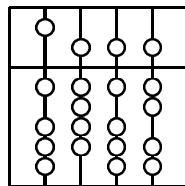


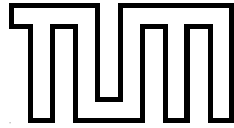
FAKULTÄT FÜR INFORMATIK
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Diplomarbeit in Informatik

**Evaluation von Workflow-Sprachen zur
Prozessmodellierung in Multi-Domain
Umgebungen
am Beispiel von Géant2 E2E Links**

Borislava Stoimenova





FAKULTÄT FÜR INFORMATIK
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Diplomarbeit in Informatik

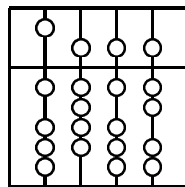
**Evaluation von Workflow-Sprachen zur
Prozessmodellierung in Multi-Domain
Umgebungen
am Beispiel von Géant2 E2E Links**

Bearbeiter: Borislava Stoimenova

Aufgabensteller: Prof. Dr. Heinz-Gerd Hegering

Betreuer: Matthias K. Hamm
Mark Yampolskiy

Abgabedatum: 15. April 2008



Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

München, den 15. April 2008

.....

(Unterschrift des Kandidaten)

Abstract

Heutzutage existieren IT-Dienstleister, die auf ein unternehmensübergreifendes Geschäftsmodell basieren wie z. B. das europäische Wissenschaftsnetzwerk Geant2 dar. Die Erbringung von gemeinsamen IT-Dienstleistungen wird durch IT-Service Management Ansätze wie ITIL unterstützt. Der Einsatz der Service Management Prozesse erfordert in seiner früheren Phase die Konzipierung und Erstellung von Prozessmodellen und Workflows. Diese dienen zu Veranschaulichung der teilnehmenden Organisationen, deren Aufgabenverteilung und zum Verständnis für komplexe Zusammenhänge, Abläufe und deren Koordination innerhalb des kollaborativen Geschäftsmodells zu erleichtern.

In der vorliegenden Arbeit werden spezifische Merkmale und Probleme von Multi-Domain Umgebungen untersucht, um Anforderungen an die Workflows und an die Workflow-Sprachen abzuleiten. Anforderungen bezüglich der Autonomie, Organisationsmodell und der Realisierung der Koordination dienen als Kriterien für die Evaluierung der Modellierungssprachen auf ihre Eignung, eine aussagekräftige und detaillierte grafische Darstellung der unternehmensübergreifenden Prozesse zu erreichen. Bei der Evaluierung werden sowohl verfügbare Sprachkonstrukte als auch mögliche Hilfskonstruktionen und Lösungswege untersucht und verglichen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufgabenstellung	2
1.2	Aufbau der Arbeit	2
2	Grundlagen	4
2.1	IT-Service Management	4
2.1.1	ITIL	5
2.1.2	Referenzmodell für Incident Management nach ITIL	6
2.2	Prozesse und Workflows	8
2.2.1	Workflow Struktur	10
2.2.2	Workflow Management und Entwurf	12
2.3	Workflow Sprachen	14
2.3.1	Eigenschaften von Modellierungssprachen	14
2.3.2	UML	15
2.3.3	BPMN	19
2.3.4	YAWL	22
2.4	Multi-Domain Umgebungen	26
3	Szenario	28
3.1	GÉANT2	28
3.1.1	End-To-End Links	29
3.1.2	Organisationsmodell für den Betrieb von E2E Links	30
3.2	Beispielprozesse	32
3.2.1	Prozessbeschreibung Incident Management in GÉANT2	32
3.2.2	Prozessbeschreibung Einrichtung von E2E Links	33
4	Anforderungsanalyse	36
4.1	Funktionale Perspektive und Prozess Kontext Perspektive	37
4.1.1	Öffentliche und private Workflows	37
4.1.2	Prozess Kontext Perspektive	40
4.2	Autonomie	41
4.3	Organisationsperspektive	43
4.4	Koordination und Verhaltensperspektive	45
4.4.1	Kommunikation und Interaktionen	46
4.4.2	Verhaltensperspektive	47
4.4.3	Kontrollfluss	47
4.4.4	Daten und Datenfluss	48
4.5	Informationsperspektive	50

