesamte Prozeß deswegen abgebrochen werden muß.

Im folgenden Teil des Kapitels wird dieser Workflow mit den jeweiligen Modellierungskonzepten der WFMS angedeutet.

2.2.2 Agentenorientierter Ansatz: INCAs

INCAs ist ein agentenorientierter Ansatz zur Modellierung und Ausführung von Workflows. Hierbei wird von einem heterogenen, autonomen und verteilten System ausgegangen, bei dem einzelne *Stationen* die eigentliche Arbeit verrichten. Diese Stationen können ganz, teilweise oder gar nicht automatisiert ablaufen, d.h. es spielt keine Rolle, ob nun ein Computer oder ein Mensch die Station verkörpert.

Zwischen den Stationen werden sog. *INCAs* (INformation CArriers) verschickt, die dann von der entsprechenden Station verarbeitet werden. Jedem Workflow ist genau ein INCA zugeordnet; die gesamte Workflow-Berechnung wird auch als INCA-Berechnung bezeichnet.

Ein INCA besteht dabei aus drei Bestandteilen:

- Private Workflow-Daten. Diese werden in anderen Systemen auch *Kontrolldaten* genannt, weil sie den globalen Kontext definieren, in dem die einzelnen Arbeitsschritte ablaufen.
- Ein Log (Geschichte) des Workflows.
- Eine Menge von Regeln.

Regeln werden im gesamten System als ECA-Regeln (Event–Condition–Action) definiert, wobei die Ereignisse (Events) von den Stationen ausgelöst werden.

INCA-Berechnung

Um eine INCA-Berechnung anzustoßen, wird ein entsprechender INCA an die erste Station der Berechnung verschickt. Es wird angenommen, daß jede Berechnung, und damit jeder Workflow, genau eine erste Station besitzt. Diese Annahme schränkt die Allgemeinheit des Modells jedoch nicht ein, weil INCAs geteilt werden können.

Jede Station hat folgende Kernbestandteile:

- Eine Menge stationslokaler Daten.
- Eine Menge stationslokaler Regeln.
- Eine Menge von Arbeitsschritten (Services), die von der Station ausgeführt werden können.

Im Falle, daß die Station von einem oder mehreren Menschen dargestellt wird, können die lokalen Daten z.B. Akten sein, mit denen im Büro gearbeitet wird; die Regeln sind dann die Arbeitsweisen, die die Mitarbeiter in ihren Köpfen haben.

Jede Station kann zu jeder Zeit ihre angebotenen Dienstleistungen ändern, dies ist Ausdruck ihrer Autonomie. Dies kann selbstverständlich laufende INCA-Berechnungen beeinflussen, entsprechendes Konfliktmanagement ist deshalb unerläßlich.

Die eigentliche Berechnung findet nun wie folgt statt: Ein ankommender INCA bittet die Station um eine bestimmte Dienstleistung. Die Station führt dabei folgende Schritte auf dem INCA aus:

- Sie schreibt den Servicenamen und alle relevanten Parameter in das Log des INCA.
- Sie führt den angeforderten Service aus. Die Ausführung kann zur Modifikation der stationslokalen Daten und Regeln führen, ebenso kann der INCA betroffen sein. Eine Station überschreibt aber niemals private INCA-Daten oder INCA-Regeln, statt dessen wird ein neuer INCA mit entsprechenden Daten und Regeln erzeugt. Dies geschieht, damit ein späteres ganzes oder teilweises Rücksetzen (Roll back) der INCA-Berechnung möglich ist.
- Unter Berücksichtigung der INCA-Regeln und der stationslokalen Regeln bestimmt die Station das neue Ziel des INCA. Danach leitet die Station den INCA an das neue Ziel weiter, wobei ein entsprechendes Kommunikationsmedium (Datei, Internet, FAX, Telefon, etc.) benutzt wird. Das Kommunikationsmedium ist dabei durch die Regeln festgelegt. Ein INCA kann auch aufgeteilt werden, so daß mehrere INCAs die Station verlassen.

Geschachtelte INCA-Berechnungen

Die Dienstleistung einer Station kann selbst wieder durch eine INCA-Berechnung (Subworkflow) implementiert sein. Dabei geht die Kontrolle am Ende der Unterberechnungen an die ursprüngliche Station zurück. Der INCA, der mit dem Subworkflow assoziiert ist, wird verwendet, um Modifikationen am übergeordneten, ursprünglichen INCA vorzunehmen. Die Berechnung fährt dann mit dem übergeordneten, evtl. modifizierten INCA fort.

Die Schachtelung von Berechnungen erlaubt die modulare Spezifikation und Wiederverwendung von Workflows oder Workflowteilen.

Parallele INCA-Berechnungen

INCA-Regeln können die Erzeugung mehrerer neuer INCAs zulassen. Mit jedem neuen INCA werden dann unabhängig von den anderen INCAs Berechnungen durchgeführt. Am Ende einer solchen Berechnung kehrt der neue INCA an die Station zurück, wo er entstanden ist. Dort werden dann seine Daten mit den Daten des ursprünglichen INCAs zusammengeführt. Durch die parallele Ausführung kann es bei der späteren Zusammenführung der INCA-Daten zu Konflikten und Inkonsistenzen kommen, die vom ursprünglichen INCA durch entsprechende Strategien gelöst werden müssen.

Transaktionale Eigenschaften

Insgesamt bietet eine Station alle ihre Dienstleistungen atomar an, unabhängig davon, ob einzelne Arbeitsschritte atomar sind.

Während einer INCA-Berechnung können zwei Arten von Fehlern auftreten:

- *Prozeßfehler und Stationsfehler*: Bei dieser Fehlerart konnte ein INCA an einer Station nicht fehlerfrei bedient werden. Ein Fehler, der in diese Kategorie fällt, ist beispielsweise der Absturz eines Textverarbeitungsprogramms oder das Scheitern einer Datenbanktransaktion. In jedem Falle sieht die Fehlererholung vor, die bisher an der Station gemachten Änderungen zurückzunehmen, was voraussetzt, daß das Eintreten einer Fehlersituation erkennbar und die Auswirkungen rücknehmbar sind.

- *Kommunikationsfehler*: Ein Kommunikationsfehler wird festgestellt, wenn ein INCA verloren gegangen ist. Der Verlust eines INCA wird durch *die für den INCA verantwortliche Station* festgestellt, es muß für jeden INCA mindestens eine verantwortliche Station geben. Ein Verlust wird angenommen, wenn der INCA nicht innerhalb einer gewissen Zeit wieder zur verantwortlichen Station zurückgesendet wurde. Ein verlorener INCA wird mit Hilfe alter Kopien wiederhergestellt und es wird versucht, den INCA erneut zu senden. Es können aber auch andere Regeln definiert werden, die das Verhalten bei Verlust des INCA definieren.

Zur Konsistenzerhaltung wird ein Zwei-Phasen-Commit-Protokoll verwendet; für die Dauerhaftigkeit sind die bearbeitenden Stationen zuständig.

FKP in INCAs

Um den Flugzeugkonstruktionsprozeß (FKP) mit Hilfe von INCAs beschreiben zu können, müssen zunächst die beteiligten *Stationen* identifiziert werden, die INCAs untereinander austauschen.

Es werden hier vier Stationen angenommen: Der Konstrukteur (K), der Standardteilingenieur (STI) , das Standardteilsuchwerkzeug (SW) und die Planungsabteilung (P). Ein FKP findet nun wie folgt statt:

- Wann immer K ein Teil benötigt, schickt er einen neuen INCA mit der Spezifikation des benötigten Teils zum SW, welches die Informationen des INCA auswertet und eine entsprechende Suche durchführt. Das SW schickt ein neues INCA mit der Spezifikation und dem Suchergebnis an den K zurück.

- Wenn das Suchergebnis impliziert, daß ein Standardteil modifiziert werden muß, so schickt K das INCA an STI, welcher seinerseits ein INCA mit überprüfter Spezifikation an das SW schickt. SW schickt ein neues INCA mit Spezifikation und Suchergebnis an STI zurück.

- Abhängig vom Suchergebnis sendet der STI dem K ein INCA, das evtl. schon einen Vorschlag für die Terminplanung enthält. Der K nimmt Stellung zum bisherigen Prozeß, indem er dem STI ein entsprechendes INCA zurückschickt.

- Vom STI aus geht der Prozeß nun in diesem kommunikationsorientierten Sinne weiter.

Die Workflow-Instanz wird vom initialen INCA verkörpert. Das Senden dieses initialen INCAs zieht alles weitere nach sich. Am Ende des FKP hat jeder Agent eine Reihe von INCAs gespeichert, anhand derer sich der Prozeß genauestens nachvollziehen läßt.

Eine Beschreibung von INCAs findet sind in [Bar96].

2.2.3 Graphischer Ansatz: INCOME

„Unter dem Produktnamen INCOME werden von PROMATIS[5] eine Methode, Tools und Dienstleistungen zur Modellierung, Simulation und Realisierung von Geschäftsprozessen angeboten“ [Pro97]. Die Modellierung beruht im Wesentlichen auf einer Vereinfachung der in [Obe96] beschriebenen Petri-Netze. Die Realisierung erfolgt mit Hilfe des Tools INCOME/Workflow und Oracle Developer/2000, einem Produkt der Firma Oracle[6].

„Im Mittelpunkt des INCOME Geschäftsprozeßmanagement steht das Arbeiten mit formalen graphischen Modellen“ [Pro96]. Es existiert für jede Dimension eines Workflows ein eigenes Modell: Das *Organisationsmodell*, das *Informationsmodell* und das *Ablaufmodell*.

[5] PROMATIS Informatik GmbH & Co. KG, *www.promatis.de* .

[6] Oracle Corporation, Redmond, WA, USA, *www.oracle.com* .

Das Organisationsmodell

Die Aufbauorganisation wird in Form von Organigrammen beschrieben. Das Grundelement des Organisationsmodells ist die Organisationseinheit. Eine Organisationseinheit ist entweder elementar oder aus anderen Organisationseinheiten zusammengesetzt, wobei nur streng hierarchische (baumartige) Strukturen zugelassen sind.

„Für die Ausführung der zugewiesenen Aufgaben benötigen Organisationseinheiten entsprechende Ressourcen. Solche Ressourcen können Personen oder technische Hilfsmittel sein“ [Pro97]. Jeder Ressourcentyp kann optional einen spezifischen Kostensatz und die Anzahl der verfügbaren Instanzen enthalten. Zu jeder Ressourcen-Instanz können Vertretungs- bzw. Ersatzregelungen und eine Verfügbarkeit festgelegt werden.

Abbildung 2.7 zeigt die graphische Repräsentation der einzelnen Elemente.

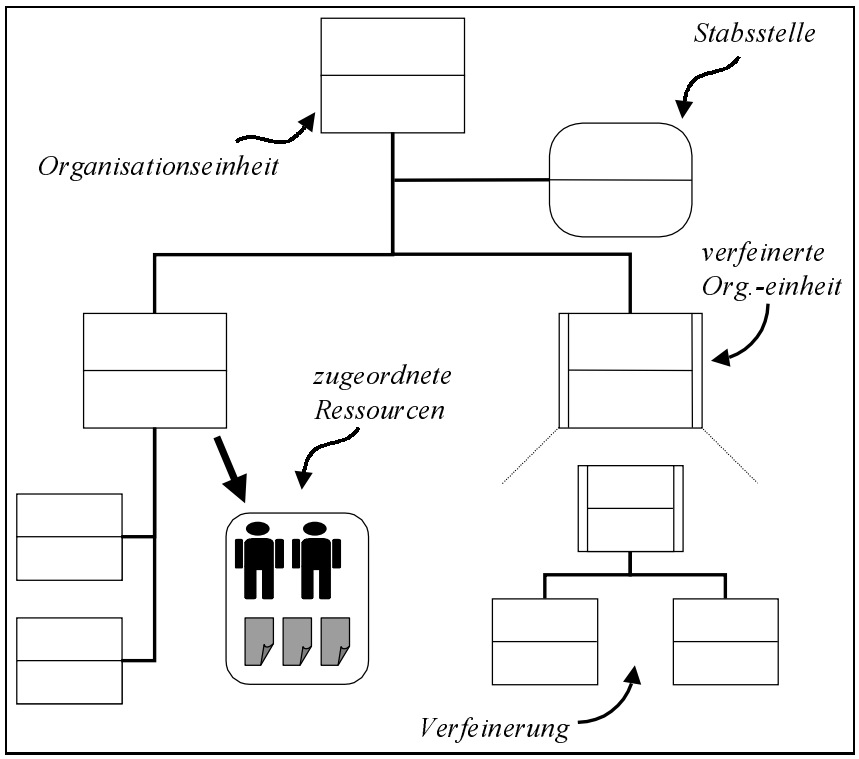


Abbildung 2.7: Elemente des INCOME-Organisationsmodells. Nach [Pro97].

Das Informationsmodell

Dem Informationsmodell liegt das semantisch-hierarchische Objektmodell SHM nach [Bro81, Bro84] zugrunde.

Ein Objekttyp ist entweder ein *elementarer Typ*, z.B. „Zeichenkette(5)“ oder „Datum“, oder er definiert sich aus seinen Beziehungen zu anderen Objekttypen. Über Beziehungen definierte Typen heißen *komplexe Typen*.

Im SHM werden die Beziehungen zwischen Objekttypen in drei Arten unterteilt:

- *Aggregation.* Sie erzeugt aus gegebenen Objekttypen, den sog. *Komponententypen*, einen neuen Objekttyp, den sog. *Aggregattyp.* Ein konkretes Objekt eines Aggregattyps ist ein Tupel aus Instanzen der Komponententypen.

- *Spezialisierung.* Die Spezialisierung leitet aus einem Objekttypen, dem sog. Supertypen, einen oder mehrere speziellere Objekttypen, sog. Subtypen, ab. Subtypen verfügen mindestens über die Komponenten des Supertyps, den Subtypen können aber zusätzliche Komponenten zugeordnet werden.

- *Gruppierung.* Die Gruppierung erzeugt aus Mengen von Instanzen eines gegebenen Objekttyps, des sog. *Elementtyps*, Objekte eines neuen Typs, des sog. *Mengentyps.* Ein konkretes Objekt eines Mengentyps ist eine Menge von Instanzen des Elementtyps.

Das Ablaufmodell

„Den zentralen Bezugspunkt des Geschäftsprozeßmodells bildet das Ablaufmodell, das mittels hierarchischer Petri-Netze dokumentiert wird“ [Pro96].

Die von C.A. Petri in [Pet62] vorgeschlagenen Netze sind ein Modell zur Beschreibung und Analyse von Abläufen mit nebenläufigen Prozessen und nichtdeterministischen Vorgängen. Das relativ einfache Modell von Petri ist seit seiner Vorstellung um sehr viele Konzepte erweitert worden. So beruht das Netz-Modell von INCOME auf den NR-Netzen nach Oberweis [Obe96], ohne jedoch deren volle Reichhaltigkeit zu implementieren.

Die in Abbildung 2.8 graphisch dargestellten Modellelemente für die Ablaufmodellierung mit dem INCOME Process Modeller sind:

- *Objektspeicher*: Ein Objektspeicher kann ein oder mehrere Objekte eines Objekttpys des Informationsmodells aufnehmen. Ein Objektspeicher kann neue Objekte aufnehmen, soweit das seine Kapazität zuläßt. Vorhandene Objekte können entnommen oder gelesen/modifiziert werden. Objektspeicher entsprechen — bis auf die Fähigkeit, daß Objekte (bei Petri-Netzen: Marken) nur gelesen bzw. modifiziert werden können — den Stellen bei Petri-Netzen.

  Objektspeicher können nur mit Aktivitäten verbunden werden.

- *Aktivität*: Eine Aktivität stellt einen Arbeitsschritt dar. Das Äquivalent bei Petri-Netzen heißt Transition. Aktivitäten können *verfeinert* werden, d.h. daß eine Aktivität selbst durch ein Ablaufmodell beschrieben werden kann. Deshalb handelt es sich bei dem Ablaufmodell um ein hierarchisches Modell.

  Eine Aktivität besitzt zahlreiche Eigenschaften:

  – Kosten und Dauer, aufgeschlüsselt in mehrere Unterpunkte wie Vorbereitung, Transfer und Ausführung.

  - Geschäftsregeln, die zusätzliche Bedingungen beschreiben, die für das Ausführen der Aktivität notwendig sind. Regeln werden mit Hilfe einer Makrosprache definiert, die neben der Manipulation von Ein/Ausgabe-Objekten auch Dinge wie Zufallszahlenerzeugung und Dateibearbeitung enthält.
  - Aktionen. Aktionen sind Programmaufrufe, die bei Ausführung der Aktivität durchgeführt werden. Solche Programme können Systemprogramme, diverse Oracle-Applikationen oder ein SAP R/3 RFC sein.
  - Ressourcen, die der Aktivität aus der Aufbauorganisation zugewiesen werden. Die zugewiesenen Ressourcen sind zur Ausführung der Aktivität notwendig.
  - Funktionen. Funktionen sind Aufrufe entsprechender Oracle Designer/2000-Funktionen, mit denen direkt Objekte ausgetauscht werden können.

  Aktivitäten können nur mit Objektspeichern verbunden werden.

- *Verbindung*: Eine Verbindung verbindet einen Objektspeicher mit einer Aktivität. Es gibt vier verschiedene Verbindungsarten:

  1. *Eingangsverbindung.* Eine Eingangsverbindung geht von einem Objektspeicher zu einer Aktivität. Das Vorhandensein von Objekten bildet eine Vorbedingung für die Ausführung der Aktivität. Bei Ausführung der Aktivität werden eine definierte Zahl von Objekten dem Objektspeicher entnommen.
  2. *Ausgangsverbindung.* Eine Ausgangsverbindung führt von einer Aktivität zu einem Objektspeicher. Ist eine Aktivität beendet, legt sie entsprechende Objekte in den Objektspeicher.
  3. *Aktualisierungsverbindung.* Eine Aktualisierungsverbindung ist sowohl Eingangs- als auch Ausgangsverbindung. Dabei werden Objekte des Objektspeichers *im* Speicher durch die Aktivität verändert, nicht aber — wie bei Petri-Netzen üblich — zu Beginn aus dem Speicher entfernt und nach Abschluß der Aktivität wieder zurückgelegt.
  4. *Leseverbindung.* Die Aktivität greift während ihrer Ausführung nur lesend auf Objekte des Objektspeichers zu.

- *Verzweigung*: Eine Verzweigung verändert den Kontrollfluß so, daß je nach Art der Verzweigung entweder nachfolgende Aktivitäten parallel oder alternativ ausgeführt werden.

- *Zusammenführung*: Gibt es zu einer Aktivität mehrere Eingangsverbindungen, so handelt es sich um eine Zusammenführung mehrerer paralleler Ausführungzweige. Eine Zusammenführung entspricht einem Synchronisationspunkt, da alle parallelen Ausführungszweige beendet sein müssen, bevor hinter der Zusammenführung liegende Aktivitäten ausgeführt werden können.

- *Variable*: „Über Variable können die von einer Aktivität konsumierten und erzeugten Objekte in den Geschäftsregeln angesprochen werden. Variable werden als Verbindungsbeschriftungen angegeben“ [Pro97].

- *Restriktion*: „Restriktionen sind speziell ausgezeichnete Transitionen (Aktivitäten). Sie beschreiben Ausnahmesituationen im Ablauf eines Prozesses. Restriktionen verbrauchen keine Objekte aus Objektspeichern bzw. erzeugen keine Objekte. Sind die Bedingungen für eine Restriktion durch eine Belegung der entsprechenden Objektspeicher erfüllt, liegt eine Ausnahmesituation vor. Verletzungen von Restriktionen können während der Simulation protokolliert werden. Es ist aber auch möglich, einer Restriktion ein Ausnahmebehandlungsnetz zuzuweisen.“ [Pro97]

- *Kopie*: Die (symbolische) Kopie eines Objektspeichers dient der graphischen Übersichtlichkeit. Es kommt in realen Anwendungen vor, daß mehrere Aktivitäten auf denselben Objektspeicher zugreifen, was zu überkreuzenden Verbindungen führen kann. Um diese Überkreuzungen zu vermeiden, können symbolische Kopien des Objektspeichers angelegt werden. Eine symbolische Kopie ist keine echte Kopie des Objektspeichers, sondern lediglich ein Verweis darauf.

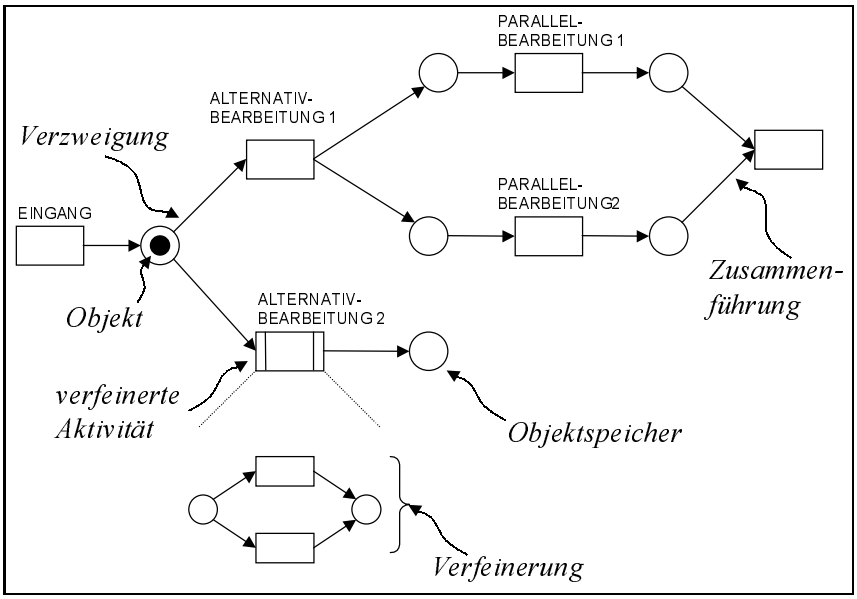


Abbildung 2.8: Ablaufelemente bei INCOME. Nach [Pro97]

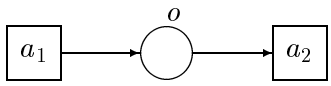
Im Folgenden wird die Realisierung typischer Ablaufelemente (vgl. Abschnitt 2.1.2) in INCOME vorgestellt.

Sequenzen

Sollen zwei Aktivitäten a_1, a_2 hintereinander ausgeführt werden, so muß es einen Objektspeicher o geben, der eine Ausgangsverbindung zu a_1 und eine Eingangs-

verbindung zu a_2 hat. Hierdurch ist gewährleistet, daß die Aktivität a_2 erst dann ausgeführt werden kann, nachdem a_1 ein Objekt in den Objektspeicher o gelegt hat, d.h. a_1 beendet ist.

Graphisch:

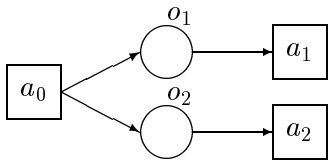


Parallelität

Grundsätzlich kann jede Aktivität dann ausgeführt werden, wenn alle Vorbedingungen erfüllt sind, das heißt insbesondere, daß die Ausführung einer Aktivität unabhängig davon ist, ob gleichzeitig andere Aktivitäten ausgeführt werden. Gleichzeitig laufende Aktivitäten können sich jedoch beeinflussen, siehe auch die Diskussion zu transaktionalen Workflows unter Abschnitt 2.1.1.

Eine Vorgehensweise zur Erzeugung von Parallelität ist die Erzeugung von Objekten. Wenn beispielsweise nach der Aktivität a_0 die Aktivitäten a_1 und a_2 parallel ausgeführt werden sollen, so legt a_0 je ein (evtl. neues) Objekt in zwei Objektspeicher o_1 und o_2, die ihrerseits Eingänge für a_1 bzw. a_2 sind.

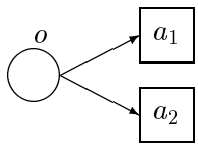
Graphisch:



Verzweigungen

Alternativen zwischen der Ausführung zweier Aktivitäten a_1 und a_2 werden durch einen gemeinsamen Objektspeicher o modelliert, der Eingang zu beiden Aktivitäten ist. Liegt ein Objekt in o, so entscheiden die den Aktivitäten a_1 und a_2 zugeordneten Geschäftsregeln, welche Alternative gewählt wird. Können beide Aktivitäten ausgeführt werden, so liegt ein *Verzweigungskonflikt* vor.

Graphisch:



FKP in INCOME

Im folgenden wird eine Modellierung des Flugzeugkonstruktionsprozesses mit Hilfe von INCOME beschrieben.

Die Organisation besteht aus einer Entwicklungsabteilung, die sich in die Unterabteilungen *Standardteile* und *Konstruktion* aufteilt. Im Ablaufmodell wird beginnend mit der Aktivität *suche nach Standardteilen*, die von einem Mitglied der Unterabteilung *Konstruktion* ausgeführt werden muß, ein Objekt des Typs *Suchergebnis* erzeugt.

Vereinfacht wird der Objekttyp *Suchergebnis* als ein Objekt mit den elementaren Attributen *ergebnis*, *teilSpez* und *teilNr* vom Typ *Zeichenkette* modelliert. Die Aktivität *suche nach Standardteilen* erzeugt ein neues Objekt des Typs *Suchergebnis*, bei dem das Attribut *ergebnis* abhängig vom Ausgang der Suche mit „erfolgreich“, „neuerEntwurf“ bzw. „verändere“ belegt ist. Je nach Wert des Attributs *ergebnis* kann nun eine der drei Aktivitäten *sehe Sezifikation durch*, *neuer Entwurf* oder *vermelde Teilnummer* ausgeführt werden. Dabei vergleichen die jeweiligen Geschäftsregeln der Aktivitäten, ob das Attribut *ergebnis* mit der entsprechenden Zeichenkette für die Aktivität belegt ist. Die Geschäftsregel der (verfeinerten) Aktivität *neuer Entwurf* lautet:

```
get_attribute('Suche_in','Suchergebnis','ergebnis',Value),
Value == 'neuerEntwurf'.
```

Mit dem Makro `get_attribute` wird der Wert des Attributs *ergebnis* aus der Variablen *Suche_in* vom Typ *Suchergebnis* in die Varibale *Value* kopiert und anschließend *Value* auf die Zeichenkette „neuerEntwurf“ getestet. Die Variable *Suche_in* ist mit dem Objektspeicher *suchergebnis* verbunden.

Die Modellierung des FKP in allen seinen Einzelheiten wird hier nicht näher erläutert, das Ablaufmodell ist in Abbildung 2.9 wiedergegeben.

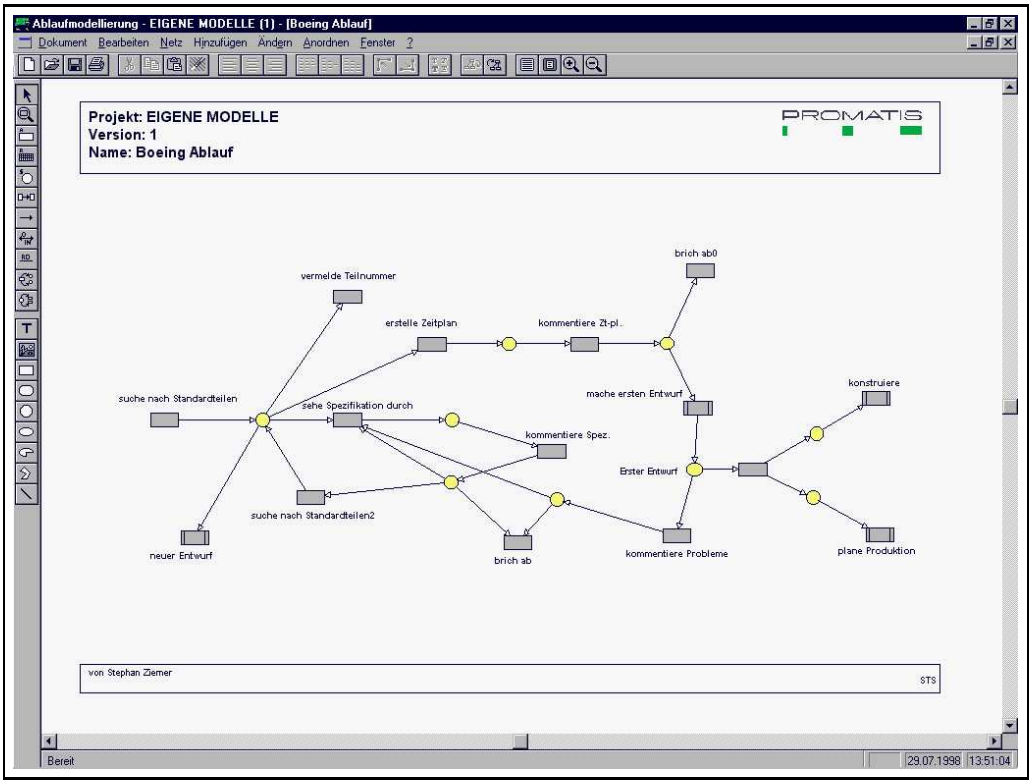


Abbildung 2.9: Der FKP als INCOME-Ablaufmodell

2.2.4 Textueller, aspektorientierter Ansatz: MOBILE

MOBILE ist ein WFMS, welches auf Allgemeingültigkeit ausgelegt ist und als Referenzmodell und -architektur zum Vergleich verschiedener WFMS dienen soll [Jab96, S. 118]. Deshalb liegt der Fokus der Workflow-Sprache MSL (MOBILE Specification Language) des Systems MOBILE nicht auf sprachlicher Eleganz oder Kürze der Darstellung, sondern auf Strukturiertheit.

MOBILE selbst stützt sich auf eine relationale Datenbank ab; alle Workflows werden durch Füllen spezieller Tabellen implementiert. Zur Laufzeit selektiert das System dann die benötigten Ablaufdaten aus diesen Tabellen.

Sprachprinzipien

Im MOBLIE System wird ein Workflow durch seine einzelnen Aspekte (vgl. Abschnitt 2.1.2) beschrieben. Für jeden Aspekt gibt es eigene Sprachausdrücke, die in dieser Arbeit nur angedeutet werden können. Eine ausführliche Beschreibung der Syntax und Semantik findet sich in [Jab96].

Das erste Sprachprinzip ist die strikte Trennung der einzelnen Aspekte. Ein Workflow-Schema hat nach [Jab97] folgenden prinzipiellen Aufbau:

```
WORKFLOW_TYPE <workflow_name> (...)

  <...>                          /* Bedingungen für Beginn, */
  END_CONSTRAINT                 /* Ausführung und Beendigung */

  SUBWORKFLOWS <...>             /* Funktionsaspekt: */
  END_SUBWORKFLOWS               /* Subworkflow-Variablen */

  OPERATIONS <...>               /* Funktionsaspekt: */
  END_OPERATIONS                 /* Workflow-Operationen */

  WORKFLOW_DATA <...>            /* Informationsaspekt: */
  END_WORKFLOW_DATA              /* WF-lokale Variablen */

  DATA_FLOW <...>                /* Informationsaspekt: */
  END_DATA_FLOW                  /* Datenfluß */

  CONTROL_FLOW <...>             /* Verhaltensaspekt */
  END_CONTROL_FLOW

  ORGANIZATIONAL_POLICIES <...> /* Operationsaspekt */
  END_ORGANIZATIONAL_POLICIES

END_WORKFLOW_TYPE
```

Diese Aspekte sind vom System vorgegeben, weitere Aspekte können je nach Anwendung hinzukommen.

„Das zweite grundlegende Entwurfsprinzip ist die Forderung nach einer klaren Trennung von Schemadefinitionen und -verwendung“[Jab97, S. 177]. Diese Trennung dient der Wiederverwendbarkeit einmal definierter Schemata, die in einem Repository abgelegt werden. Tabelle 2.3 führt die wichtigsten Schemadefinitionen und ihre Verwendung auf.

Schema	*Verwendung*
Workflow-Schema	Subworkflow-Variable
Datentypen	Workflow-Variablentypen, Parametertypen
Kontrollflußtypen	Kontrollflußausdrücke
Applikationstypen	Applikationsaufruf in Workflow-Operationen

Tabelle 2.3: Schemadefinitonen und ihre Verwendung in MOBLIE. Aus [Jab97].

Funktionsaspekt

Der Funktionsaspekt besteht aus einem von zwei Teilen: Entweder den *Subworkflow-Variablen* oder den *Workflow-Operationen*.

In MOBILE gibt es *elementare Workflows* und *zusammengesetzte Workflows*. Ein elementarer Workflow besteht zumeist aus dem Aufruf einer Applikation, beispielsweise einer SAP R/3-Transaktion oder einer Tabellenkalkulation. Zusammengesetzte Workflows setzen sich aus anderen (elementaren oder zusammengesetzten) Workflows zusammen, die Teil-Workflows werden entsprechend *Subworkflows* genannt. Subworkflow-Variablen bezeichnen Instanzen solcher Teil-Workflows, damit sie vom „übergeordneten“ Workflow angesprochen respektive aufgerufen werden können.

Workflow-Operationen implementieren den operationalen Aspekt, indem sie Aufrufe an eine oder mehrere Instanzen von einem oder mehreren definierten Workflowapplikationstypen absetzen. Der eigentliche Aufruf einer Applikation ist in einem `WORKFLOW_APPLICATION_TYPE` gekapselt und kann mit zusätzlichen Bedingungen und Eigenschaften versehen werden.

Verhaltensaspekt

Zur Definition des Verhaltensaspekts werden Kontrollflußkonstrukte verwendet, die mit Hilfe einer Petri-Netz-Semantik beschrieben werden. Ein Kontrollflußkonstrukt hat einen Namen und mehrere Parameter. Ein Beispiel für die Definition eines Wenn-Dann-Sonst-Konstruktes ist:

```
CONTROL_FLOW_CONSTRUCT
  ifthen (FUNCTION: condition; WORKFLOW: a,b)
      /* Petri-Netz-Spezifikation */
END_CONTROL_FLOW_CONSTRUCT
```

Da Kontrollflußkonstrukte im Repository abgelegt werden, können sie von allen Workflow-Schemata verwendet werden.

Das Verhalten eines zusammengesetzten Workflows wird durch geschachtelte Kontrollflußkonstrukte, die mit Subworkflows und workflowlokalen Variablen parametrisiert werden, beschrieben.

Informationsaspekt

Der Informationsaspekt gliedert sich in zwei Teilaspekte: Die *workflowlokalen Variablen* und den *Datenfluß*.

Workflowlokale Variablen enthalten von MOBILE aus zugreifbare Daten, die für die Steuerung des Workflows notwendig sind. Jedes Datum besitzt einen Datentyp. Die Synatx von MSL lehnt sich dabei an die Programmiersprache Pascal an. Es gibt elementare Datentypen wie `String` oder `Boolean` und Konstrukte für Records, Felder und Zeiger. Datentypen können außerhalb eines Workflow-Schemas definiert werden, so daß sie von mehreren Workflow-Schemata verwendet werden können. Dies ist wichtig, weil workflowlokale Variablen immer nur für den definierenden Workflow, nicht aber für seine Subworkflows sichtbar sind.

Soll eine Variable von einem Subworkflow verwendet werden, so muß sie als Parameter übergeben werden. MOBILE unterstützt die Parametertypen `IN`, `OUT` und `INOUT`. Die Übergabe von Zeigern (Call-by-Reference) ist möglich.

Datentypen können neben der eigentlichen Typdefinition noch eine Initialisierung und Integritätsbedingungen enthalten. Diese zusätzlichen Informationen können von benutzenden Workflow-Schemata jedoch mit spezifischeren Informationen überschrieben werden.

Der Datenfluß findet grundsätzlich zwischen Parametern und workflowlokalen Variablen statt. Dabei ist sowohl ein direkter Datenfluß zwischen zwei Parametern, als auch ein Datenfluß von oder zu einem Parameter zu oder von einer workflowlokalen Variable möglich.

Die explizite Modellierung des Datenflusses ermöglicht eine leichte *Umleitung* desselben. So kann es sinnvoll sein, zwischen die sequentielle Ausführung zweier Subworkflows eine Filterfunktion zu schieben, die Daten von einem dem ersten Subworkflow verständlichen Format in ein anderes, dem zweiten Subworkflow verständlichen Format überträgt.

FKP in MOBILE

Es soll der FKP wieder nur verkürzt und vereinfacht dargestellt werden, es gelten ähnliche Einschränkungen und Annahmen wie bei der Modellierung mit Hilfe von INCOME (vgl. Abbildung 2.9).

Zunächst wird ein zusammengesetzter Datentyp definiert, der eine Teilspezifikation aufnehmen kann.

```
/* Definition des Records Tsr */
RECORD Tsr BEGIN
  Integer: teilnummer;
  String: Name, Bauteilgruppe, ...;
  ...
END_RECORD
```

```
/* Definition des Datentyps Teilspezifikation */
DATA_TYPE Teilspezifikation: Tsr END_DATA_TYPE
```

Anschließend muß der Aufruf des Suchwerkzeuges gekapselt werden. Sodann kann ein elementarer Workflow definiert werden, der den gekapselten Aufruf als einzige Aktion enthält.

```
/* Kapselung eines Applikationsaufrufes */
WORKFLOW_APPLICATION_TYPE NSucheTeil(
                            IN Teilspezifikation: teilspez;
                            OUT Boolean: gefunden, neuerEntwurf;
                            OUT Integer: teilnummer)
  /* ...hier erfolgt der Aufruf des Suchwerkzeuges... */
END_APPLICATION_TYPE

/* gekapselter Applikationsaufruf als elementarer Workflow */
WORKFLOW_TYPE sns(IN Teilspezifikation: teilspez;
                  OUT Boolean: gefunden, neuerEntwurf;
                  OUT Integer: teilnummer)
  OPERATIONS
    I_OPERATION execute(IN Teilspezifikation: teilspez;
                        OUT Boolean: gefunden, neuerEntwurf;
                        OUT Integer: teilnummer)
      NSucheTeil(teilspez, gefunden, neuerEntwurf, teilnummer)
    END_OPERATION
  END_OPERATIONS
  ...
END_WORKFLOW_TYPE
```

Weitere Kontrolldaten und Applikationsaufrufe müssen ähnlich behandelt werden. Nachdem dies geschehen ist und die Definitionen somit im Repository abgelegt sind, kann der eigentliche FKP spezifiziert werden:

```
/* der Flugzeugkonstruktionsprozess */
WORKFLOW_TYPE Fkp (IN Teilspezifikation: teilspez)

  SUBWORKFLOWS
    sns: sucheNachStandardteilen;
    vm: vermeldeTeilnummer;
    ne: entwerfeNeu;
    ssd: seheSpezifikationDurch;
    ...
  END_SUBWROKFLOWS

  WORKFLOW_DATA
    Boolean: teilGefunden, neuerEntwurf, zeitplanOk, ...;
    ...
```

```
  END_WORKFLOW_DATA

  CONTROL_FLOW
    sequence(sucheNachStandardteilen,
      ifthen(teilGefunden,
        vermeldeTeilnummer,
        ifthen(neuerEntwurf,
          entwerfeNeu,
          sequence(...) /* Modifikation des Teils */
        ) /* ifthen */
      ) /* ifthen */
    ) /* sequenz */
  END_CONTROL_FLOW

  DATA_FLOW
    teilspez -> sucheNachStandardteilen.teilspez;
    sucheNachStandardteilen.gefunden -> gefunden;
    sucheNachStandardteilen.neuerEntwurf -> neuerEntwurf;
    ...
  END_DATA_FLOW

  ORGANIZATIONAL_POLICY
    WORKFLOW_TYPE sucheNachStandardteilen
    WORKFLOW_I_OPERATION execute
    AGENT_SELECTION starterOf(Fkp)
    SYNCHRONISATION 1
    NOTIFICATION worklist
  END_ORGANIZATIONAL_POLICY
  ORGANIZATIONAL_POLICY
    WORKFLOW_TYPE seheSpezifikationDurch
    ...
  END_ORGANIZATIONAL_POLICY
  ...

END_WORKFLOW_TYPE
```

Wie der Definition unter `CONTROL_FLOW` entnommen werden kann, beginnt der Workflow mit einer Sequenz von zwei Subworkflows. Zuerst wird der Subworkflow *sucheNachStandardteilen* ausgeführt, gefolgt von dem Subworkflow, der durch die Evaluation des `ifthen`-Kontrollkonstruktes errechnet wird.

Im Abschnitt beginnend mit `ORGANIZATIONAL_POLICY` wird festgelegt, wer die einzelnen Subworkflows ausführen soll. Im Falle des Subworkflows *sucheNachStandardteilen* ist dies der Starter des Fkp-Workflows selbst, er wird in seiner Worklist darüber informiert.

2.2.5 Bewertung der Workflow-Sprachen

Abschließend werden die einzelnen WF-Sprachen nach bestimmten Kriterien bewertet. Diese Kriterien sind:

- *Intuitive Erfassbarkeit eines Workflows*: Können auch relativ unerfahrene Benutzer (Sachbearbeiter, Manager, etc.) anhand der Darstellung schnell den wesentlichen Ablauf eines Workflows erfassen?
- *Übersichtlichkeit der Darstellung*: Können auch komplexere Workflows noch übersichtlich dargestellt werden?
- *Darstellungsbruch bei exakter Definition*: Können Workflows exakt definiert werden, ohne daß von einer Darstellung (z.B. Grafik) zu einer anderen (z.B. Text) gewechselt werden muß?
- *Mathematische Fundierung*: Ist die Sprache, oder zumindest ein Teil davon, mathematisch fundiert und können deshalb mathematische Methoden oder Verfahren zur Analyse der definierten Workflows benutzt werden?
- *Integration beliebiger Anwendungen*: Unterstützt die Sprache — zumindest theoretisch — die Integration beliebiger Anwendungen? Dies ist dann gegeben, falls eine Kapselung der konkreten Funktionsaufrufe mit Hilfe eines Sprachkonstrukts vorgesehen ist.

Im Hinblick auf diesen Kriterienkatalog lassen sich die Workflow-Sprachen wie folgt bewerten:

- Dadurch, daß bei INCAs die Workflow-Definition in Form von C-Quellcode geschieht (die INCAs und das Stationsverhalten) ist die intuitive Erfassbarkeit von Workflows auf dieser Ebene gering. Es folgt die geringe Übersichtlichkeit bei großen, komplexen Workflows. Ein Darstellungsbruch ist bei der Workflow-Definition jedoch nicht nötig.

  Ein Nachteil ist, daß es bisher noch keine mathematische Fundierung für die in INCAs verwendete agentenorientierte Workflow-Sprache gibt. Dies ist ein Problem mancher agentenorientierter Workflow-Sprachen, beispielsweise auch des Systems der Business Conversations nach [Mat97]. Mathematische Modelle sind hilfreich, Fehler oder vermeidbare Umständlichkeit in Workflow-Schemata zu erkennen.

  Der agentenorientierte Ansatz von INCAs erleichtert die Integration bereits bestehender Anwendungen in ein Workflow-System. Hierzu muß für jede zu integrierende Anwendung ein dem Modell entsprechender Agent geschrieben werden, der die Anwendung gegenüber dem WFMS kapselt. Auch ist es für das Modell nicht entscheidend, ob eine Anwendung genau eine Funktionalität oder viele Funktionalitäten anbietet. Jede Funktionalität entspricht dann einer Rolle, die ein Agent spielen kann.