4.6	Ausnahmebehandlungsperspektive	51
4.7	Zusammenfassung	52
5	Evaluierung der Workflow Sprachen	54
5.1	Evaluation von BPMN	54
5.1.1	Workflow-Modelle der Beispielprozesse	54
5.1.2	Evaluation	55
5.2	Evaluation von UML Aktivitätsdiagrammen	64
5.2.1	Workflow-Modelle der Beispielprozesse	64
5.2.2	Evaluierung	65
5.3	Evaluierung von YAWL	73
5.3.1	Workflow-Modelle der Beispielprozesse	73
5.3.2	Evaluation	73
5.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	83
6	Fazit	85

Abbildungsverzeichnis

2.1	Incident Life Cycle [ITS02]	7
2.2	Geschäftsprozesse vs. Workflows [Fre04]	9
2.3	Workflows Dimensionen [LD99]	10
2.4	Struktur eines Workflows [WDP04]	12
2.5	Elemente des Aktivitätsdiagrammes	17
2.6	Beispiel für ein Schleifenkonstrukt	18
2.7	Beispiel für ein Aktivitätsdiagramm	19
2.8	Verbindungsobjekte in BPMN	20
2.9	Flussobjekte in BPMN	20
2.10	Kontainer: Pools und Lanes	21
2.11	Artefakte in BPMN	21
2.12	BPMN Privater Prozess [Whi04]	21
2.13	Abstrakter Prozess in BPMN [Whi04]	22
2.14	BPMN Kollaborationsprozess [Whi04]	22
2.15	Struktur von YAWL [Gro05]	23
2.16	Notationselemente von YAWL [AADH03]	24
2.17	YAWL Diagramm für die Reisereservierung	25
2.18	Architektur des YAWL-Systems [YAWLF]	25
3.1	Topologie von GÉANT2 [GEATOP]	29
3.2	E2E Links [YHE2E]	30
3.3	Aufbau eines E2E Links [YHE2E]	30
3.4	Organisationsmodell für den Betrieb von E2E Links [YHE2E]	31
4.1	Elemente der funktionalen Perspektive	37
4.2	Project Inheritance: Prozess N_1 ist Unterklasse von N_2 und keine von N_3 [AAW01]	39
4.3	Elemente der Prozess Kontext Perspektive	40
4.4	Elemente der Organisationsperspektive	45
4.5	Elemente der Verhaltensperspektive	49
4.6	Elemente der Informationsperspektive	50
4.7	Elemente der Fehlerbehandlungsperspektive	52
4.8	Strukturmodell der Workflow Sprachen	53
5.1	Incident Management mit BPMN	56
5.2	Einrichtung von E2ELinks mit BPMN	57
5.3	Beispiel für Referenzobjekte in BPMN	58
5.4	Darstellung von Organisationseinheiten in BPMN	60