- Der graphikorientierte Ansatz von INCOME spielt seine Vorzüge besonders dann aus, wenn die Workflows relativ klein sind. Solche Workflows

sind gut intuitiv anhand des Ablaufmodells erfaßbar. Die Darstellungsform ist für komplexere Workflows weniger geeignet. So verursacht bereits die Komplexität des Fkps einige Auffälligkeiten in der Modellierung:

- Arbeitsschritte, die zwar ähnlich, aber nicht gleich sind, müssen als einzelne Aktivitäten modelliert werden. Dies resultiert in vielen Aktivitäten pro Workflow, was der Übersichtlichkeit der Workflow-Darstellung abträglich ist, vgl. Abbildung 2.9. Im Beispiel sind dies die Aktivitäten *kommentiere Spezifikation*, *kommentiere Zt-pl.* und *kommentiere Probleme*, bei denen als Arbeitsschritt jeweils eine Rückmeldung des Konstrukteurs zum gegenwärtigen Stand des Workflows gefordert ist.
- Es gibt Aktivitäten, die nur für die Modellierung benötigt werden und nicht in der textuellen Workflowbeschreibung in Abschnitt 2.2.1 enthalten sind. Im Beispiel befindet sich in der rechten Hälfte der Abbildung 2.9 eine Aktivität, die keinen (workflowrelevanten) Namen besitzt und deren einziger Zweck es ist, die Aktivitäten *konstruiere* und *plane Produktion* parallel zu aktivieren. Das Problem ist, daß je nach Ausgang des ersten Entwurfs entweder die Aktivität *kommentiere Probleme* aktiviert oder die Aktivitäten *konstruiere* **und** *plane Produktion* aktiviert werden sollen. Allgemein muß der Kontrollfluß „nach a kommt (b oder (c und d))“ abgebildet werden durch den äquivalenten Kontrollfluß „nach a kommt (b oder x), nach x kommen (c und d)“.
- Sich überschneidende Linien können oft nur durch Kopien von Objektspeichern verhindert werden.
- Aktivitäten zugeordnete Ressourcen werden in Parallelogrammen in Verbindung mit der Aktivität dargestellt. In Abbildung 2.9 wurde die Anzeige unterdrückt, da die Darstellung der zugeordneten Ressourcen zu großer Unübersichtlichkeit führt.

Bei der genauen Definition von Workflows findet ein Darstellungsbruch statt. So wird im Ablaufmodell das nur das Ablaufnetz graphisch erstellt, Details der Workflow-Definition müssen aber mit Hilfe von Formularen textuell erfaßt werden.

Ein klarer Vorteil der von INCOME verwendeten Ablaufnetze ist es, daß sie, weil sie auf Petri-Netze aufsetzen, mathematisch gut beherrschbar sind und erprobte Werkzeuge zur Simulation und Analyse der Workflow-Schemata zur Verfügung stehen.

INCOME unterstützt nur bedingt die Integration von bestehenden Anwendungen. Eine allgemeine Integrationsschnittstelle für Anwendungen, mit Hilfe derer sich die unterschiedlichen Aufrufe kapseln ließen, ist nicht in der Workflow-Sprache enthalten.

- Die textuelle Spezifikation eines Workflows in MOBILE ist ziemlich aufwendig. Der Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte muß „erlesen“ werden,

die intuitive Erfassbarkeit ist schlecht. Die Übersicht geht bei komplexeren Workflows entsprechend schnell verloren.

MSL kommt ohne Darstellungsbruch aus.

Eine textuelle Workflow-Sprache kann mathematisch fundiert sein, indem etwa die Sprache ein mathematisches Workflow-Modell beschreibt. Sie kann mit Hilfe von Typisierung einige Fehler schon bei der Definition von Workflow-Schemata vermeiden helfen. Leider ist dem Autor nicht bekannt, ob eine derartige Fundierung bei MOBILE vorhanden ist.

Bestehende Anwendungen können relativ problemlos in MOBILE integriert werden, da jeder konkreter Anwendungsaufruf in einem speziellen Sprachkonstrukt gekapselt ist.

Tabelle 2.4 faßt die Bewertung der Workflow-Sprachen unter den einzelnen Gesichtspunkten zusammen.

	Erfassbark.	*Übersicht.*	*Darst.-bruch*	*math. Fundier.*	*Integr.*
INCAs	schlecht	schlecht	nein	gering	ja
INCOME	mittel-gut	mittel	ja	gut	bedingt
MOBILE	schlecht	schlecht	nein	k.A.	ja

Tabelle 2.4: Bewertung der beschriebenen Workflow-Sprachen.

In Kapitel 4 wird eine allgemeine Repräsentation für Workflows, *MTX* genannt, vorgestellt, mit der eine übersichtliche, einfach zu verstehende und dennoch genaue Wiedergabe des Fkp möglich ist. MTX ist eine Kombination aus graphischer (übersichtlicher) und textueller (genauer) Repräsentation und versucht so, die Vorteile der verschiedenen Modellierungsansätze zu vereinen.

Da MTX den öffentlichen Transports als Metapher verwendet, werden im nächsten Kapitel Objekte und Darstellungsformen des öffentlichen Transports vorgestellt.

Kapitel 3

Stadtverkehr

In diesem Kapitel werden Einrichtungen und Beteiligte des Stadtverkehrs, insbesondere des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) auf intuitiver Basis beschrieben und die sich durchsetzende Darstellung möglicher Reisewege angegeben. Abschließend wird die Reiseplanung und -durchführung im Bereich des öffentlichen Transports betrachtet.

Die Darstellungen in diesem Kapitel sind Grundlage der MTX-Metapher, die in Kapitel 4 eingeführt wird.

3.1 Verkehrsarten

Prinzipiell unterscheidet sich der Stadtverkehr[1] in zwei Verkehrsarten:

1. Der *Individualverkehr*. In [dtv90] heißt es: „Verkehr mit privaten Personen- oder Lastkraftwagen".

2. Der öffentliche Verkehr, genauer der *öffentliche Personennahverkehr*.

Der Begriff des öffentlichen Personennahverkehrs setzt sich aus vier Teilen zusammen, die sich auch in der gebräuchlichen Abkürzung *ÖPNV* wiederfinden. Diese Teile entsprechen den Eigenschaften, die den ÖPNV charakterisieren:

- Es handelt sich um einen *Verkehr*. Hierzu definiert [dtv90]: „Raumüberwindung von Personen, Gütern und Nachrichten unter Benutzung besonderer technischer und organisatorischer Einrichtungen (Verkehrsmittel, Verkehrswege und -anlagen)."

- Der Verkehr ist ein *Nahverkehr*, d.h., daß eine geographische Region, z.B. eine Stadt mit ihrem Umland, nicht verlassen wird.

- Es reisen *Personen*, in diesem Kontext Menschen[2]. Menschen benutzen den Nahverkehr, um ein gewisses *Ziel* zu erreichen, beispielsweise um zu einer Einkaufszeile zu gelangen oder zur Arbeit zu fahren.

[1] Unter Stadtverkehr wird der Verkehr innerhalb einer Stadt oder eines Stadtgebietes verstanden.

[2] Ein anderer Personenbegriff existiert z.B. im rechtlichen Bereich, wo zwischen natürlichen und juristischen Personen unterschieden wird.

- Der Personenverkehr ist öffentlich, d.h. einem (potentiell) unbegrenzten Personenkreis zugänglich. Die Bezeichnung „öffentlich" ist in diesem Zusammenhang jedoch problematisch, denn auch Taxis sind jedermann zugänglich, werden jedoch im Allgemeinen nicht unter dem Begriff des ÖPNV subsumiert [Pha95]. Im ÖPNV steht ein Transportmittel, z.B. ein Bus, stets mehreren Personen gleichzeitig zur Verfügung, im Gegensatz zum Individualverkehr, bei dem ein Transportmittel, z.B. ein Auto, nur einer Person (mit „Angehörigen") zur Verfügung steht. Definiert man die Eigenschaft „öffentlich" als gleichzeitige Benutzbarkeit eines einzigen Verkehrsmittels durch mehrere unabhängige Personen, so zerfallen Taxis in zwei Kategorien: Individualtaxis und Sammeltaxis.

  In dieser Arbeit wird unter einem Taxi ein öffentliches Transportmittel verstanden, das individuelle Transporte von A nach B durchführt.

3.2 Der ÖPNV und sein Umfeld

Im Folgenden werden Begriffe und Einrichtungen des ÖPNVs und seines Umfeldes näher beschrieben, wobei die intuitive Bedeutung der Begriffe im Vordergrund steht. Für eingehendere Betrachtungen sei auf der Bereich der Verkehrsplanung, z.B. [Pha95], verwiesen.

Aufgrund der größeren Entfernungen und der geringeren Bevölkerungsdichte findet ÖPNV nur wenig in ländlichen Gebieten statt, interessanter ist er in *Städten*, wo die „Kundendichte" höher ist. Eine Stadt ist nach [Kan94] eine „Siedlung, die Mittelpunkt von Gewerbe, Handel und Verkehr ist und oft zentrale Aufgaben (Markt, Verwaltung) hat".

Innerhalb einer Stadt gibt es *Verkehrswege*, auf denen der Verkehr stattfindet. Dies sind Wege, Straßen, Flüsse, Schienen, etc.

Verkehrsbetriebe sind Unternehmen, die den ÖPNV organisieren und abwickeln. Sie bieten ihren Kunden ein oder mehrere Transportmittel an, wie etwa U-Bahnen oder Busse.

Ein *Verkehrsverbund* ist ein Zusammenschluß mehrerer Verkehrsbetriebe einer Stadt oder Region, um durch die Verbindung mehrerer Transportmittel den Kunden einen besseren Service bieten zu können. Dadurch erhält der Kunde *Umsteigemöglichkeiten*, d.h. er kann ohne großen Zeitverlust bei bestimmten Haltestellen von einem Transportmittel in ein anderes wechseln. Außerdem bezahlt der Kunde sein Fahrgeld an den Verbund und nicht an die einzelnen Verkehrsbetriebe, deren Transportmittel er benutzt. Für die Kunden stellt sich so ein Verkehrsverbund als großer Verkehrsbetrieb dar.

Möchte ein Kunde eine Fahrt im ÖPNV antreten, so muß er eine *Fahrkarte* des jeweiligen Verkehrsbetriebes oder -verbundes erwerben. Ein Verkehrsbetrieb oder -verbund versucht meist mit unterschiedlichen Fahrkarten unterschiedliche Kundenwünsche zu befriedigen. So gibt es Fahrkarten, bei denen angegeben ist, von welchem Startpunkt zu welchen Endpunkt der Kunde den Transport bezahlt hat und wann der Transport stattzufinden hat. Das andere Extrem sind Fahrkarten, bei denen der Kunde freie Auswahl bezüglich der Strecke und der Zeit hat. Zwischen beiden Extremen sind alle möglichen Abstufungen und

Verfeinerungen denkbar. [3]

Busse und Bahnen befahren sog. *Linien*, d.h. sie fahren auf festen, vorgegebenen Strecken mit definierten Haltestellen, auch *Stationen* genannt. Passagiere können, zumindest während der Hauptverkehrszeiten, nicht an anderen Stellen als den Stationen aussteigen. Es gibt *Umsteigestationen*; dies sind Haltestellen, die von zwei oder mehr Linien angefahren werden. Im Idealfall kann ein Kunde ohne große Wartezeiten von einer Linie in eine andere umsteigen. In einem solchen Fall treffen sich zwei Transportmittel unterschiedlicher Linien an einer Haltestelle.

Linien sollten stets den Bedürfnissen der Kunden entsprechend geführt sein, falsche oder schlecht geführte Linien sind teuer und unrentabel. Die möglichen Transportmittel haben diesbezüglich jeweils eigene Vor- und Nachteile:

- Busse sind in der Linienführung sehr flexibel und bei geringen Fahrgastzahlen relativ billig. Dem steht gegenüber, daß Buslinien nur ein begrenztes Passagieraufkommen befördern können und Busse im Allgemeinen von Kunden wegen mangelnden Komforts und geringerer Zuverlässigkeit bei der Einhaltung des Fahrplans nicht sehr beliebt sind.

- Schienenfahrzeuge wie U- und S-Bahnen oder Trams sind zuverlässig, bequem, schnell und können auch für hohen Passagierzahlen eingesetzt werden. Zusätzlich beleben Stationen von Schienenfahrzeugen das Geschäftsleben rund um diese Stationen, weil die Reisenden eben auch potentielle Kunden der Geschäfte sind [Pha95]. Andererseits erfordern solche Transportmittel eine nicht unerhebliche Anfangsinvestition und sind in ihrer Linienführung nicht flexibel.

- Taxis sind ein Transportmittel im ÖPNV, das keine festgelegte Linienführung oder Fahrpläne kennt und daher sehr flexibel auf Kundenwünsche reagieren kann. Dem stehen hohe Kosten gegenüber, die sich im individuell zu bestimmenden Fahrpreis niederschlagen. Dennoch sind Taxis unverzichtbarer Bestandteil des Transportwesens, die zunehmende Kopplung von Taxis und traditionellen Transportmitteln des ÖPNV belegen dies.[4]

Eine eingehende Diskussion der Vor- und Nachteile einzelner Transportmittel sowie deren Konsequenzen finden sich in [Pha95]; eine Übersicht gibt Tabelle 3.1.

Zur besseren Orientierung geben Verkehrsbetriebe und -verbünde fast immer auch *Netzpläne* für ihre Kunden heraus, auf denen schematisch die Linienführung aller oder der wichtigsten Linien verdeutlicht wird. Netzpläne werden im folgenden Teil dieses Kapitels eingehend besprochen.

[3] So konnte im August 1998 ein Kunde in Hamburg zwischen 11 Kartenarten (allgemeine Zeitkarten, Karten für Kinder, Karten für Studenten, Gruppenkarten, etc.) mit zum Teil Dutzenden von Verfeinerungen (Zonenzahl, Gültigkeitsdauer, etc.) auswählen. Quelle: [www.hvv.de, August 1998]

[4] Beispielsweise können Reisende in Hamburg nachts beim Busfahrer ein Taxi bestellen. Das Taxi wartet dann an der gewünschten Haltestelle auf den oder die Reisenden.

Transport-mittel	*Linien-führung*	*Flexibilität*	*Anfangs-investition*	*Passagier-aufkommen*
Schienen-fahrzeuge	fest	keine	hoch	hoch
Busse	flexibel	mittel	mittel	mittel
Taxis	keine	groß	gering	gering

Tabelle 3.1: Eigenschaften verschiedener Transportmittel des ÖPNV.

3.3 Netzpläne

Im folgenden werden die verschiedenen Funktionen von Netzpläne erläutert und es wird historisch nachgezeichnet, wie die erfolgreichste Darstellungsart für Netzpläne entstand und wie sie sich nach wie vor weiterentwickelt.

3.3.1 Funktionen von Netzplänen

Eine gelungene Darstellung von Linien und Verbindungen innerhalb eines Verkehrsverbundes ist eine Symbiose aus Werbeanzeige und (Land-)Karte. Dabei haben Werbeanzeigen und Karten durchaus unterschiedliche Anforderungen: „Eine Werbeanzeige muß ein ansprechendes, eine Karte ein klares Bild erzeugen“ [Mon91, S. 58]. [Mon91, a.a.O.] nennt zwei Gründe für eine solche Symbiose:

1. Die Notwendigkeit graphische Überschneidungen bei Karten zu vermeiden, kann dazu verwendet werden, bei Werbeanzeigen Auslassungen und Übertreibungen so zu gestalten, daß der Betrachter dies kaum bemerkt.

2. Werbeanzeigen müssen Aufmerksamkeit erregen und Karten sind erwiesene Aufmerksamkeitserreger.

Die Hauptfunktion von Netzplänen ist die übersichtliche Darstellung der angebotenen Linien, insbesondere die *Stationsfolgen* und die *Umsteigemöglichkeiten*. Netzpläne helfen den Reisenden die wichtigsten Fragen vor und während einer Reise zu beantworten: „Wo bin ich im System? Wo ist meine Endstation? Muß ich umsteigen? Wenn ja, wo und in welche Linie? In welche Richtung muß ich fahren? Was ist der Stationsname am Ende der Linie? Wieviele Stationen muß ich fahren, bevor ich aussteige?“ [Mon91, S. 35]

Netzpläne können gleichzeitig so gestaltet werden, daß das Reisen und Umsteigen angenehm aussieht und so eben auch Werbung betrieben wird. Beispielsweise werden zusätzlich auf Netzplänen oftmals noch weitere Reisemöglichkeiten mit angegeben, z.B. ein Flugzeugsymbol für einen Flughafen in der Nähe einer Station oder Park&Ride-Parkplätze.

3.3.2 Karten als graphische Kommunikation

Bis Anfang der fünfziger Jahre stand laut Robinson ([Rob52]) das Künstlerische im Vordergrund der Kartengestaltung. Er kritisiert dies, da die Behandlung von Karten als Kunst zu „zufälligen und launischen“ Entscheidungen führe. Er

sah zwei Alternativen: Erstens, eine vollständige Standardisierung der Symbole, so daß keine Mißverständnisse mehr auftreten. Zweitens, eine Erforschung des Wahrnehmens von Karteninhalten, so daß Entscheidungen über Symbole und Design auf der Basis von „objektiven“ Regeln getroffen werden können.

Ende der sechziger Jahre setzte sich — durch Robinsons Arbeit beeinflußt — die Ansicht durch, daß Kartographie ein graphischer Kommunikationsprozeß sei [Mac95, S. 3]. Der Prozeß geht von einer Informationsquelle aus, die ein Kartograph erschlossen hat. Der Kartograph bestimmt, welche Informationen auf welche Art auf einer Karte abgebildet werden. Die Karte, als Mittelpunkt des Prozesses, dient dem Leser dazu, ein gewisses Verständnis für die Informationsquelle zu entwickeln, indem der Leser Informationen der Karte mit vorher bereits erworbenem Wissen verknüpft. Abbildung 3.1 gibt den Prozeß genauer wieder. So hat der Kartograph ein bestimmtes Wissen über die Realität, das teilweise lückenhaft und wahrheitswidrig ist. Aus seinem Wissen stellt der Kartograph diejenigen Informationen zusammen, die er mit Hilfe der Karte vermitteln (kommunizieren) möchte. Der Karte gibt er ein entsprechendes Design und er wählt eine angemessene Symbolisierung. Der Leser hingegen sieht ein Bild mit Symbolformationen, aus dem er eine Vorstellung über die zu vermittelnden Informationen gewinnt. Diese Vorstellung baut er dann in sein bisheriges Wissen ein. Dabei kann es vorkommen, daß der Leser die Karte (und damit den Kartographan) „mißversteht“ und so sich „Wissen“ aneignet, das entweder falsch ist oder über das der Kartograph selbst nicht verfügte.

Gegen diese Ausfassung der Kartographie erhebt MacEachren in [Mac95, S. 6ff.] große Einwände. So gibt er zu bedenken, daß es nur eine kleine Menge Karten gebe, die tatsächlich über so etwas wie eine „vordefinierte“ Botschaft verfügen, die kommuniziert werden kann. Der Kartograph kann bei allgemeineren Karten nicht wissen, *welche* Informationen ein Leser aus der Karte gewinnen möchte. Des weiteren bemängelt er, daß innerhalb der Kartographie der menschliche Leser zu sehr als „reaktives System“ betrachtet wurde, das, wenn man es mit den richtigen Eingaben füttert, auch das richtige Wisse erlangt. MacEachren vertritt hingegen die Auffassung, daß es keinen *einzelnen* richtigen wissenschaftlichen oder unwissenschaftlichen Ansatz dazu gibt, wie Karten funktionieren. [Mac95, S.12]

Nun bilden die Netzpläne im ÖPNV eine besondere Klasse von Karten. Sie zeichnen sich dadurch aus, daß sie zwei klare „Botschaften“ vermitteln wollen:

1. die Stationsfolge der einzelnen Linien

2. die Umsteigemöglichkeiten zwischen den Linien

Das erfolgreiche Design eines Netzplans von H.C. Beck, das im nächsten Abschnitt eingehend betrachtet wird, konzentriert sich genau auf diese beiden Botschaften.

3.3.3 Londons Netzplan: Ein historischer Abriß

Viele Netzpläne auf der ganzen Welt, z.B. von Berlin, Hamburg, Paris, dem Rhein/Ruhr-Gebiet, Sydney und Washington D.C. (siehe Anhang), sind in ih-

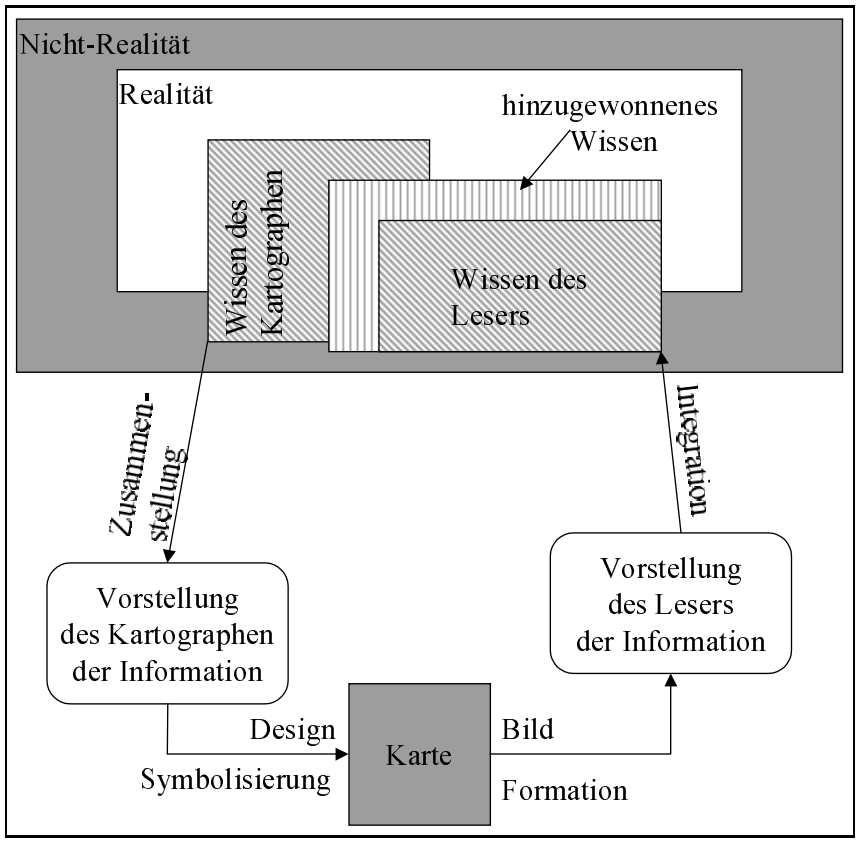


Abbildung 3.1: Kartographie als Kommunikationsprozeß. Nach [Mac95].

rem Design dem Netzplan Londons nachempfunden. Hier wird kurz die Entwicklung dieses erfolgreichen Designs nachvollzogen.

Die erste gemeinsame Karte mit den zu der Zeit konkurrierenden elektrischen Bahnen erschien 1908 in dem in Abbildung 3.2 gezeigten Stil. Schon diese frühe Karte sollte besser als *Diagramm* bezeichnet werden, weil sie geographische Gegebenheiten aus Gestaltungsgesichtspunkten heraus ignoriert. So deutet sie zwar schwach Straßen und Flüsse an, der Verlauf der *Metropolitan Railway* ist im westlichen Teilstück aber falsch wiedergegeben, um die Legende in der linken oberen Ecke plazieren zu können.

Die Verfälschung geographischer Gegebenheiten ist typisch für Netzpläne und zielt auf das Wesentliche ab: Die eindeutige Darstellung des Linienverlaufs im Sinne von aufeinanderfolgenden Stationen, nicht die geographisch korrekte Lage der Linie. So wird in [Bur81, S. 104] eine Darstellung aus dem Jahre 1846 erwähnt, die die Eisenbahnlinie zwischen London und Tunbridge Wells allein als Folge von Stationen beschreibt.

Im Jahre 1931 entwickelte der technische Zeichner *Henry C. Beck* die ersten Entwürfe für einen neuen Netzplan der London Underground. Seine initiale Idee beschreibt Beck so [Gar94, S. 17]:

„Während ich die alte Karte der Underground Railways betrachtete,

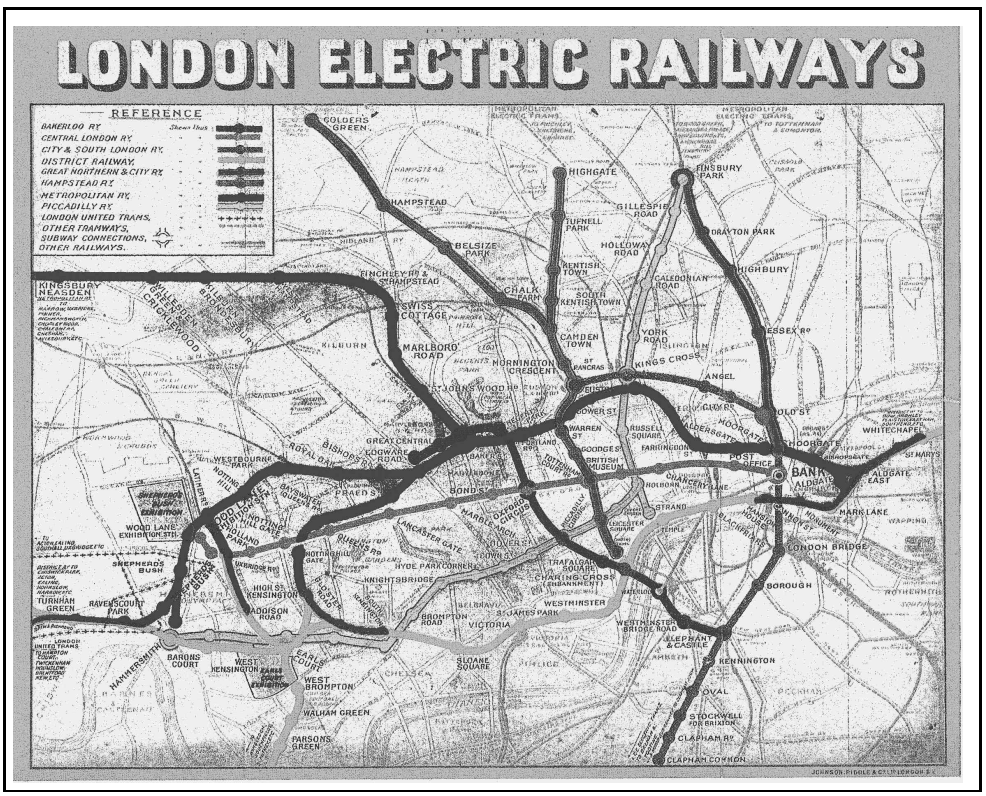


Abbildung 3.2: Frühe Darstellung der Londoner elektrischen Bahnen

> kam mir die Idee, daß es möglich sein könnte, die Karte aufzuräumen, indem die Linien begradigt werden; dabei experimentierte ich mit Diagonalen und glich die Abstände zwischen den Stationen aus. Je mehr ich darüber nachdachte, desto überzeugter war ich, daß es einen Versuch wert sei und machte einen ersten Entwurf, bei dem ich die *Central London Railway* als horizontale Basislinie auswählte. Ich versuchte mir vorzustellen, daß ich eine konvexe Linse oder Spiegel benutze, um so die zentrale Region in einem größeren Maßstab darzustellen. Dadurch, so dachte ich, würde den Umsteigeinformationen die benötigte Klarheit gegeben."

Vor dem Druck des ersten Netzplans, damals Diagramm[5] genannt, hatte Beck noch die Idee, die bis dahin üblichen Kreise für Nicht-Umsteigestationen durch Striche, die *Ticks* zu ersetzten. Die Ticks, wie sie auf Abbildung 3.3 zu sehen sind, haben folgende Vorteile [Gar94, S. 18]:

- Das Diagramm wirkt als ganzes leichter und deshalb eleganter.
- Sie beheben die falsche Gewichtung der mit gefüllten Kreisen dargestellten Nicht-Umsteigestationen und den mit ungefüllten Kreisen dargestellten

[5] Beck lehnte den Begriff „map" für die Darstellung ab und verwendete statt dessen den Ausdruck „diagram".

Umsteigestationen.

- Jeder Tick deutet unzweideutig auf den zugehörigen Stationsnamen, was es ermöglicht, die Stationsnamen auf jeweils abwechselnde Seiten der Linie zuschreiben und dadurch eine größere Kompaktheit zu erreichen.

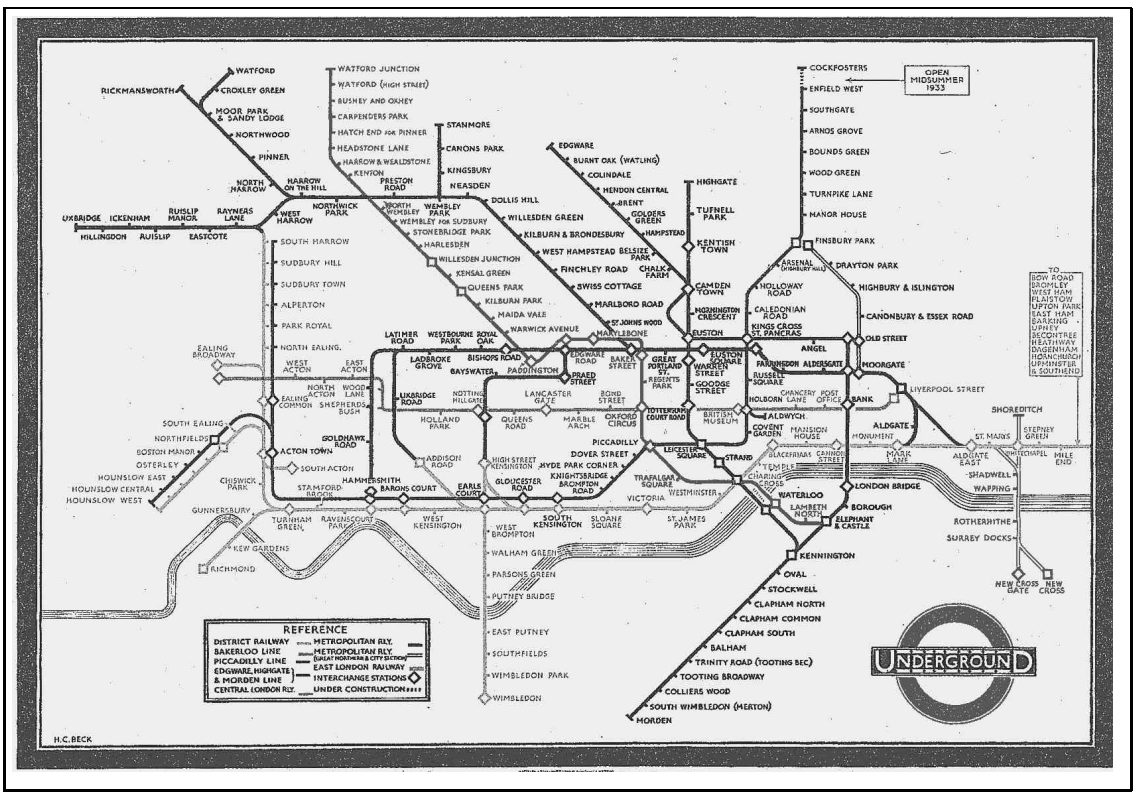


Abbildung 3.3: Das erste Diagramm von H. C. Beck (1933)

Schon der erste Netzplan, vom Managemant noch mit dem skeptischen Zusatz „A new design for an old map. We should welcome your comments.“ [Gar94, S. 19] versehen, fand eine sehr positive Resonanz bei den Kunden. Diese positive Resonanz über viele Jahre hinweg bis in die heutige Zeit ist sicherlich der Hauptgrund für die zahlreichen Nachahmungen durch andere Verkehrsverbünde.

Der Londoner Netzplan hat sich seit seinem Erscheinen bei jeder Auflage etwas verändert: Mal durch dickere Linienstriche, in denen dann die Liniennamen standen, mal durch andere Umsteigesymbole und immer wieder auch durch geänderte Linienführung und Farbgebung — sowohl aus graphischen/optischen Gründen als auch aufgrund neuer Subway-Linien. Beck schreibt über die ständigen Änderungen [Gar94, S. 23]:

> „Sicherlich muß das Diagramm als ein lebendiges und sich änderndes Ding angesehen werden, bei dem ständig schematische und ersatzteilartige Knochenveränderungen stattfinden.“

Die Darstellungsprinzipien haben sich jedoch bis heute nicht geändert, vgl. Abbildung 3.4. Diese Prinzipien sind [Gar94, S. 50]:

- Ausschließliche Benutzung von Horizontalen, Vertikalen und 45 Grad Diagonalen.
- Vergrößerte Darstellung der zentralen Region im Verhältnis zu weiter außen liegenden Teilen.
- Verwendung von „Ticks“ zur Kennzeichnung von Stationen, die von nur einer Linie angefahren werden.
- Unterscheidung der Linien durch Farbkodierung.
- Eliminierung aller Oberflächendetails bis auf den Fluß, dessen Verlauf auch nur stark vereinfacht wiedergegeben wird.
- Die *Central Line* ist die horizontale Basis des Designs.
- Die Linienführung ist geschwungen und nicht kantig.

Ein noch nicht zufriedenstellend gelöstes Problem besteht in der Verbindung vom Underground Diagramm zum Busnetzplan. „Busroutendiagramme tendieren zur topographisch genaueren Darstellung und respektieren eher die Nuancen des Terrains und der von Menschen geschaffenen Umgebung“ [Bur81, S. 110].

3.4 Fahr- und Servicepläne

Auf Netzplänen werden auf einsichtige Weise viele verschiedene mögliche Reiserouten beschrieben. Im Falle der London Underground wird der Netzplan deshalb auch „Journey Planner“ genannt. Da eine konkrete Reise nicht nur geographische Aspekte (von wo nach wo), sondern auch temporale Aspekte (wann) umfaßt, muß für eine konkrete Reiseplanung neben dem Netzplan noch der *Fahrplan* hinzugezogen werden, der den temporalen gegenüber dem geographischen Aspekt betont.

Es existieren zwei Arten von Fahrplänen, die eng miteinander verbunden sind:

- *Linienfahrpläne.* Der Fahrplan einer Linie enthält die von der Linie angefahrenen Stationen und die Zeiten, zu denen diese Stationen angefahren werden.

  Mit Hilfe eines Fahrplans können Regelmäßigkeiten, aber auch Unregelmäßigkeiten im Linienbetrieb angegeben werden. Als Beispiel möge der Auszug des Fahrplans in Tabelle 3.2 dienen. Er beschreibt die Linie S4 wie sie in Hamburg im August 1998 vom Hauptbahnhof in Richtung Ahrensburg sonnabends fährt. Eine auffällige Regelmäßigkeit, die platzsparend im Fahrplan vermerkt wird, ist die Tatsache, daß zwischen 8:49 Uhr und 23:19 Uhr die Züge immer halbstündlichen Takt abfahren und alle Zwischenbahnhöfe anfahren. Diese im Takt fahrenden Züge benötigen

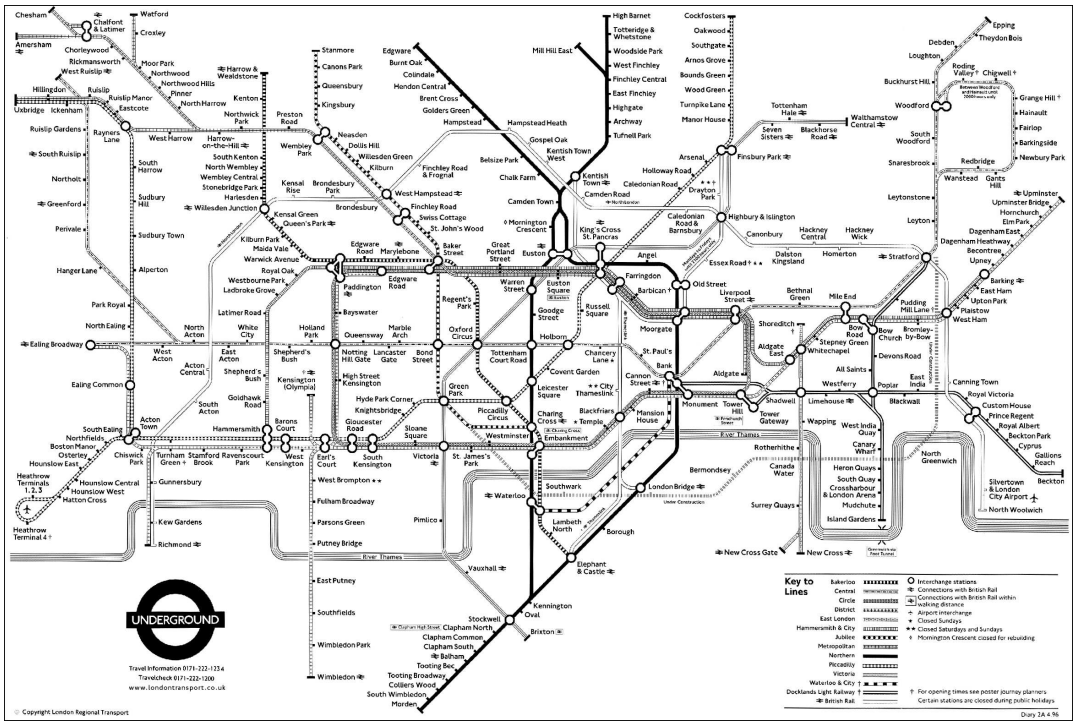


Abbildung 3.4: Der heutige Netzplan der London Underground. Quelle: [www.londontransport.co.uk]

22 Minuten vom Hauptbahnhof bis Ahrensburg. Eine dem Fahrplan zu entnehmende Ausnahme ist der Zug, der um 07:06 Uhr vom Hauptbahnhof abfährt; er hält nicht an den Stationen Hasselbrook, Wandsbek und Wandsbek Ost und benötigt bis Ahrensburg nur 17 Minuten.

Haltestelle	*Abfahrts-/Ankunftszeit*					
Hauptbahnhof	06:34	07:06	08:49	... alle 30 Min. ...	23:19	00:12
Hasselbrook	06:38	-	08:53	... alle 30 Min. ...	23:23	00:16
Wandsbek	06:41	-	08:56	... alle 30 Min. ...	23:26	00:19
Wandsbek Ost	06:45	-	09:00	... alle 30 Min. ...	23:30	00:23
Rahlstedt	06:48	07:16	09:03	... alle 30 Min. ...	23:33	00:26
Ahrensburg	06:56	07:23	09:11	... alle 30 Min. ...	23:41	00:34

Tabelle 3.2: Auszug aus dem Fahrplan der Linie S4. Quelle: [www.hvv.de, August 1998]

- *Stationsfahrpläne.* Stationsfahrpläne geben nicht den Gesamtverlauf einer an dieser Station haltenden Linie an, sondern nur die Abfahrtszeiten an dieser Station sowie die Fahrtrichtung. Ein Stationsfahrplan kann die Abfahrtszeiten von mehr als nur einer Linie enthalten.

Linienfahrpläne und Stationsfahrpläne sind eng miteinander verknüpft: Hat

man alle Linienfahrpläne, so kann man daraus die entsprechenden Stationsfahrpläne ableiten; hat man alle Stationsfahrpläne, so ergeben sich die Linienfahrpläne.

Linienfahrpläne sind besonders für die *Reiseplanung* geeignet, während Stationsfahrpläne für Reisende gedacht sind, die sich bereits an der Station befinden.

Das *allgemeine Prinzip eines Fahrplans* ist das *bedingte Anbieten einer Transportdienstleistung*. Ein Fahrplan besagt, daß, wenn man zu einer bestimmten Zeit an der Station ist, man zu weiteren Stationen fahren kann.

Auf Wenn-dann-Beziehungen beruhen auch die *Servicepläne*. Servicepläne beschreiben Dienstleistungen, die Reisende an den Stationen in Anspruch nehmen können. Solche Dienstleistungen sind z.B. öffentliche Telefone oder Einkaufsmöglichkeiten. Beispielsweise kann man am Hamburger Hauptbahnhof einkaufen, wenn man vor 24 Uhr dort ist und entsprechendes Geld dabei hat. Fehlt einem das Geld, so kann man dem (in diesem Fall fiktiven) Serviceplan entnehmen, daß es einen 24 Stunden am Tag lang zugänglichen Geldautomaten im Hauptbahnhof gibt.

Fahrpläne und Servicepläne können auch gemeinsam in einem Plan dargestellt werden, wobei die Dienstleistungen oft ikonographisch visualisiert werden. Als Beispiel sei auf die *Reisebegleiter* genannten Faltblätter der Deutschen Bahn AG verwiesen, wie sie in den entsprechenden Zügen[6] ausliegen.

3.5 Reiseplanung und -durchführung

Die Reiseplanung und -durchführung läuft im Allgemeinen nach folgendem Schema ab:

1. Die Start- bzw. Endstation ist normalerweise bekannt. Die Stationsnamen werden auf dem Netzplan gesucht und (hoffentlich) relativ schnell aufgrund der Übersichtlichkeit des Plans gefunden. Sind beide Stationen lokalisiert, so können ggf. die erforderlichen Umsteigestationen bestimmt werden. Häufig gibt es hierbei mehrere Möglichkeiten, von der Start- zur Endstation zu gelangen. Jede dieser Möglichkeiten ist eine mögliche Reiseroute.

2. Die Reiserouten werden mit Hilfe der Fahrpläne zeitlich detailliert bestimmt. Zu jeder Route ist nun nicht nur die Stationsfolge, sondern auch die zeitliche Verfügbarkeit und die Gesamtreisedauer bekannt. Weitere Merkmale einer Route, z.B. der Fahrpreis, mögliche Dienstleistungen an den Stationen etc., können ebenfalls mit Hilfe entsprechender Pläne (Tarifplan, Servicepläne der Stationen etc.) bestimmt werden.

3. Für die gewünschte Reiseroute wird eine entsprechende Fahrkarte gekauft und die Reise kann angetreten werden.

4. Unter Umständen wird während der Reise auf der Fahrkarte festgehalten, welche Stationen besucht wurden.

[6] Das sind seit der Privatisierung und Regionalisierung der Deutschen Bundesbahn die IR-, IC/EC- und ICE-Züge.

Netz-, Fahr- und Servicepläne sind allgemein gültig, d.h. sie beziehen sich nicht auf spezielle Kundenwünsche. Mit Hilfe der Pläne können jedoch gemäß den Kundenwünschen individuelle Reiserouten erstellt werden. Nachdem der Kunde sich für eine Route entschieden hat, manifestiert sich die gewählte Route in einer entsprechenden Fahrkarte. Fahrkarten sind also eine Art *individueller Fahrplan*, Netzpläne sind *vergröberte Fahrpläne*.

Viele Menschen haben aufgrund dieser Umgangsweise mit Informationen bezüglich Reisemöglichkeiten keine — oder nur geringe — Schwierigkeiten, selbst relative komplexe Reisen zu planen und durchzuführen.

Wesentliche Erfolgsfaktoren sind:

- Der Netzplan konzentriert sich auf das Hauptanliegen des Kunden, nämlich den Transport von A nach B.
- Die gelungene graphische Repräsentation des Netzplans gibt neben einzelnen Verbindungen auch eine Gesamtübersicht, die für viele Menschen zur Orientierung sehr wichtig ist.
- Die tabellarische Darstellung der Verbindung des geographischen Aspekts mit dem temporalen Aspekt (Fahrplan) ist leicht verständlich und genau.
- Es fällt leicht, Dienstleistungen mit Stationen zu identifizieren. Der Kunde ist ja eigentlich an einer Dienstleistung (im weitesten Sinne) an Station B interessiert und nicht an der Station B selbst.