5.5	Interaktionen in BPMN	61
5.6	Beispiel für Zugriffsrechte in BPMN	63
5.7	Beispiel für Weiterbehandlung von Ausnahmen in BPMN	64
5.8	UML Aktivitätsdiagramm für den Prozess „Incident Management“	66
5.9	UML Aktivitätsdiagramm für den Prozess „E2ELink Einrichtung“	67
5.10	Beispiel für Referenzierung in UML Aktivitätsdiagramme	68
5.11	Eskalation in UML Aktivitätsdiagramme	71
5.12	Ausnahmebehandlung für die Multi-Domain Prozesse	72
5.13	Incident Management mit YAWL: privater Workflow der E2ECU	74
5.14	Incident Management mit YAWL: privater Workflow der NRENs	75
5.15	Incident Management mit YAWL: Anwenderkommunikation	75
5.16	Incident Management mit YAWL: öffentlicher Workflow	75
5.17	Einrichtung E2E Links mit YAWL: privater Workflow der E2ECU	76
5.18	Einrichtung E2E Links mit YAWL: privater Workflow eines NRENs	77
5.19	Einrichtung E2E Links mit YAWL: Workflow eines benachbarten NRENs	78
5.20	Einrichtung E2E Links mit YAWL: Anwenderkommunikation	78
5.21	Einrichtung E2E Links mit YAWL: öffentlicher Workflow	79
5.22	Incident Management mit YAWL: lokale Behebung	81
5.23	Interaktion in YAWL	81
5.24	Ausnahmebehandlung in YAWL	83

Tabellenverzeichnis

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	84
--	----

1 Einleitung

IT-Service Management (ITSM) beinhaltet die Planung, Bereitstellung und Betrieb einer kundenorientierten IT-Dienstleistung für die erfolgreiche Unterstützung der Unternehmensziele [ITS02]. Es gibt eine Reihe an prozessorientierten Ansätzen, wie z. B. die IT Infrastructure Library (ITIL) für die Realisierung von ITSM innerhalb eines Geschäftsunternehmens.

Heutzutage existieren auch IT-Dienstleister die auf einem unternehmensübergreifenden Geschäftsmodell basieren. und mehrere Unternehmen sind an die Erbringung eines oder mehrerer IT-Services beteiligt. Die Organisationsstruktur zwischen den beteiligten Unternehmen kann von unterschiedlicher Natur sein: hierarchisch und heterarchisch. Die Heterarchie kann als Idealfall einer nicht-hierarchischen Organisation aufgefasst werden. Im Gegensatz zur Hierarchie, wo es eine eindeutige Definition von Rechten und Pflichten in einem Über- und Unterordnungsverhältnis gibt, sind die Organisationseinheiten innerhalb der Heterarchie selbständig und unabhängig voneinander [BK02]. Eine heterarchische Organisationsstruktur zeichnet sich durch größere Entscheidungsautonomie der einzelnen Organisationseinheiten aus, die gleichberechtigt an den Entscheidungsprozessen beteiligt sind. Ein Beispiel für ein heterarchisch strukturiertes Geschäftsmodell stellt das Europäische Wissenschaftsnetzwerk Geant2 dar. Eine der Hauptaufgaben von Géant2 ist die europaweite Verbindung zwischen den nationalen Wissenschaftsnetzwerken (NREN) und deren Anbindung an nichteuropäische Wissenschaftsnetze herzustellen. Die Wissenschaftsnetze sind unabhängige Organisationen, die innerhalb Géant2 gleichberechtigt kooperieren. Aufgrund deren Autonomie entstehen in solchen Multi-Domain Umgebungen spezifische Probleme wie z. B. Heterogenität der verwendeten Technologie und der Abläufe in den NRENs. Darüber hinaus verlangen die organisatorischen Abläufe und gemeinsamen Betriebsprozesse eine zweckmäßige Koordination zwischen den Beteiligten.

Die Referenzmodelle von ITIL behandeln nicht explizit Geschäftsmodelle die auf heterarchischen Beziehungen basieren. Die Einführung von ITIL Prozessen erfordern besondere Lösungsansätze der spezifischen Merkmalen der Multi-Domain Umgebungen. Eine der ersten Phase bei der Einführung eines Prozesses ist die Prozessmodellierung. Sie schafft einen umfassenden Entwurf, der den Prozessablauf detailliert abbildet und die Ziele, Strategien, Märkte, Produkte etc. beinhaltet, die für das Unternehmen maßgeblich sind [Koc97]. Das Erstellen von Prozess- und Workflowmodellen wird mittels geeigneter Modellierungssprachen unterstützt. Die Wahl der Modellierungssprache ist ausschlaggebend für die konsistente und übersichtliche Darstellung von komplexen Zusammenhängen innerhalb der Prozessmodelle.