Im folgenden Kapitel dieser Arbeit wird versucht, diese erfolgreiche Umgangsweise mit Informationen metaphorisch in den Bereich der Workflows zu übertragen.

Kapitel 4

Öffentlicher Transport als Metapher für Workflows - Die Workflow-Sprache MTX

In diesem Kapitel wird der im vorigen Kapitel beschriebene öffentliche Transport als Metapher zur Workflow-Modellierung verwendet. Es ist das Ziel, hiermit eine auch Nicht-Informatikern eingängige Darstellungsart für Workflows zu definieren.

Der erste Teil beschreibt die metaphorische Verwendung der Begriffswelt des öffentlichen Transports übertragen auf die allgemeinen Workflowbegriffe aus Kapitel 2.1 und definiert eine entsprechende metaphorische, abstrakte Workflow-Sprache.

Im zweiten Teil werden die Konzepte der in Kapitel 2.2 vorgestellten Workflow-Management-Systeme im Sinne der im ersten Teil vorgestellten Metapher interpretiert. Die neue Sichtweise auf vorhandene Workflows wird anhand des in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Flugzeugkonstruktionsprozesses verdeutlicht.

4.1 Die Workflow-Sprache MTX

Die Kernidee des MTX-Ansatzes ist es, *Workflows mit Hilfe der Metapher des öffentlichen Transports zu beschreiben und darzustellen.*

Hierzu werden zunächst Begriffsentsprechungen angegeben, die den metaphorischen Umgang mit Workflows erlauben. Anschließend wird eine Vorgehensweise empfohlen, wie man aus Arbeitsbeschreibungen oder schon bestehenden Workflows Stationen, Fahr- und Servicepläne erhält. Anschließend werden Netzpläne als kompakte und übersichtliche graphische Darstellung mehrerer Workflows in einem Diagramm vorgestellt. Eine mathematische Betrachtung schließt den Teil ab.

4.1.1 Eine Metapher für Workflows

Die in Kapitel 2.1 benannten Begriffe und Konzepte finden weitgehende Entsprechungen im Bereich des öffentlichen Transports. Die Konzepte im Bereich

der Workflows lassen sich so metaphorisch interpretieren.

Tabelle 4.1 faßt die Begriffsentsprechungen zusammen.

Ein Unternehmen ist mit einer Stadt vergleichbar, die laut Definition (vgl. Kapitel 3.2) Mittelpunkt von Gewerbe, Handel und Verkehr ist. Die Unternehmensstruktur stellt als Organisation den Marktplatz und die Verwaltung, die eigentlichen Geschäftsprozesse sind der Handel in einer Stadt.

Abteilungen eines Unternehmens entsprechen den Stadtteilen. Wie Abteilungen eines Unternehmens einen Hauptzweck haben, der sich meistens schon im Namen widerspiegelt, so gibt es in vielen Städten Stadtteile, die hauptsächlich für bestimmte Zwecke genutzt werden, beispielsweise als vorwiegende Arbeits-, Erholungs- oder Wohnstadtteile.

Über die Verkehrswege der Stadt werden Dinge aller Art quer durch die Stadt transportiert, ebenso wie innerhalb eines Unternehmens die Informationen mit Hilfe der Informations- und Kommunikationsinfrastruktur transportiert wird.

Da konkrete Workflows durch ein Unternehmen „fließen“, entsprechen sie Reisenden, die durch eine Stadt fahren und dabei verschiedene Aufgaben erledigen. Wie sich bei der Betrachtung der verschiedenen Kontrollkonstrukte für Workflows (vgl. Kapitel 2.1.2) zeigt, muß hier präziser von Reisegruppen gesprochen werden, da Reisende nicht „geteilt“ werden sollen.

Das Gepäck, das Reisende mitführen, ist den Kontrolldaten eines Workflows vergleichbar. Viele Dienstleistungen, die ein Reisender in Anspruch nimmt, beeinflussen das mitgeführte Gepäck. Sei es, daß eine Dienstleistung unmittelbar das Gepäck oder Teile des Gepäcks verwendet, beispielsweise ein Schuster, der Schuhe repariert, sei es, indem des Gepäck um neu erworbene Dinge erweitert wird oder die Art des Gepäcks die Benutzung bestimmter Transportmittel erfordert oder verhindert.

Die einzelnen WFMSe, die innerhalb eines Unternehmens existieren, sind die Verkehrsbetriebe, die jeweils bestimmte Transportdienstleistungen anbieten. Können mehrere WFMSe eines Unternehmens miteinander kommunizieren, z.B. über die Schnittstellen der WfMC (vgl. Kapitel 2.1.3), so entspricht dies einem Verkehrsverbund, da auch hier die Reisenden einen Verkehrsbetriebswechsel ohne Umstände vollziehen können.

Die verfügbaren Workflow-Anwendungen (WF-Applikationen) sind die Geschäfte einer Stadt. Hier können die unterschiedlichsten Dienstleistungen in Anspruch genommen werden.

Wie ähnliche Geschäfte sich in der Nähe von Stationen ansiedeln, so lassen sich WF-Applikationen meistens zu Gruppen ähnlicher Leistung zusammenfassen. Eine Menge von WF-Applikationen, die sich unter einem gemeinsamen Oberbegriff zusammenfassen lassen, ist dann wie eine Station, an der bestimmte Dienstleistungen vorwiegend angeboten werden.

Die Ausführung eines Administrativ- oder Produktionsworkflows (A/P-WFs) entspricht dem Befahren einer einzelnen Linie. Die Aufgabenfolge ist bei A/P-WFs festgelegt, vgl. Kapitel 2.1.1, genau wie auch der Verlauf und die Stationsfolge einer Linie festgelegt ist, vgl. Kapitel 3.2. Die Schemata für A/P-WFs entsprechen den Fahr- und Serviceplänen, die die Linienführung, den zeitlichen Verlauf, d.h. die Verfügbarkeit, und mögliche Dienstleistungen und deren Bedingungen beschreiben, vgl. wieder Kapitel 3.2.

Stellt sich für Reisende während der Reise heraus, daß die ursprüngliche Reiseroute ungünstig ist, beispielsweise aufgrund eines technischen Defekt an einer Station oder der Überlastung einer Linie, so steigen Reisende typischerweise auf eine andere Linie um oder fahren in eiligen Fällen mit dem Taxi. Dies ähnelt der Ausnahmebehandlung bei Workflows, wo besondere Umstände eine Abweichung vom Schema erzwingen.

Die nicht von vornherein festgelegten Ad-hoc-Workflows entsprechen dem Individualverkehr. Wie beim Individualverkehr befriedigen Ad-hoc-Workflows spontane Bedürfnisse oder Bedürfnisse, die nicht durch „Standardleistungen", d.h. durch definierte A/P-WFs bzw. Linien abgedeckt werden. Wie es für den Individualverkehr keine Fahr- und Servicepläne gibt, so gibt es für Ad-hoc-Workflows keine Workflow-Schemata.

Die graphische Repräsentation des Streckennetzes, der Netzplan, findet seine Entsprechung in der graphischen Repräsentation der Workflows eines Unternehmens. Durch Adaption der Designrichtlinien für Netzpläne ergibt sich eine einfache graphische Repräsentation für Workflows.

Wird ein neues Workflow-Schema aus Teilen bereits bestehender Workflow-Schemata zusammengesetzt, so ist dies wie die Einführung einer neuen Linie, die teilweise parallel zu anderen Linien fährt. Hierzu kann bestehende Infrastruktur entweder erweitert oder wiederverwendet werden.

Schließlich bestimmt die Fahrkarte, welche Teile der Infrastruktur ein Reisender benutzen darf. Auf einer Fahrkarte kann auch vermerkt sein, wo der Reisende schon überall war, sei es explizit durch einen Stempel für jede besuchte Station oder sei es implizit durch Anfangs-, End- und Umsteigestationen. Damit entspricht eine Fahrkarte der Geschichte (Trace) und den zukünftig möglichen Ausführungsfolgen (Space) eines Workflows. Fahrkarten werden weiter unten näher betrachtet.

4.1.2 Maps, Tabs und TiX

Zur Planung und Durchführung einer Reise im Sinne von MTX benötigt ein Reisender dreierlei:

- Den *Netzplan* oder die Karte, engl. *map*. Mit Hilfe des Netzplans erhält der Reisende einen Überblick, wie er von seinem derzeitigen Standort zu seinem Ziel gelangen kann. Dabei dient die Karte nur zur Orientierung; ob eine anhand der Karte gewählte Reiseroute zu den gewünschten Bedingungen tatsächlich auch benutzt werden kann, ergibt sich aus den Fahr- und Serviceplänen.

- Die *Fahr- und Serviceplane*, engl. *time and service tables*. Sie sind die zentrale Informationsquelle, da sie alle benötigten Details der Linien und Dienstleistungen enthalten. Eine Reiseplanung und Durchführung ist allein mit diesen Plänen möglich, ein Netzplan leitet sich aus diesen Plänen ab. [1]

[1] Das Ableiten eines Netzplanes ist, wie in Kapitel 3.3 gezeigt, ein iterativer und nichtdeterministischer Prozeß, der auch Dinge wie etwa menschliche Sehgewohnheiten berücksichtigt.

ÖPNV	*WF-Management*	*Merkmal(e)*
Stadt	Unternehmen	Handel und Verwaltung
Stadtteile	Abteilungen	haben Hauptzweck
Verkehrswege	IuK-Infrastruktur	ermöglichen Transporte
Reisegruppen	WF-Instanzen	Zielgerichtete Erledigung von Aufgaben
Reisegepäck	Kontrolldaten	Hilfsmittel zur Reisedurchführung
Verkehrsbetrieb(e)	WFMS	Dienstleistungen auf Infrastruktur
Verkehrsverbund	WFMSe eines Unternehmens, die WF-Instanzen austauschen können	unproblematische Wechsel
Fahr- und Servicepläne	Schemata für A/P-WFs	Detailbeschreibungen der Leistungen
Linie	WF-Schema	häufige Standardleistung
Individualverkehr	Ad-hoc-Workflows	keine Vorhersagbarkeit, Nutzung der Infrastruktur abweichend vom Standard
Fahrkarte	WF-Trace/Space	beschreiben Geschichte und zukünftige Möglichkeiten
Netzplan	graph. Repräsentation des Verhaltensaspekts	Orientierungshilfe
Geschäfte/Firmen	Applikationen	angebotene Dienstleistungen
Stationen	Menge von Applikationen	Zentrale Bedeutung für Reisende bzw. Workflow-Instanzen
Taxis und spontanes Umsteigen	Ausnahmen	Abweichung vom Schema aufgrund besonderer Umstände
neue Linie parallel zu bereits existierenden	Wiederverwendung von Teilen eines Schemas	Ausnutzung bestehender Strukturen

Tabelle 4.1: Begriffsentsprechungen der MTX-Metapher

- Die *Fahrkarte*, engl. *ticket*. Anhand der Fahrkarte, wie sie im Zusammenhang mit der MTX-Sprache verstanden wird, können drei Dinge bestimmt werden, vgl. Abbildung 4.1:
  - Wo (an welcher Station) sich der Reisende befindet und welchen Service er ggf. gerade benutzt.
  - Welche Route der Reisende bisher bereist hat und welche Dienstleistungen an welchen Stationen er ggf. in Anspruch genommen hat, der sog. *Trace*.
  - Welche zukünftigen Routen und Services noch verwendet werden können, der sog. Space.

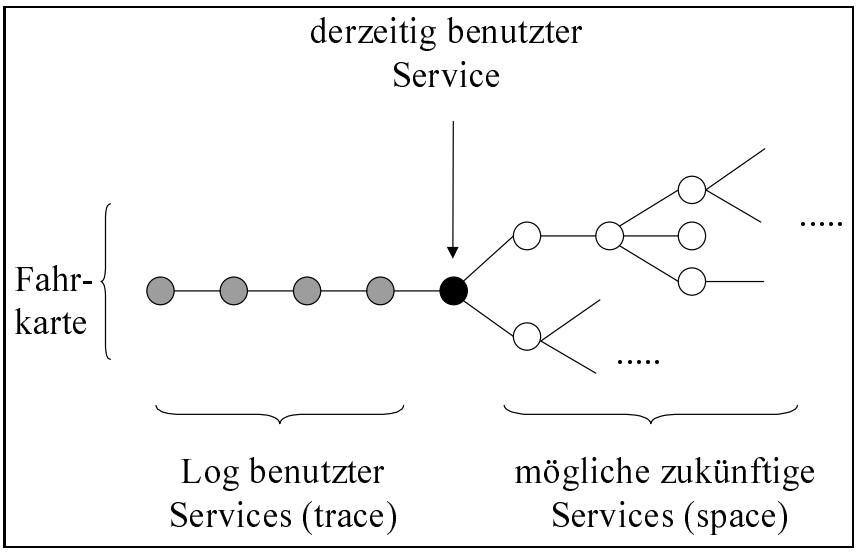


Abbildung 4.1: Informationen, die aus Fahrkarten gewonnen werden können

Aus den englischen Bezeichnungen dieser drei Kernelemente zur Reiseplanung und -durchführung leitet sich die Bezeichnung MTX her: M steht für **M**aps, T steht für **T**abs (Tables) und X steht für die gebräuchliche Abkürzung Ti**x** anstelle von Tickets.

4.1.3 Ablauf eines MTX-Workflows

Der prinzipielle Ablauf eines MTX-Workflows ist wie folgt:

> Eine Reisegruppe reist von einer oder mehreren Startstation(en) zu einer oder mehreren Endstation(en). Auf ihrer Reise nehmen sie Dienstleistungen an den Stationen in Anspruch; durch diese Dienstleistungen wird die zu verrichtende Arbeit getan. Ein Workflow ist beendet, wenn alle Gruppenmitglieder eine Ihrer möglichen Endstationen erreicht haben und keiner mehr weiterfahren möchte.

Im Detail geschieht folgendes:

1. Ein Workflow-Initiator bestimmt mit Hilfe der Fahr- und Servicepläne Fahrkarten für eine Reisegruppe. Dabei erhält jedes Mitglied der Gruppe eine eigene Fahrkarte, die sich mehr oder weniger von den Fahrkarten der anderen Mitglieder unterscheidet. Die Fahrkarte bestimmt, welche Linien zu befahren sind und welche Services an welchen Stationen benutzt werden sollen, falls an den Stationen mehrere Dienstleistungen zur Auswahl stehen.

2. Jedes Gruppenmitglied macht sich nun auf den Weg. An jeder Station, die ein Reisender erreicht, geschieht folgendes:

   - Der Reisende wird angehalten und nach der gewünschten Dienstleistung befragt.
   - Die Station vergleicht den Wunsch mit dem gültigen Serviceplan und bedient den Reisenden, falls dies möglich ist. Die Ausführung der Dienstleistung wird zumindest auf der Fahrkarte quittiert.
   - Kann der Reisende nicht bedient werden, so tritt eine Ausnahmesituation ein. Durch entsprechende Strategien, z.B. Befragung des Workflow-Initiators, muß eine Lösung gefunden werden. Mögliche Lösungen reichen von der Umleitung des Reisenden zu anderen Stationen bis hin zum Abbruch des gesamten Workflows.

     Bei der Umleitung ist für einen Menschen der Netzplan eine Hilfe, da es Menschen leicht fällt, Stationen mit bestimmten Dienstleistungen zu identifizieren.

     Ein Abbruch des gesamten Workflows bedeutet, daß alle Gruppenmitglieder aus dem System entfernt werden und ggf. anhand der Fahrkarten entsprechende Fehlererholungsmaßnahmen durchzuführen sind.
   - Die Station befragt den Reisenden, zu welcher nächsten Station er möchte und vergleicht den Wunsch mit dem Fahrplan. Kann der Wunsch erfüllt werden, so verläßt ein Zug mit dem oder den Reisenden die Station in Richtung der nächsten Station, anderenfalls tritt wieder eine Ausnahmesituation ein.

4.1.4 Stationen, Fahr- und Servicepläne

Im folgenden werden Anforderungen an die Zuordnung von Dienstleistungen zu Stationen und die Erstellung von Fahr- und Serviceplänen beschrieben. Als Voraussetzung wird angenommen, daß die zu erledigende Aufgabe sowie Detailwissen über einzelne Schritte bekannt sind.

Sei A ein Arbeitsablauf, zu der eine Linie L_A konstruiert werden soll. Sei D_A die Menge der zur Erledigung des Ablaufs A notwendigen Dienstleistungen. Bezeichne $D(S_i)$ die an einer Station S_i angebotenen Dienstleistungen. Eine Station S_i hat folgende Eigenschaften:

- $D(S_i) \neq \emptyset$

- Alle an der Station S_i angebotenen Dienstleistungen $D(S_i)$, lassen sich unter einem gemeinsamen Oberbegriff n_i zusammenfassen.
- S_i hat als Namen den Oberbegriff n_i.

Die Anforderung an die Dienstleistungen einer Station, daß sie unter einen gemeinsamen Oberbegriff zusammenfaßbar sein müssen, ist recht allgemein. Wie abstrakt die gewählten Oberbegriffe sind und damit welche Stationen es gibt, ist Geschmacksache des Festlegenden. Eine geringe Abstraktion führt zu vielen Stationen, wenn man mit der Anzahl der Stationen bei sehr allgemein gewählten Oberbegriffen vergleicht. Bei vielen Stationen kann leicht die Übersichtlichkeit des Netzplans leiden; bei wenigen Stationen ist die intuitive Erfassung des Workflows nur anhand des Netzplans erschwert.

Es muß gelten, daß jede für den Arbeitsablauf A notwendige Dienstleistung an mindestens einer Station angeboten wird. Formal: Sei $S = \{S_1, ..., S_m\}$ die Menge der Stationen. Eine notwendige Bedingung, damit ein Arbeitsablauf A mit der auszuführenden Dienstleistungsmenge D_A ausgeführt werden kann, ist:

$$\bigcup_{i=1,...,m} D(S_i) \supseteq D_A.$$

Sobald die Stationen bestimmt sind, können Fahr- und Servicepläne aufgestellt werden. Bezeichne hierzu $\sigma_{DA} \subseteq D_A \times D_A$ die Relation, die die Ausführungsreihenfolge der einzelnen Dienstleistungen der Menge D_A beschreibt. Dabei bedeute $(d_i, d_j) \in \sigma_{DA}$, daß die Dienstleistung d_j unmittelbar nach d_i in Anspruch genommen werden kann oder muß. Aus dieser Relation entsteht die Stationsfolge der Linie L_A, die den Stationsfahrplänen entnommen werden kann.

Es besteht eine gerichtete Verbindung $v_{ij(A)} \in S \times S$ zwischen zwei Stationen S_i und S_j von S_i nach S_j der Linie L_A genau dann, wenn

$$\exists D_A : \exists \sigma_{DA} \subseteq D_A \times D_A : \exists d_i \in D(S_i), d_j \in D(S_j) : (d_i, d_j) \in \sigma_{DA}$$

Für jede solche Verbindung $v_{ij(A)}$ existiert ein Eintrag im Fahrplan der Station S_i, der als nächste Station für die Linie L_A die Station S_j angibt. Die Verbindung kann mit einer Bedingung, der sog. *Transportbedingung* versehen werden, z.B. mit einer Abfahrtszeit. Existieren mehrere Verbindungseinträge für die Linie L_A, so bestimmen die Transportbedingungen, um welche Art von Verzweigung es sich handelt: Sich gegenseitig ausschließende Bedingungen bedeuten eine Alternativverzweigung, ansonsten handelt es sich um (potentielle) Parallelverzweigung. Eine Reisegruppe, die eine Linie befährt, verläßt bei einer Alternativverzweigung die Station gemeinsam, bei einer Parallelverzweigung teilt sie sich auf.

Für jede an einer Station S_i angebotene Dienstleistung d existiert eine Eintragung im Serviceplan der Station. Die Eintragung beschreibt die Voraussetzungen, die zur Benutzung der Dienstleistung erfüllt sein müssen, sowie die weiteren Details, beispielsweise den konkreten Aufruf einer Applikation.

Mit Hilfe der Fahr- und Servicepläne werden komplette Workflows beschrieben. Die Fahrpläne spiegeln den Verhaltensaspekt wider, die Servicepläne alle übrigen Aspekte, vgl. Kapitel 2.1.2.

Die Umsetzung mehrerer Arbeitsabläufe kann folgende Konsequenzen für die Stationen haben:

- Die Menge der angebotenen Dienstleistungen wird erweitert, die Station erhält womöglich einen abstrakteren Oberbegriff als Namen.
- Eine an einer Station angebotene Dienstleistung wird von mehreren Aufgaben in Anspruch genommen. Für die Station bedeutet dies, daß sie von mehreren Linien angefahren wird.

4.1.5 Reisegruppen

Die MTX-Sprache verwendet Reisegruppen statt eines einzelnen Reisenden. Die Ursache hierfür liegt in der Tatsache, daß manche Aufgaben parallel ausgeführt werden können und sollen und Reisende nicht „teilbar“ sind.

Befinden sich Teilnehmer einer Reisegruppe zeitgleich an unterschiedlichen Stationen, so werden die einzelnen Services parallel verwendet. Dies bedeutet, wie in Kapitel 2.1.2 erläutert, nicht unbedingt, daß die Aufgaben auch zeitgleich ausgeführt werden; es kann auch sein, daß die Dienstleistungen in beliebiger Reihenfolge ausgeführt werden können.

Die maximale Anzahl von Teilnehmern, die eine Reisegruppe benötigt, um eine bestimmte Reise zu erledigen, besitzt folgende obere Schranke:

Sei S die Menge aller Stationen und $V \subseteq S \times S$ die Menge der Verbindungen zwischen den Stationen. Bezeichne weiterhin $S_{Start} \subseteq S$ die Menge der Startstationen der Reisegruppe und $S_{Ende} \subseteq S$ die Menge der Endstationen. Eine obere Schranke G für die Anzahl der benötigten Gruppenmitglieder ist die Anzahl aller MTX-Pfade zwischen allen Start- und allen Endstationen.

Definition: Ein MTX-Pfad ist ein Pfad der Graphentheorie[2] mit einer Einschränkung: In einem MTX-Pfad ist ein Zyklus im Graphen höchstens einmal durchlaufen enthalten, es sei denn, innerhalb des Zyklus' ist eine Parallelverzweigung vorhanden und mindestens ein Ast dieser Verzweigung führt wieder in den Zyklus. Dann kann der Zyklus auch öfter durchlaufen enthalten sein.

Bezeichne $G(m)$ für einen MTX-Pfad m die Anzahl der Äste aller Parallelverzweigungen auf m. Für die obere Schranke G der maximal benötigten Gruppenmitglieder gilt dann:

$$G = max\{G(m) \mid m \text{ ist ein MTX-Pfad von einer Startstation } S \in S_{Start} \text{ zu einer Endstation } E \in S_{Ende}\ \}$$

Bemerkungen:

- G ist eine obere Schranke. Bei tatsächlichen Reisen kann deshalb die benötigte Anzahl Reisegruppenmitglieder geringer sein.
- Innerhalb von Zyklen wird bei der Definition der MTX-Pfade eine Unterscheidung zwischen Alternativ- und Parallelverzweigungen vorgenommen, weil die erforderliche Anzahl der Gruppenmitglieder bei einem Zyklus mit Parallelverzweigung, bei der mindestens ein Ast wieder in den Zyklus

[2] So definiert etwa [Man89, S. 186]: Ein Pfad von v_1 nach v_k ist eine Folge von Knoten $v_1 \ldots v_k$, die durch Kanten $(v_1, v_2), (v_2, v_3), \ldots (v_{k-1}, v_k)$ verbunden sind.

führt, potentiell unendlich ist. Enthält ein Zyklus aber keine solche Parallelverzweigung, so kann er von einem einzelnen Gruppenmitglied bereist werden.

Abbildung 4.2 gibt die Konzepte und Zusammenhänge der MTX-Sprache in der objektorientierten UML-Notation nach [Fow97] wieder. Zusammengefaßt sehen die Konzepte wie folgt aus: Eine Reisegruppe besteht aus ein oder mehreren Reisegruppenmitgliedern, jedes Mitglied hat seine eigene Fahrkarte. Eine Fahrkarte besteht aus zwei Verzeichnissen, die jeweils Verbindungen und Dienstleistungen enthalten. Das eine Verzeichnis, der Plan, enthält gewünschte Verbindungen und Dienstleistungen, das andere Verzeichnis, das Log, enthält die in Anspruch genommenen Dienstleistungen und befahrenden Verbindungen. Eine Station hat einen Fahrplan und einen Serviceplan. Der Fahrplan besteht aus Verbindungen, der Serviceplan beschreibt die angebotenen Dienstleistungen. Stationen und Verbindungen sind auf einem Netzplan verzeichnet.

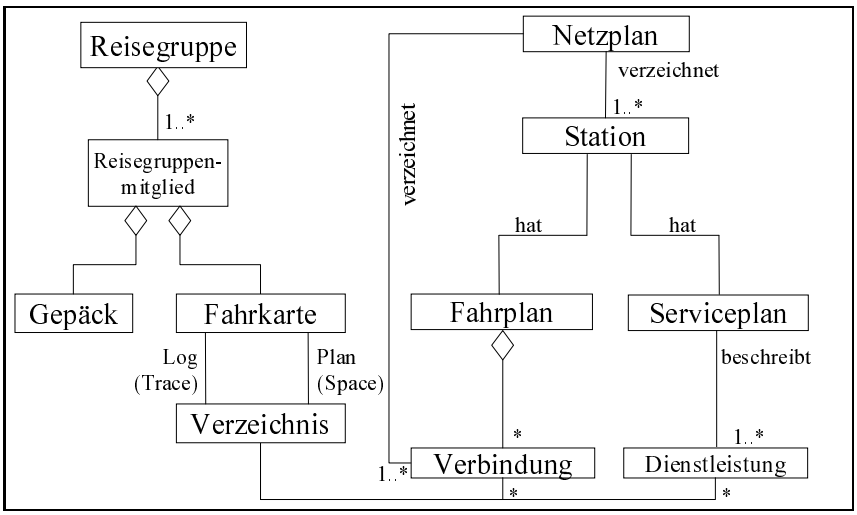


Abbildung 4.2: Konzepte und Zusammenhänge der MTX-Sprache

4.1.6 MTX-Netzpläne

Die MTX-Sprache verfügt über eine kanonische graphische Darstellung für Workflows: (MTX-)*Netzpläne*, die eng an die graphischen Konventionen für Netzpläne im ÖPNV, vgl. Kapitel 3.3, angelehnt sind. Es sind jedoch Erweiterungen der Konventionen notwendig, da die MTX-Netzpläne auf Reisegruppen und nicht, wie die Netzpläne im ÖPNV, auf Einzelfahrende zugeschnitten sind.

Es müssen die Fahrtrichtungen verdeutlicht werden können, weil es vorkommen kann, daß ein Linienabschnitt nicht in beide Richtungen, sondern nur in eine Richtung befahren wird. Eine derartige Richtungsangabe auf einem ÖPNV-Netzplan findet sich auch beim *Journey Planner*, weil die *Piccadilly Line* beim Flughafen *Heathrow* einen Kreis - selbstverständlich links herum - fährt. Bei MTX-Netzplänen sind solche Richtungsangaben naturgemäß wesentlich häufi-

ger, Abbildung 4.3 zeigt drei verschiedene Richtungsindikatoren. Innerhalb dieser Arbeit wird ein ausgefülltes Dreieck als Richtungsindikator verwendet, es fehlen jedoch ausführliche Tests, ob andere Symbole nicht geeigneter sind.

Abbildung 4.3: Richtungsindikatoren

Die Stationsdarstellung muß gegenüber der ÖPNV-Netzplandarstellung mit mehr Semantik hinterlegt werden. So soll nach Möglichkeit die Art einer Verzweigung oder einer Vereinigung an der Art der Stationsdarstellung sichtbar werden. Als Faustregel dient hierbei, daß eine Alternativverzweigung durch getrennte Kreise, eine Parallelverzweigung durch nur einen Kreis impliziert wird. Abbildung 4.4 zeigt eine Alternativverzweigung, Abbildung 4.5 eine Parallelverzweigung.

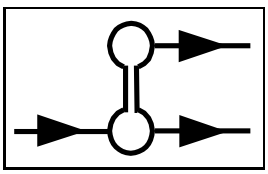


Abbildung 4.4: Darstellung der Alternativverzweigung

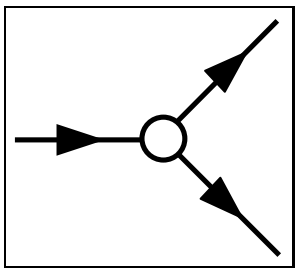


Abbildung 4.5: Darstellung der Parallelverzweigung

Die Darstellung von Umsteigemöglichkeiten geschieht durch die bei ÖPNV-Netzplänen übliche Darstellungsart, ebenso werden Ticks für Nicht-Umsteigestationen verwendet.

Reisegruppenmitglieder können sich nicht nur trennen, sondern auch wieder zueinander finden und dann wieder gemeinsam weiterfahren. Wenn zwei Verbindungen derselben Linie am gleichen Kreis einer Station ankommen, so bedeutet dies, daß sich Reisegruppenmitglieder an dieser Station wieder treffen und ggf. aufeinander warten müssen. Dies entspricht einem Synchronisationspunkt für nebenläufige Subworkflows in einem Workflow. Abbildung 4.6 kann die graphische Notation entnommen werden.

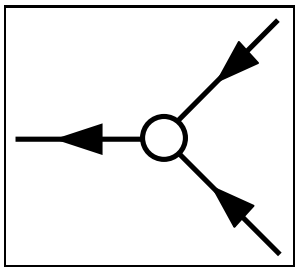


Abbildung 4.6: Vereinigung von Gruppenmitgliedern (Synchronisationspunkte)

Es besteht aber auch die Möglichkeit, daß sich zwar Gruppenmitglieder an einer Station treffen können, nicht aber aufeinander warten müssen. Dies wird dadurch kenntlich gemacht, daß sich zwei Verbindungen derselben Linie zwar an einer Station, nicht aber an einem Kreis, treffen. Mit der in Abbildung 4.7 gezeigten Notation wird auch der Fall abgedeckt, wo sich zwei Alternativrouten einer Linie wiedervereinigen.

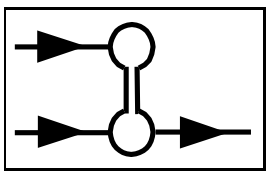


Abbildung 4.7: Unsynchonisiertes Zusammenfließen von Parallel- bzw. Alternativrouten

Eine Besonderheit der MTX-Netzpläne ist, daß in einem Netzplan mehrere Workflows dargestellt werden können. Dazu wird jedem Workflow — wie den Linien bei ÖPNV-Netzplänen — eine eigene Farbe zugeordnet. Die Anordnung der Stationen sollte dann so erfolgen, daß die Darstellung insgesamt möglichst übersichtlich bleibt.

4.1.7 Mathematische Beschreibung

Die mathematische Beschreibung der MTX-Sprache baut auf den in [Bau90] beschriebenen IM-Netzen auf. IM-Netze gehören zu der Klasse der höheren Petri-Netze, zu denen auch die in [Obe96] definierten NR-Netze gehören und auf deren vereinfachte Form das in Kapitel 2.2.3 vorgestellte INCOME aufsetzt. Entsprechend gibt es einige Gemeinsamkeiten zwischen NR- und IM-Netzen und dem Ablaufmodell von INCOME.

An dieser Stelle wird auf eine Einführung in Petri-Netze verzichtet. Gute Einführungen in das Thema finden sich beispielsweise in [Rei86] oder [Bau90]. IM-Netze erweitern gewöhnliche S/T-Netze um folgende Eigenschaften:

- Die Marken auf den Stellen sind typisiert und haben Werte. Stellen sind Multimengen, d.h. es kann mehrere Marken mit gleichen Werten geben.

- Transitionen sind Prädikate zugeordnet, die zusätzliche qualitative Anforderungen an die Inputmarken stellen können und qualitative Definitionen/Einschränkungen der Outputmarken beschreiben.

- Kanten sind mit Variablennamen versehen, die die über sie „fließenden" Marken eindeutig identifizieren. Diese Variablennamen werden in den Prädikaten der Transitionen verwendet und beziehen sich so auf einzelne Marken.

- Schaltet eine Transition, so werden entsprechende Variablenbelegungen vorgenommen.

Die Kernelemente des MTX-Ansatzes lassen sich wie folgt auf IM-Netze abbilden:

- Reisegruppen werden durch individuelle Marken (daher der Name IM-Netze) modelliert. Die Art des Gepäcks entspricht dabei den Datentypen der jeweiligen Stellen.

- Jede Station hat als IM-Netz den gleichen prinzipiellen Aufbau: An einer *Eingangsstelle* kommen die Reisegruppen in Form von Marken an. Je nach Marke und den Prädikaten (Servicebedingungen) der *Servicetransitionen* (Dienstleistungen) können nun eine oder mehrere Servicetransitionen schalten. Die Marken werden von den Servicetranstionen an eine Stelle gelegt, auf der alle bedienten Marken (Reisenden) sind. Von dieser Stelle aus werden die Marken von den *Fahrplantransitionen* weiterverarbeitet, ein Feld der Marken, das das nächste Fahrziel enthält wird auf einen entsprechenden Wert gesetzt. Die Marken werden auf eine *Ausgangsstelle* gelegt.

- Der Transport von Marken zwischen den Stationen wird durch *Transporttransitionen* bewerkstelligt. Eine Transporttransition zwischen zwei Stationen schaltet, wenn in der Ausgangsstelle der einen Station eine Marke liegt, die als nächste Station die zweite Station als Ziel hat und ggf. zusätzliche Bedingungen erfüllt sind. Die „transportierte" Marke wird auf die Eingangsstelle der Zielstation gelegt.

Beispiel: An einer Station A werden die Dienstleistungen s_1, s_2 und s_3 angeboten. s_1 kann nur in Anspruch genommen werden, wenn bei dem Reisenden das Datenfeld d einen Wert größer 5 hat. s_2 und s_3 haben ähnliche Voraussetzungen. Als Nachfolgestationen kommen die Stationen B und C in Frage. Dies hängt wieder vom Wert des Datenfeldes d ab. Bei $d \geq 4$ soll Station B als nächste angefahren werden, bei $d < 4$ Station C.

Die Station A ist in Abbildung 4.8 als IM-Netz dargestellt. Die Beschriftung x der Kanten von der Eingangsstelle zu den Servicetransitionen bedeutet, daß die von der jeweiligen Servicetransition entnommene Marke für die Transition unter dem Namen x ansprechbar ist. Die (neu produzierte) Ausgangsmarke wird für die Transition mit y bezeichnet. Die nachfolgenden Transporttransitionen belegen das Markenfeld mit dem Namen *nächste* mit der Bezeichnung

für die nächste Station. Eine entnommene Marke wird wieder unter x, die produzierte Marke wieder unter der Bezeichnung y von den Transporttransitionen angesprochen.

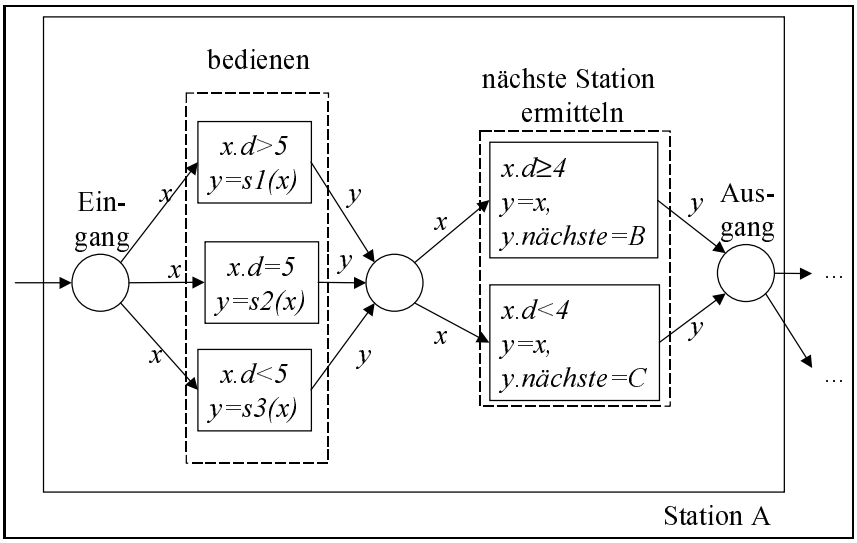


Abbildung 4.8: Eine Station als IM-Netz.

In Abbildung 4.9 sind Transporttransitionen im Zusammenspiel mit den Stationen angedeutet. So wird eine Marke von der Ausgangsstelle der Station A zur Eingangsstelle der Station B „transportiert“, wenn das Feld *nächste* den Wert B hat. Für den Transport nach Station C gilt ähnliches.

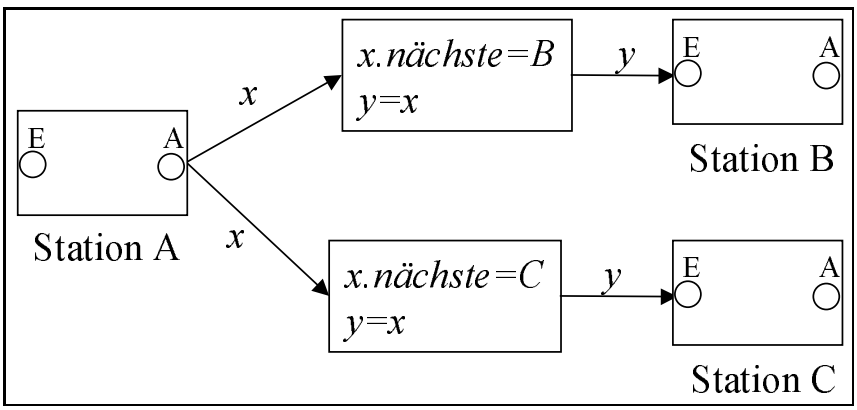


Abbildung 4.9: Transport zwischen den Stationen als IM-Netz.

Die MTX-Sprache kann also unter Zuhilfenahme der IM-Netze mathematisch beschrieben werden.

4.2 Der FKP in MTX

Entsprechend den in Kapitel 4.1.4 festgelegten Grundsätzen wird im folgenden der in Kapitel 2.2.1 beschriebene Flugzeugkonstruktionsprozeß (FKP) mit Hilfe der MTX-Sprache modelliert.

Zunächst wird die Menge D_{Fkp} der zu erledigenden Arbeitsschritte bestimmt:

D_{Fkp}={Suche nach Standardteilen, Durchsicht der Spezifikation, Erstellung eines Zeitplans, Rücksprache über Spezifikation, Rücksprache über Zeitplan, Erstellung eines ersten Entwurfs, ... }

Anschließend können die einzelnen Stationen identifiziert werden:

Stationsname	*angebotene Dienstleistungen*
Suche nach Standardteilen	Suche nach Standardteilen
Durchsicht Spezifikation	Durchsicht der Spezifikation
Erstellung Zeitplan	Erstellung eines Zeitplans
Rückmeldung	Rücksprache über Spezifikation, Zeitplan oder ersten Entwurf
erster Entwurf	Erstellung des ersten Entwurfs
Design	Erstellung des Designs
Produktionsplanung	Planung der Produktion
neues Design	Neukonstruktion eines Teils
Vermeldung	Vermeldung der Teilnummer

Es ergibt sich folgende Relation σ_{Fkp} auf den Dienstleistungen:

σ_{Fkp} ={(Suche nach Standardteilen, Durchsicht der Spezifikation), (Suche nach Standardteilen, neues Design), (Suche nach Standardteilen, vermelde Teilnummer), (Durchsicht der Spezifikation, Rücksprache über Spezifikation), (Durchsicht der Spezifikation, Erstellung eines Zeitplans), ... }

Entsprechend zu σ_{Fkp} ergeben sich die Fahr- und Servicepläne der einzelnen Stationen. An dieser Stelle wird exemplarisch der Serviceplan der Station *Rückmeldung* und der Fahrplan der Station *erster Entwurf* angegeben. Alle Fahr- und Servicepläne sind im Anhang aufgeführt.

Die Station *Rücksprache* hat folgenden Serviceplan:

Bedingung	*Service*
keine Zustimmung für geänderte Spezifikation	Rücksprache über Spezifikation
keine Zustimmung für Zeitplan	Rücksprache über Zeitplan
Probleme beim ersten Entwurf	Rücksprache über Probleme

Dieser Serviceplan besagt, was für Dienstleistungen ein ankommender Reisender in Anspruch nehmen kann.

- Falls noch keine Zustimmung zur geänderten Spezifikation gegeben wurde, so wird über die geänderte Spezifikation Rücksprache gehalten.
- Falls noch keine Zustimmung zum Zeitplan gegeben wurde, so wird über den Zeitplan Rücksprache gehalten.
- Hat es während des ersten Entwurfs Probleme gegeben, so wird über diese Probleme Rücksprache gehalten.

Ob eine Bedingung zutrifft, wird anhand des Logs auf der Fahrkarte und mit Hilfe des Gepäcks entschieden. Wie in Kapitel 4.1.4 festgelegt, enthält der Serviceplan alle Aspekte, ausgenommen den Verhaltensaspekt. Hier wurde lediglich der funktionale Aspekt und seine Bedingung berücksichtigt, bei einer Implementierung kann z.B. noch der Organisationsaspekt (wer erledigt die Aufgabe) hinzukommen.

Der Verhaltensaspekt findet sich in den Fahrplänen wieder. Beispielsweise lautet der Fahrplan der Station *erster Entwurf*:

Bedingung	*nächste Station*
erster Entwurf erfolgreich	Design, Produktionsplanung
Probleme beim ersten Entwurf	Rücksprache

Der Fahrplan besagt, daß

- falls der erste Entwurf erfolgreich war, als nächstes die Stationen *Design* und *Produktionsplanung* folgen. Die Reisegruppe reist getrennt weiter, es handelt sich um eine Parallelverzweigung.
- falls es Probleme gab, so reist die Gruppe zur Station *Rücksprache*.

An dieser Station gibt es sowohl eine Parallel-, als auch eine Alternativverzweigung. Dies ist auch aus der Workflowbeschreibung in Kapitel 2.2.1 ersichtlich und kann mit den angegebenen graphischen Methoden im Netzplan kenntlich gemacht werden. Der Netzplan, der aus den Fahrplänen gewonnen wird, ist in Abbildung 4.10 abgebildet. Allein anhand des Netzplans und der Stationsnamen läßt sich Ablauf eines konkreten Workflows bereits erahnen.