1.1 Aufgabenstellung

Es gibt in der Praxis bereits eine breite Palette an Sprachen zur Prozessmodellierung, die über eine graphische Notation für das Prozessmodell verfügen. Sie unterscheiden sich untereinander durch verschiedener Fähigkeiten, Ausdruckskraft, Syntax und Semantik und können jedoch Schwächen im Hinblick auf den Modellierungszweck und das Anwendungsgebiet aufweisen, wenn bestimmte Sachverhalte nicht oder nur teilweise im Modell darstellbar sind. Um die Effizienz der Modellierungsvorganges nicht negativ zu beeinflussen und die Darstellung der Prozesse in ihrer gesamten Komplexität zu ermöglichen, sollte die Wahl der Sprache möglichst zutreffend sein. Es stellt sich die Frage, wie eine Modellierungssprache aussehen soll und nach welchen Kriterien sie gewählt werden muss, damit sie für die Modellierung in Multi-Domain Umgebungen geeignet ist. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit eine eingehende Analyse und Evaluierung gängiger Workflow Sprachen durchgeführt. Als Evaluierungsobjekte sind für diese Arbeit die drei Sprachen *UML Aktivitätsdiagramme*, *BPMN* und *YAWL* aus verschiedenen Gründen ausgewählt worden aufgrund der verbreiteten Anwendung und Standardisierung im Bereich der Prozessmodellierung. Die Zielsetzung dieser Arbeit gliedert sich in drei Schritte:

1. Die erste Teilaufgabe der vorliegenden Arbeit ist es, die wesentlichen Merkmale und Anforderungen an Prozess- und Workflowmodellierung innerhalb Multi-Domain Umgebungen herauszuarbeiten. Dazu sollen die Voraussetzungen für eine angemessene Koordination und Kooperation von autonomen Organisationen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Abhängigkeitsverhältnisse und Sicherheitsbedürfnisse der beteiligten Organisationen untersucht werden. Die Problem- und Anforderungsanalyse erfolgt am Fallbeispiel des Wissenschaftsnetzwerks Géant2 und an bereits existierenden Ansätzen für die Modellierung unternehmensübergreifender Prozesse.
2. Die Untersuchung und Evaluierung der vorher ausgewählten Notationen werden anhand von Bewertungskriterien durchgeführt. Diese werden während der Anforderungsanalyse definiert und in einem Kriterienkatalog zusammengefasst werden.
3. Anschließend wird mit Modellen von Beispielsprozessen, eine Evaluierung der graphischen Notationen durchgeführt werden und die Ergebnisse in einer übersichtlicher Form zusammengefasst.

1.2 Aufbau der Arbeit

Kapitel 2 dieser Diplomarbeit gibt einen Überblick zu allgemeinen Grundlagen der behandelten Themen wie IT-Service Management, Prozessmodellierung und Workflows. In diesem Kapitel werden auch die zu untersuchenden Sprachen vorgestellt.

In Kapitel 3 werden das Beispielszenario und die zu modellierenden Prozesse innerhalb der Multi-Domain Umgebung Géant2 beschrieben. Die in Textform erfassten Prozessbeschreibungen sind die Grundlage für die weiteren Untersuchungen.

In Kapitel 4 erfolgt die Analyse und Erfassung der Anforderungen an die Prozessmodellierung, bezüglich der Eigenschaften und spezifischen Probleme der Multi-Domain Umgebungen am Beispiel der Géant2 Prozesse. Die Anforderungen dienen als Evaluierungskriterien für die Workflow-Sprachen.