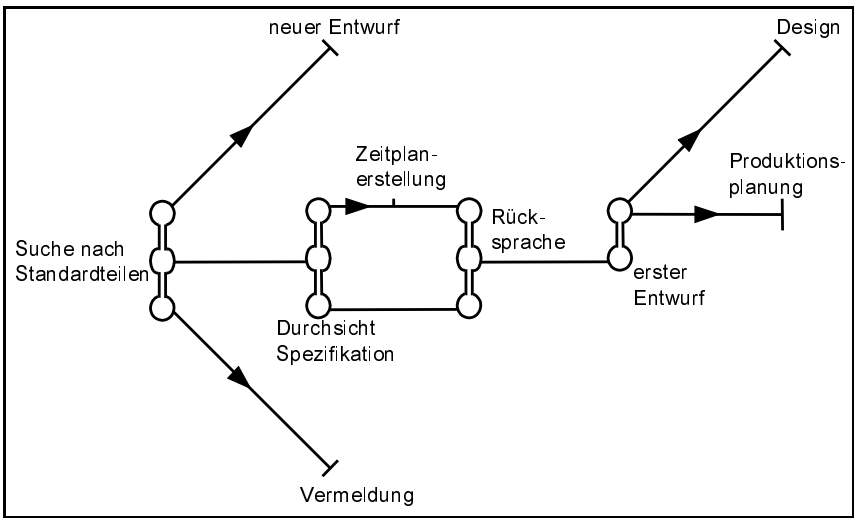


Abbildung 4.10: Netzplan für den Fkp

Die maximal benötigte Anzahl G an Reisenden beträgt 2, vgl. die Definition von G auf Seite 60. Es ist zwar ein Zyklus mit Parallelverzweigung vorhanden[3], es führt jedoch kein Ast der Verzweigung wieder in den Zyklus.

[3]Zwischen den Stationen *Rücksprache* und *erster Entwurf*.

Soll nun die Linie *Fkp* befahren werden, so starten die beiden Gruppenmitglieder an der Station *Suche nach Standardteilen* und befahren entsprechend den Fahrplänen an den Stationen die Linie Fkp, für die ihre Fahrkarten gelten.

- Ein Reisender erhält eine Fahrkarte, mit der er an jeder Station bedient wird, bis auf die Station *Produktionsplanung*, zu der er nicht fahren darf. Seine Endstationen sind *neuer Entwurf*, *Vermeldung* und *Design*.

- Der zweite Reisende erhält eine Fahrkarte, mit der er an keiner anderen als der Station *Produktionsplanung* bedient wird. Zur Station *Design* darf er nicht fahren, seine Endstationen sind *neuer Entwurf*, *Vermeldung* und *Produktionsplanung*.

4.3 MTX-Implementierungen

Im folgenden wird gezeigt, wie man die Konzepte anderer Workflow-Sprachen und die Konzepte der MTX-Sprache aufeinander projizieren kann. Damit ist es einerseits möglich, die MTX-Sprache mit Hilfe vorhandener WFMS zu „implementieren“. Andererseits können so Abläufe in vorhandenen WFMS als Vorgänge in MTX interpretiert werden, d.h. die Vorgänge werden metaphorisch betrachtet und die vorteilhafte graphische Notation der Netzpläne kann genutzt werden.

Tabelle 4.2 faßt die vorgeschlagenen Projektionen zusammen. Für eine tatsächliche Implementierung sind die hier vorgeschlagenen Projektionen sicherlich nicht ausreichend. Sie sind als Leitfaden zu verstehen.

4.3.1 MTX(INCAs)

Das in Kapitel 2.2.2 behandelte agentenorientierte System INCAs hat einige Ähnlichkeiten zur MTX-Sprache.

Die Stationen bei INCAs entsprechen den Stationen bei MTX. Wie bei MTX Reisende an Stationen abgefertigt werden, so werden bei INCAs eben die INCAs abgefertigt. Die Vorgehensweise bei der Abfertigung ist bei beiden Sprachen ähnlich. Ein INCA bzw. Reisender kommt an einer Station an, es wird unter Berücksichtigung von Regeln bzw. Bedingungen der Station und des Ankommenden eine Dienstleistung ausgeführt und anschließend wiederum unter Berücksichtigung von Regeln bzw. Bedingungen eine Nachfolgestation bestimmt. Eine INCAs-Station bietet, genau wie MTX-Stationen, ein oder mehrere Dienstleistungen an, die gewissen Bedingungen unterliegen. Die Bedingungen werden bei INCAs mit Hilfe der ECA-Regeln an der Station ausgedrückt.

Ein unmittelbares Äquivalent zu Serviceplänen wird in [Bar96] zwar nicht erwähnt, die angebotenen Dienstleistungen mit zugehörigen Regeln sind an den Stationen aber natürlich bekannt, so daß die Zusammenstellung von Serviceplänen prinzipiell möglich ist.

Ein Stationsfahrplan im Sinne von MTX sind bei INCAS diejenigen ECA-Regeln an einer Station, die bestimmen, wohin ein INCA als nächstes gesendet werden kann.

MTX	*INCAs*	*INCOME*	*MOBILE*
Station	Station	(verfeinerte) Aktivität	Subworkflow-Variable
Dienstleistung	Service	Aktivität	Subworkflow-Operationen
Serviceplan	Service und Regeln	Aktivität mit Geschäftsregel	alle WF-Operationen einer Subworkflow-Variablen
Fahrplan der Station	ECA-Regel der Station	Ausgangsobjekt-speicher einer Aktivität mit Geschäftsregeln	Verhaltens-aspekt bezogen auf eine Subworkflow-Variable
Reisegruppe	INCA	(Objekt)	WF-Instanz
Fahrkarte (ohne Log)	ECA-Regeln der INCAs	—	Verhaltensaspekt insgesamt
Gepäck	private INCA Daten	Objekt	WF-lokale Daten
Linie	—	Ablaufnetz	WF-Schema
Netzplan	—	—	—

Tabelle 4.2: Verhältnis der Konzepte von INCAS, INCOME, MOBILE und MTX.

Regeln können bestimmen, daß ein INCA geteilt wird bzw. daß zwei oder mehr INCAs miteinander verschmelzen (geschachtelte und parallele Berechnungen), ein Konzept, das es bei MTX auf Gruppenebene gibt. Bei MTX reisen Gruppen, die geteilt bzw. zusammengeführt werden können. Ein INCA entspricht damit einer Reisegruppe in MTX, einzelne (unteilbare) Reisende existieren bei INCAs nicht. Für eine Implementierung ist es jedoch unerheblich, ob eine Reisegruppe von Anfang an mit allen Mitgliedern reist oder ob die Gruppe im Laufe der Reise wächst bzw. schrumpft.

Das Konzept der Fahrkarte bei MTX findet seine Entsprechung bei den INCAs in Form der Regeln und der Logs. Genau wie eine Fahrkarte bestimmte Stationen wünschen oder ausschließen kann, so können die Regeln der einzelnen INCAs die Folge der Stationen beeinflussen. Das Log auf der Fahrkarte hat sein Äquivalent im Log jedes einzelnen INCAs.

INCAs besitzen lokale Daten, die mit dem Gepäck der Reisenden vergleichbar sind. Wie die Services der INCA-Stationen auf den lokalen Daten der INCAs arbeiten, so arbeiten die Dienstleistungen der MTX-Stationen auf dem Gepäck der Reisenden.

Ein Netzplan oder etwas Vergleichbares ist nicht integraler Bestandteil der INCA-Sprache. Nichtsdestotrotz kann wie für MTX ein derartiger Netzplan auf Basis der bestehenden Verbindungen erstellt werden.

Für Linien findet sich in INCAs keine Entsprechung.

Eine Implementierung der MTX-Sprache, die auf INCAs aufsetzt, würde automatisch die transaktionalen Eigenschaften von INCAs erben. Die Regeln zur Rücksetzung einzelner Services würden sich als Aspekt in den Serviceplänen wiederfinden, die Reise einer Gruppe ist dann transaktional im Sinne von INCAs.

4.3.2 MTX(INCOME)

Wie MTX, so ist auch das in Kapitel 2.2.3 beschriebene INCOME vorgangsorientiert. Hierdurch bieten sich einige Konzeptprojektionen an.

Eine Dienstleistung in MTX entspricht einer Aktivität in INCOME. Eine Aktivität führt eine Dienstleistung (z.B. einen SAP Aufruf) aus. Bei Aktivitäten beschreiben die Geschäftsregeln die Voraussetzungen, die gegeben sein müssen, damit die Aktivität ausgeführt werden darf. Eine Aktivität mit zugehöriger Geschäftsregel ist im Sinne von MTX ein Eintrag im Serviceplan.

Eine verfeinerte Aktivität kann als Station aufgefaßt werden, da sie viele Aktivitäten (Dienstleistungen in MTX) zusammenfaßt. Nicht-verfeinerte Aktivitäten sind Stationen, die nur eine Dienstleistung anbieten.

In MTX beschreiben die Fahrpläne, welche Station bei den gegebenen Bedingungen als nächste anzufahren ist. Der Fahrplan einer Station A entspricht bei INCOME den (Ausgangs-)Objektspeichern von A mit den Geschäftsregeln derjenigen Aktivitäten, die eine Eingangs-, Aktualisierungs- oder Leseverbindung mit den Objektspeichern haben. Ausgangsobjektspeicher sind solche Objektspeicher, zu denen eine Aktivität eine Ausgangsverbindung hat. Denn welche Aktivität als nächste nach einer Aktivität ausgeführt wird, bestimmt sich da-

nach, wo neue oder veränderte Objekte entstanden sind und wie die Geschäftsregeln der auf diese Objekte wartenden Aktivitäten aussehen.

In INCOME gibt es kein echtes Äquivalent zu den Reisegruppen in MTX. Objekte sind keine echten Reisegruppen, da sie keine Identität besitzen. Ein Objekt ist bei INCOME ein Datensatz, dessen Struktur sich aus dem Informationsmodell ableitet, das dem Objektspeicher, in dem sich das Objekt befindet, zugeordnet ist. Wenn Aktivitäten Objekte konsumieren, so existieren diese Objekte nicht mehr, in den Ausgangsobjektspeichern werden neue Objekte (Datensätze) erzeugt. Wenn Aktivitäten Objekte lesen oder verändern, so werden die Objekte zu keiner Zeit aus dem Objektspeicher entfernt.

Objekte entsprechen daher eher dem Gepäck in MTX, da sie die Kontrolldaten für den Workflow darstellen. Bei INCOME reist das Gepäck damit quasi alleine, die Reisegruppe ist rein virtuell. Rein virtuell muß auch die Fahrkarte bleiben, da die Objekte passiv sind und somit keine aktiven Einflußmöglichkeiten auf die nächste Aktivität haben. Dies sollte für eine Implementierung von MTX auf Basis von INCOME zwar kein unüberwindbares Problem darstellen, es bedeutet aber eine Einschränkung. Umgekehrt muß bei einer metaphorischen Interpretation von INCOME nach der hier vorgeschlagenen Projektion auf die Begriffe der Reisegruppe und der Fahrkarte verzichtet werden.

Eine Linie bei MTX entspricht einem Ablaufnetz. Eine Linie ist laut Definition in Kapitel 4.1.1 die Beschreibungsform für Administrativ- und Produktionsworkflows, genau wie ein Ablaufnetz, das auch im vorhinein festgelegt wird und solche Workflows beschreibt.

INCOME sieht nur die Darstellung einzelner Ablaufnetze vor, eine wie auch immer geartete gleichzeitige Darstellung mehrerer Ablaufnetze in einem Diagramm gibt es nicht. Dies kann aber durch die metaphorische Interpretation erreicht werden: Da ein Ablaufnetz in INCOME genau einer Linie in MTX entspricht, ist der Netzplan in MTX eine solche Darstellung.

4.3.3 MTX(MOBILE)

Einen auf den ersten Blick im Vergleich zu MTX recht andersartigen Ansatz hat das in Kapitel 2.2.4 beschriebene System MOBILE.

Eine (Nicht-Transport-)Dienstleistung in MTX entspricht einer Subworkflow-Operation in MOBILE. Subworkflow-Operationen kapseln einen Funktionsaufruf an eine externe Anwendung, vgl. Kapitel 2.2.4.

Eine Subworkflow-Variable in MOBILE ist einer Station in MTX vergleichbar. Eine Subworkflow-Variable wird vom übergeordneten Workflow aufgerufen, ebenso wie eine Station von einer Reisegruppe angefahren wird. Eine Station bietet eine oder mehrere Dienstleistungen an, in einer Subworkflow-Variablen werden eine oder mehrere Subworkflow-Operationen ausgeführt. Die Gesamtheit aller Workflow-Operationen einer Subworkflow-Variablen zuzüglich des Organisationsaspekts der Operationen entspricht dem Serviceplan einer Station.

Der Fahrplan einer Station enthält im Sinne von MOBILE den Verhaltensaspekt des Workflow-Schemas bezogen auf die Nachfolger der jeweiligen Subworkflow-Variablen. Das Workflow-Schema selbst entspricht einer Linie in MTX, da ein Workflow-Schema einen Administrativ- oder Produktionsworkflow

beschreibt.

Die Workflow-Instanz eines Workflow-Schemas ist eine Reisegruppe in MTX. Ein Unterschied besteht darin, daß eine Workflow-Instanz sich nicht teilen kann, sondern aus sich heraus parallele Abläufe erzeugen kann. Eine solche Erzeugung von Parallelität wird in MTX durch das getrennte Reisen mehrerer Gruppenmitglieder modelliert.

Die Fahrkarte(n) der Gruppe entsprechen dem Verhaltensaspekt, wie er für eine Workflow-Instanz gültig ist. In [Jab96] bleibt unklar, inwieweit spontane Änderungen in der Ausführungsreihenfolge (z.B. in Folge von Ausnahmen) Niederschlag im Verhaltensaspekt finden können.

Das Konzept des Gepäcks einer Reisegruppe wird in MOBILE durch die workflowlokalen Daten realisiert. Über diese Daten tauschen die einzelnen Subworkflows untereinander und mit dem übergeordneten Workflow Daten aus, die die weitere Ausführung beeinflussen. Die eigentlichen Produktivdaten, die bei MTX konzeptuell ebenfalls zum Gepäck gehören, werden bei MOBILE extern verwaltet.

Da MOBILE, genauer MSL, eine rein textuelle Beschreibungsform für Workflows ist, kann es kein Äquivalent zu den Netzplänen in MTX geben.

Kapitel 5

Bewertung und Ausblick

Im folgenden wird MTX anhand der in Kapitel 2.2.5 definierten Kriterien bewertet, siehe Tabelle 5.1.

Die Erfassbarkeit eines Workflows ist bei einsichtig gewählten Stationsnamen (vgl. Kapitel 4.1.4) gewährleistet. Die Darstellung mit Netzplänen bleibt auch bei komplexeren Workflows übersichtlich (vgl. Kapitel 4.2).

Ein Darstellungsbruch ist bei der exakten Workflow-Definition nicht notwendig, da bereits die textuellen Fahr- und Servicepläne die möglichen Workflows eindeutig und genau beschreiben (vgl. Kapitel 4.1.4). Die graphischen Netzpläne werden, wie in Kapitel 4.1.6 beschrieben, aus den Fahrplänen gewonnen.

Die mathematische Fundierung und damit die Überprüfung von Eigenschaften der Workflow-Definitionen setzt auf höheren Petri-Netzen auf (vgl. Kapitel 4.1.7).

Die MTX-Sprache macht a priori keine Annahmen über die angebotenen Dienstleistungen. Die prinzipielle Integrierbarkeit von Alt-Anwendungen ist also gegeben; abhängig von der gewählten Implementierungsplattform (vgl. Kapitel 4.3).

	Erfassbark.	*Übersicht.*	*Darst.-bruch*	*math. Fundier.*	*Integr.*
INCAs	schlecht	schlecht	nein	gering	ja
INCOME	mittel-gut	mittel	ja	gut	bedingt
MOBILE	schlecht	schlecht	nein	k.A.	ja
MTX	gut	gut	nein	gut	ja

Tabelle 5.1: Bewertung der beschriebenen Workflow-Sprachen.

Die Verwendung der Darstellungsart der Netzpläne bietet weitere Vorteile:

- Anhand des Netzplanes können neue Dienstleistungen (Reisemöglichkeiten) angeboten werden, die die bisherige Infrastruktur lediglich in neuer Weise nutzen.
- Bei Einführung neuer Stationen („Neubau“) können die Folgen für andere Workflows besser eingeschätzt werden.
- Mögliche Engpässe werden besser sichtbar.

- Im Falle unvorhergesehener Ereignisse (Exceptions), z.B. Ausfall einer Station oder Besonderheit vorliegender Arbeit, kann leichter eine „Umleitung“ (Exceptionhandling) gefunden werden.

Ausblick

Im Laufe dieser Arbeit haben sich folgende Punkte ergeben, die weiterer Klärung bedürfen:

- Implementierung der MTX-Sprache mit Hilfe von selbstentwickelten und kommerziellen WFMS, um geeignete Implementierungsplattformen zu finden.
- Einsetzbarkeit von Werkzeugen zur formalen Überprüfung von Workflow-Eigenschaften.
- Entwicklung eines Algorithmus zur automatischen Generierung eines prototypischen Netzplans auf Basis von Stationen und Fahrplänen.

Letztlich hat aber das rege Interesse vieler Menschen an dieser Arbeit gezeigt, daß die Kernidee des MTX-Ansatzes verlockend ist. So wurde die Notation der Netzpläne noch während der Entstehungsphase dieser Arbeit dazu verwendet, die Vorgänge bei Bluttests zu modellieren und mögliche Studienverläufe für verschiedene Fachrichtungen an einem Arbeitsbereich der TU Hamburg-Harburg zu visualisieren und konkretisieren.

Die MTX-Idee stellt einen erheblichen Fortschritt für die Entwicklung und Visualisierung von Workflows dar.

Anhang A

Netzpläne

Die folgenden Netzpläne orientieren sich nach der Überzeugung des Autors mehr oder weniger eng an den Darstellungsprinzipien des Londoner Journey Planners nach H.C. Beck.

Quellen: *www.bvg.de* (Berlin), *www.hvv.de* (Hamburg), *www.ratp.fr* (Paris), *www.vrr.de* (Rhein/Ruhr), *www.cityrail.nsw.gov.au* (Sydney), *www.washingtonpost.com* (Washington D.C).

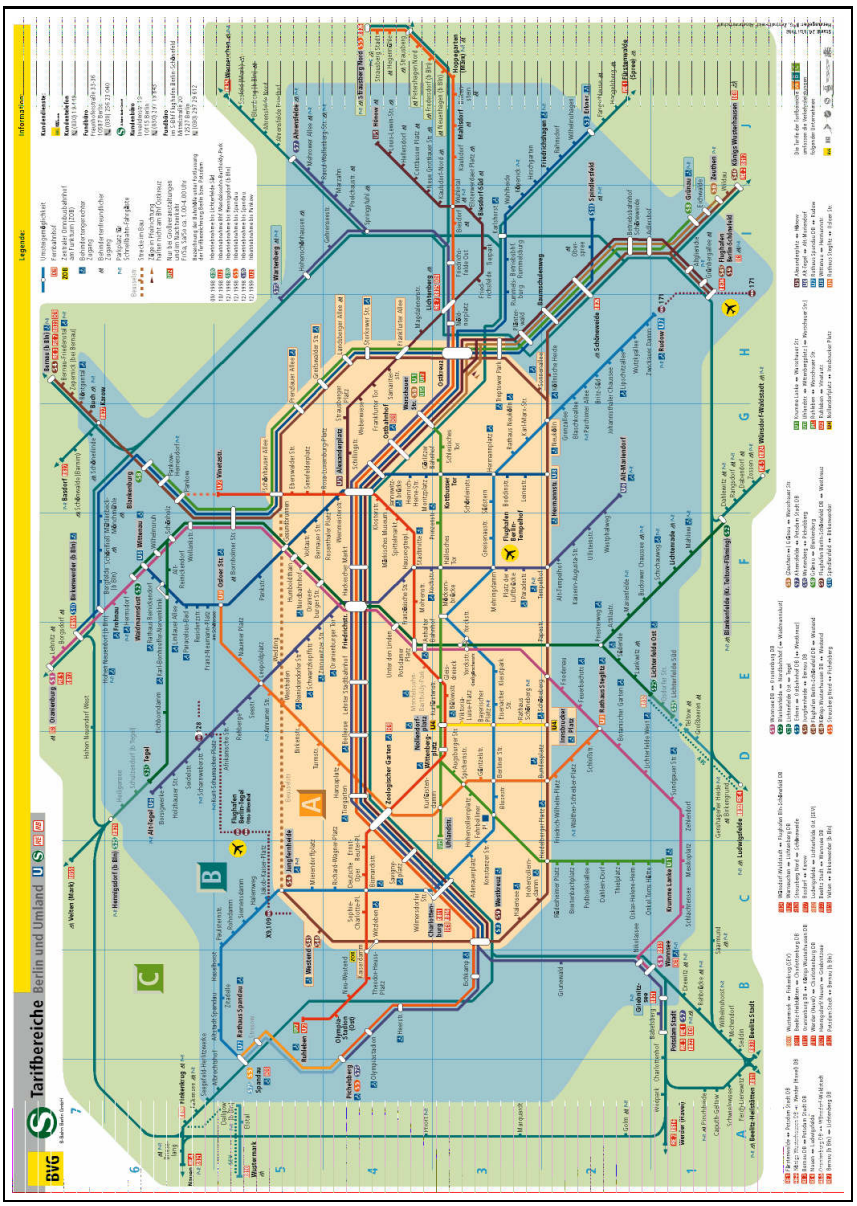


Abbildung A.1: Der Berliner Netzplan

Abbildung A.2: Der Netzplan des HVV

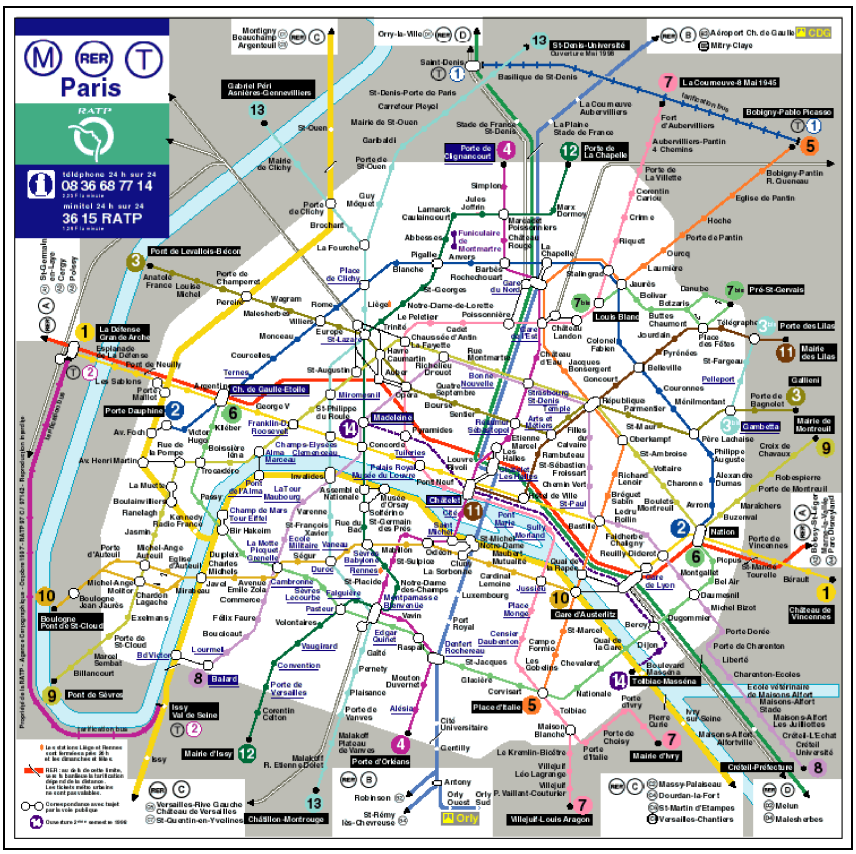


Abbildung A.3: Der Netzplan der Pariser Metro

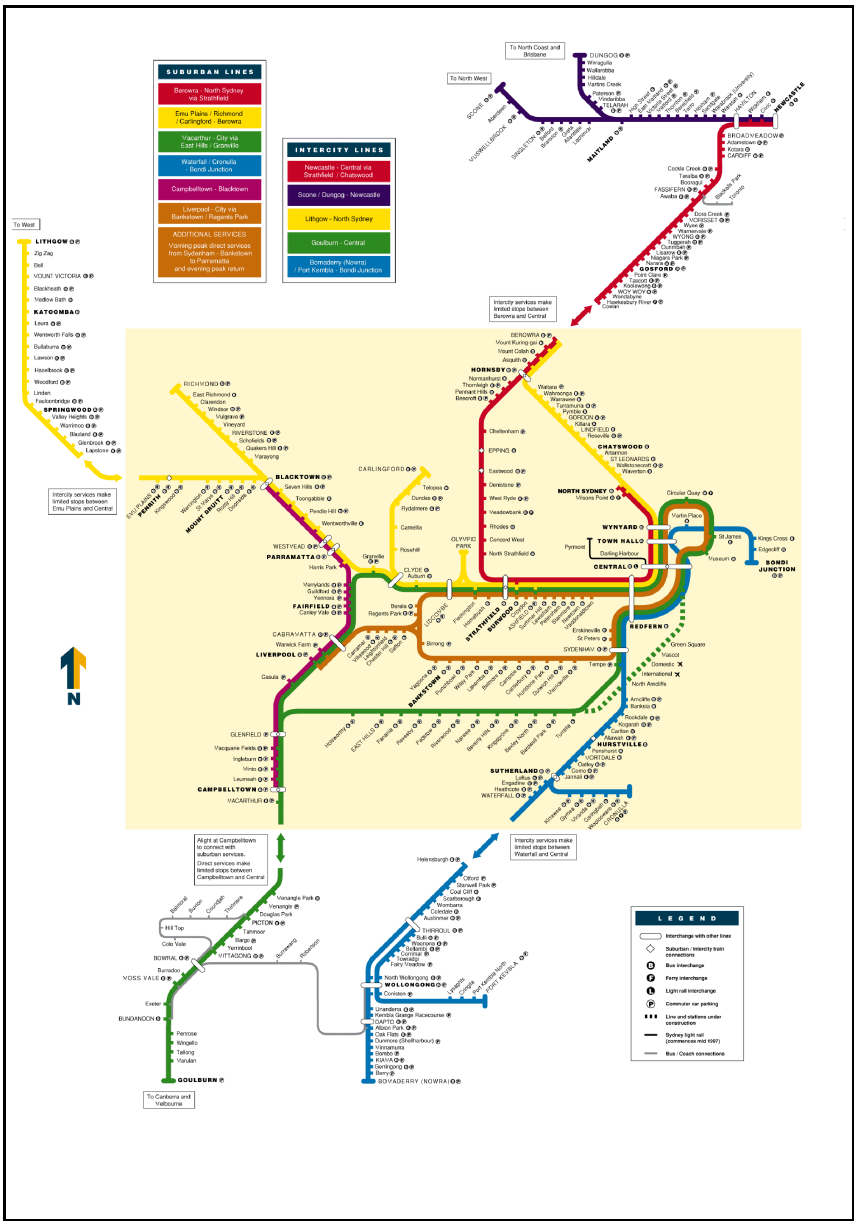


Abbildung A.4: Der Netzplan von Sydney

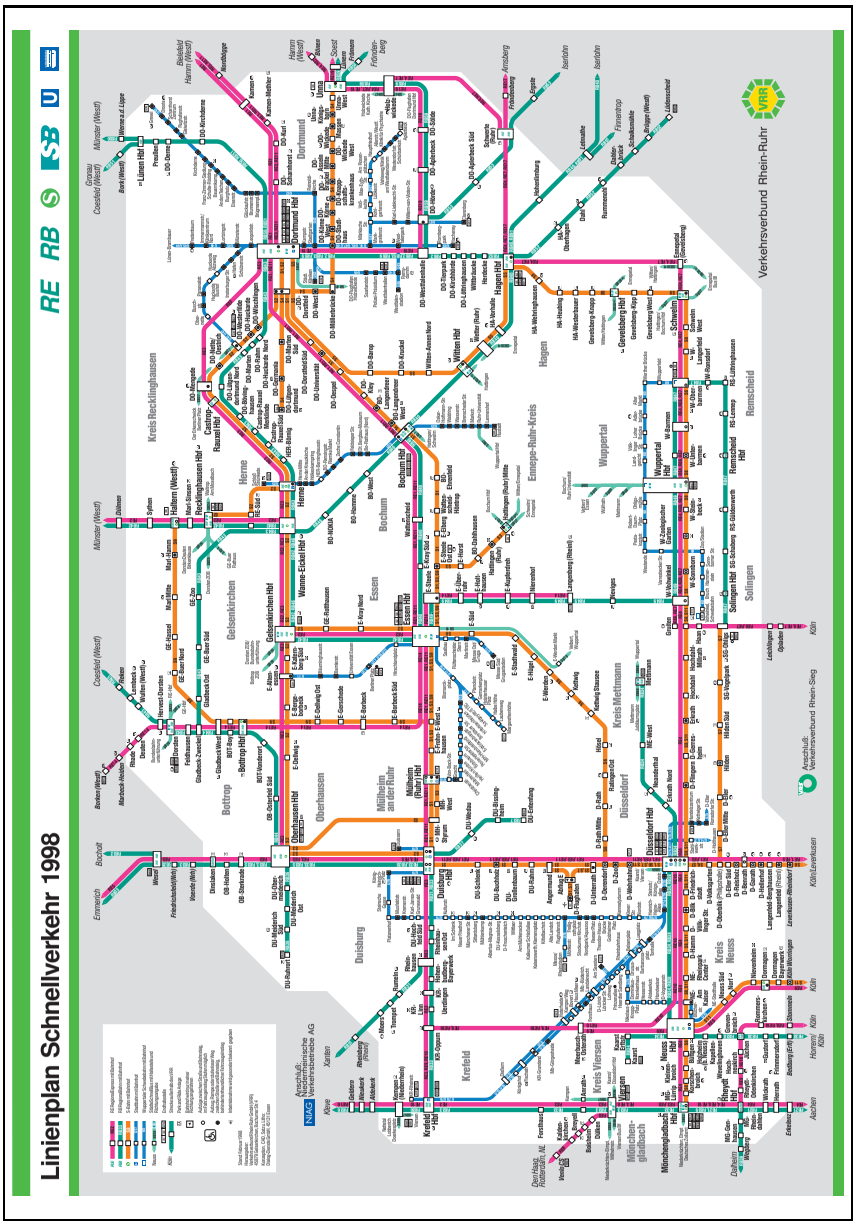

Linienplan Schnellverkehr 1998
RE RB S S-Bahn U
Verkehrsverbund Rhein-Ruhr
VRR
Kreis Recklinghausen
Herne
Bochum
Essen
Gelsenkirchen
Bottrop
Oberhausen
Mülheim an der Ruhr
Duisburg
Krefeld
Kreis Viersen
Kreis Mettmann
Düsseldorf
Wuppertal
Ennepe-Ruhr-Kreis
Hagen
Remscheid
Solingen
Dortmund
Kreis Wesel
Mönchengladbach
Aachen
Köln
Münster (Westf)
Hamm (Westf)
Arnsberg
Siegen
Gießen
Frankfurt
Koblenz
Trier
Saarbrücken
Amsterdam
Arnhem
Venlo
Roermond
Eindhoven
Antwerpen
Brüssel
Aachen
Köln
Bonn
Koblenz
Trier
Saarbrücken
Frankfurt
Gießen
Siegen
Arnsberg
Hamm (Westf)
Münster (Westf)
Emmerich
Bocholt
Wesel
Xanten
Kleve
Goch
Kevelaer
Geldern
Venlo
Roermond
Eindhoven
Amsterdam
Arnhem

Abbildung A.6: Der Netzplan der Metro in Washington D.C.

Anhang B

Fahr- und Servicepläne des FKP

Bemerkungen:

- Die Abkürzungen „STI“ steht für den Standardteilingenieur, vgl. Kapitel 2.2.1.
- Weitere Aspekte, die von den Serviceplänen beschreiben werden können, sind hier nicht aufgeführt.

Fahrplan der Linie *FKP* an der Station *Suche nach Standardteilen*:

Bedingung	*nächste Station*
Suchergebnis impliziert Modifikation	Durchsicht Spezifikation
Suchergebnis impliziert neuen Entwurf	neuer Entwurf
Suche war erfolgreich	Vermeldung

Serviceplan der Station *Suche nach Standardteilen*:

Bedingung	*Service*
—	Standardteilsuche

Fahrplan der Linie *FKP* an der Station *Durchsicht Spezifikation*:

Bedingung	*nächste Station*
Spezifikation o.k. und noch keine Suche durch STI	Suche nach Standardteilen
Spezifikation o.k. und Suche durch STI erfolglos	Zeitplanerstellung
Spzifikation geändert	Rücksprache

Serviceplan der Station *Durchsicht Spezifikation*:

Bedingung	*Service*
Spezifikation nicht durchgesehen	Durchsicht der Spezifikation

Fahrplan der Linie *FKP* an der Station *Zeitplanerstellung*:

Bedingung	*nächste Station*
—	Rücksprache

Serviceplan der Station *Zeitplanerstellung*:

Bedingung	*Service*
—	Erstellung eines Zeitplans für weitere Schritte

Fahrplan der Linie *FKP* an der Station *Rücksprache*:

Bedingung	*nächste Station*
Spezifikation o.k., noch kein Zeitplan	Zeitplanerstellung
Spezifikation o.k., Zeitplan o.k.	erster Entwurf
Spezifikation nicht o.k.	Durchsicht Spezifikation
Zeitplan nicht o.k.	Zeitplanerstellung

Serviceplan der Station *Rücksprache*:

Bedingung	*Service*
keine Zustimmung für Spezifikation	Rücksprache über Spzifikation
keine Zustimmung für Zeitplan, Spez. o.k.	Rücksprache über Zeitplan
Probleme beim ersten Entwurf	Rücksprache über Spezifikation

Fahrplan der Linie *FKP* an der Station *erster Entwurf*:

Bedingung	*nächste Station*
erster Entwurf erfolgreich	Design, Produktionsplanung
Probleme beim ersten Entwurf	Rücksprache

Serviceplan der Station *erster Entwurf*:

Bedingung	*Service*
—	erstelle ersten Entwurf

Fahrplan der Linie *FKP* an der Station *Design*:

Bedingung	*nächste Station*
Design erfolgreich	—

Serviceplan der Station *Design*:

Bedingung	*Service*
—	erstelle Design

Fahrplan der Linie *FKP* an der Station *Produktionsplanung*:

Bedingung	*nächste Station*
Produktionsplanung erfolgreich	—

Serviceplan der Station *Produktionsplanung*:

Bedingung	*Service*
—	Plane Produktion

Fahrplan der Linie *FKP* an der Station *neuer Entwurf*:

Bedingung	*nächste Station*
neuer Entwurf erfolgreich	—

Serviceplan der Station *neuer Entwurf*:

Bedingung	*Service*
—	erstelle neuen Entwurf

Fahrplan der Linie *FKP* an der Station *Vermeldung*:

Bedingung	*nächste Station*
—	—

Serviceplan der Station *Vermeldung*:

Bedingung	*Service*
—	vermelde Teilnummer

Literaturverzeichnis

[Alo96] Alonso, Agrawal, El Abbadi, Kamath, Guenthoer, Mohan: Advanced Transaction Models in Workflow Contexts. In: *The Twelfth International Conference on Data Engineering (ICDE'96).* New Orleans, Louisiana, USA, 1996

[Aus62] Austin, J. L.: *How to do Things with Words.* Oxford : Clarendon Press, 1962

[Bar96] Barbara, D., Methrotra, S., Rusinkiewicz, M.: INCAs: Managing Dynamic Workflows in Distributed Environments. In: *Journal of Database Mangement* Band 7, Nr. 1 (1996), S. 5–15

[Bau90] Baumgarten, Bernd: *Petri-Netze: Grundlagen und Anwendungen.* Mannheim, Wien, Zürich : BI-Wiss.-Verl., 1990

[Bro81] Brodie, Michael: On modelling behavioural semantics of databases. In: C. Zaniolo, C. D. (Hrsg.): *Proceedings Int. Conference in Very Large Databases (VLDB).* Cannes/Frankreich : IEEE, 1981, S. 32–42

[Bro84] Brodie, M., Ridjanovic, D.: On the disign and specification of database transactions. In: Brodie, M., Mylopoulos, J., Schmidt, J.W. (Hrsg.): *On Conceptual Modeling.* Springer Verlag, 1984

[Bur81] Burke, M., McLaren, I.: London's public transport diagrams — visual comparison of some graphic conventions. In: *Information Design Journal* Band 2, Nr. 2 (1981), S. 103–112

[Bus98] Bussler, Christoph: *Airplane Design Process - Standard Part Selection.* The Boeing Company, Februar 1998

[Cal97] Caliskan, Nilüfer: *Studienarbeit: Konversations- und agentenorientierte Modellierung von Geschäftsprozessen eines Informatik-Arbeitsbereichs unterstützt durch das Intranet.* Universität Hamburg, FB Informatik, 1997

[Deu96] Deutsches Institut für Normierung: *Geschäftsprozeßmodellierung und Workflow-Management.* DIN-Fachberichte 50. Beuth-Verl., 1996

[dtv90] dtv: *dtv-Lexikon in 20 Bänden.* München : Deutscher Taschenbuch Verlag, 1990

[Flo80] Flores, F., Lundlow, J.J.: Doing and speaking in the office. In: *Decision Support Systems, Issues and Challenges, Proceeding on an International Task Force Meeting*. Oxford : Pergamon Press, 1980

[Fow97] Fowler, M., Scott, K.: *UML destilled*. Reading, Massachusetts : Addison-Wesly Publishing Company, 1997

[Gar94] Garland, Ken: *Mr Beck's Underground Map*. Middleesex : Capital Transport Publishing, 1994

[Geo95] Georgakopoulus, D., Hornick, M., Sheth, A.: An Overview of Workflow Management: From Process Modeling to Workflow Automation Infrastructure. In: *Distributed and Parallel Databases* 3 (1995), S. 119–153

[Ham93] Hammer, M., Champy, J.: *Reengineering the Corporation. A Manifesto for Business Revolution*. New York : Harper Business, 1993

[Jab96] Jablonski, S., Bussler, C.: *Workflow Management - Modeling Concepts, Architecture and Implementation*. London : International Thomson Computer Press, 1996

[Jab97] Jablonski, Böhm, Schulze (Hrsg.): *Workflow-Management: Entwicklung und Anwendung von Systemen*. 1. Aufl. Heidelberg : dpunkt-Verl., 1997

[Kan94] Kant, Helmut (Hrsg.): *Der Brockhaus in einem Band*. 6., völlig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Leizig; Mannheim : Brockhaus, 1994

[Ley98] Leymann, Frank: *Production Workflow Systems*. Tutorial held in conjuction with the EDBT'98 in Valencia, 1998

[Loc87] Lockemann, P.C., Schmidt, J.W. (Hrsg.): *Datenbank-Handbuch*. Berlin : Springer, 1987

[Mac95] MacEachren, Alan: *How Maps Work*. New York, London : The Guilford Press, 1995

[Man89] Manber, Udi: *Introduction to algorithms*. Reading, Massachusetts : Addison-Wesley Pubishing Company, 1989

[Mat97] Matthes, Florian: Business Conversations: A High-Level System Model for Agent Coordination. In: *Proceedings of DBPL-97*, 1997

[Mau97] Maurer, G., Schwickert, A.: Kritische Anmerkungen zur Prozeßorientierung. In: Lehrstuhl für Allg. BWL und Wirtschaftsinformatik (Hrsg.): *Arbeitspapiere in WI* Bd. 9/1997. Mainz : Johannes Gutenberg-Universität, 1997

[McC92] McCready, S.: *There is more than one kind of Workflow-Software*. Computerworld, November 2, 1992

[Mon91] MONMONIER, Mark: *HOW to LIE with MAPS*. Chicago und London : The University of Chicago Press, 1991

[Obe96] OBERWEIS, Andreas: *Modellierung und Ausführung von Workflows mit Petri-Netzen*. Stuttgart; Leipzig : Teubner, 1996

[Pet62] PETRI, CARL ADAM: *Kommunikation mit Automaten*. Doktorarbeit. Bonn : Institut für instrumentelle Mathematik, 1962

[Pha95] PHAROAH, T.M., APEL, D.: *Transport Concepts in European Cities*. Vermont, USA : Ashgate Publishing Company, 1995

[Pro96] PROMATIS GMBH: *INCOME Management von Geschäftsprozessen*. Produktbeschreibung, 1996

[Pro97] PROMATIS GMBH: *INCOME 3.3*. Online-Hilfe, 1997

[Rei86] REISIG, Wolfgang: *Petrinetze: Eine Einführung*. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo : Springer, 1986

[Rob52] ROBINSON, Arthur: *The Look of Maps*. Madison : University of Wisconsin Press, 1952

[Sch97] SCHEER, August-Wilhelm: *Wirtschaftsinformatik : Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse*. 7., durchges. Aufl. Berlin : Springer, 1997

[Sch98] SCHEER, August-Wilhelm: *ARIS - Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen*. 3., völlig neubearb. und erw. Aufl. Berlin : Springer, 1998

[Sea69] SEARLE, John R.: *Speech acts : an essay in the philosophy of language*. Cambridge : Univiversity Press, 1969

[Teu95] TEUFEL, Stephanie: *Computerunterstuetzung fuer die Gruppenarbeit*. Bonn : Addison-Wesley, 1995

[Wei98] WEISSENFELS, J. , MUTH, P., WEIKUM, G.: Flexible Worklist Management in a Light-Weight Workflow Management System. In: O. BUKHRES, J. EDER, S. SALZA (Hrsg.): *Proceeding on the EDBT Workshop on Workflow Management Systems*, 1998

[Win87] WINOGRAD, T.: A Language/Action Perspective on the Design of Cooperative Work. In: *Human-Computer Interaction* 3 (1987)

[Wor94] WORKFLOW MANAGEMENT COALITION: *The Workflow Reference Model*. Document Number WFMC-TC00-1003, Issue 1.1, Brüssel. http://www.wfmc.org : Workflow Management Coalition, 1994

[Wor95] WORKFLOW MANAGEMENT COALITION: *Workflow Process Definition Read/Write Interface: Request For Comment*. Document Number WFMC-WG01-1000, Brüssel. http://www.wfmc.org : Workflow Management Coalition, 1995

[Wor96a] Workflow Management Coalition: *Audit Data Specification*. Document Number WFMC-TC-1015, Issue 1.0, Brüssel. http://www.wfmc.org : Workflow Management Coalition, 1996

[Wor96b] Workflow Management Coalition: *Interoperability - Abstract Specification*. Document Number WFMC-TC-1012, Issue 1.0, Brüssel. http://www.wfmc.org : Workflow Management Coalition, 1996

[Wor96c] Workflow Management Coalition: *Terminology and Glossary*. Document Number WFMC-TC-1011, Issue 2.0, Brüssel. http://www.wfmc.org : Workflow Management Coalition, 1996

[Wor97] Workflow Management Coalition: *Workflow Client Application Application Programming Interface (WAPI) Naming Conventions*. Document Number WFMC-TC-1009, Issue 2.0e, Brüssel. http://www.wfmc.org : Workflow Management Coalition, 1997

[Wor98] Workflow Management Coalition: *Workflow and the Internet: Catalysts for Radical Change. A WFMC White Paper.*. http://www.wfmc.org : Workflow Management Coalition, 1998

[Zie97] Ziemer, Stephan: *SAP R/3 - An Overview of its Concepts and Languages*. Studienarbeit. Universität Hamburg, 1997

Erklärung

Ich versichere, daß ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angerfertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfmittel verwendet habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen wurden, sind als solche gekenntlich gemacht.

Hamburg, im November 1998