In Kapitel 5 werden drei Modellierungssprachen, UML Aktivitätsdiagramme, BPMN und YAWL unter der Einbeziehung der Prozessmodelle aus dem Szenario untersucht und evaluiert. Zudem werden bei der Evaluierung mögliche Lösungswege für die Modellierung der spezifischen Multi-Domain Merkmale diskutiert.

Kapitel 6 gibt einen Ausblick über die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel wird auf die Themen IT-Service Management, Prozessmodellierung, Workflow Modellierung und Modellierungssprachen eingegangen, um dem Leser ein Einblick in die verwendete Terminologie zu verschaffen.

2.1 IT-Service Management

Die Geschäftsprozesse in Unternehmen werden zunehmend durch die Informationstechnologie (IT) unterstützt [COLNET]. Da die Bereitstellung der IT zumeist von speziellen Unternehmensbereichen oder Drittanbietern geleistet wird, wird dies als Dienstleistung, bzw. als IT-Service, bezeichnet. Ein IT-Service besteht aus Aktivitäten, die zur Informationsverarbeitung und -bereitstellung erforderlich sind. IT-Services sind z. B. die Entwicklung, Anpassung und Wartung von Anwendungssoftware, Betrieb von Servern und Netzwerken [ITSGL].

Ein IT-Service ist die Kombination von Personen, Prozessen und IT. An den Serviceprozessen sind die Anbieter (Dienstleister) und Abnehmer (Kunden und Anwender) immer gleichzeitig beteiligt. Kunden und Anwender erwarten eine zuverlässige und permanent zur Verfügung stehende Informationstechnologie. Dienstleister müssen sich in hohem Maße mit der Qualität ihrer Services auseinandersetzen und ein gutes Kundenverhältnis pflegen. Unter der Qualität eines Services ist das Ausmaß zu verstehen, in dem ein Service die Anforderungen und Erwartungen eines Kunden entspricht. Um eine gute Qualität zu liefern, muss der Anbieter immer wieder ermitteln, wie der Service aufgenommen wurde und was der Kunde in Zukunft erwartet [ITS02]. Neben kontinuierlicher Qualität ist die kostenoptimierte Erbringung der IT-Services von großer Bedeutung. Dies sind die Hauptaufgaben des IT-Service Managements.

Definition IT-Service Management :

IT Service Management beinhaltet die Planung und Bereitstellung einer kundenorientierten Dienstleistung (Service) mithilfe eines prozessorientierten Verfahrens [ITS02].

ITSM befasst sich nicht mit Details wie z. B. ein bestimmtes Unternehmensprodukt verwendet werden soll, sondern liefert einen Bezugsrahmen in Form eines prozessorientierten Verfahrens für die Strukturierung und Einführung von IT-bezogenen Aktivitäten und die Interaktionen zwischen IT, Geschäftskunden und Benutzern. Im Rahmen dieser Methode sollten aber auch die individuelle Situation und die jeweiligen Rahmenbedingungen einer Organisation (Politik, Kultur, Umfang, usw.) berücksichtigt werden [ITS02].

2.1.1 ITIL

Einer der am weitesten verbreitete Ansätze ITSM innerhalb eines Unternehmens zu realisieren ist die IT Infrastructure Library (ITIL). ITIL ist ein herstellerunabhängiges, prozessorientiertes Regelwerk und wurde Mitte der 80er-Jahre im Auftrag der britischen Regierung entwickelt; Eigentümer von ITIL ist OGC (Office of Government Commerce). Es besteht aus einer Reihe von Publikationen, die frei verfügbar sind. Die Sammlung enthält keine Theorie, sondern die Erfahrungen von über 30 Jahren DV-Betrieb und wird deshalb als „best practice“ framework eingeordnet. Die Beschreibung der ITIL-Basisprozesse ist generisch, d. h. sehr allgemein und nicht konkret an bestimmte Software, Hardware oder Organisationsstrukturen gebunden und gilt daher als de-facto Standard für ITSM. Jedoch ist ITIL keine Norm und setzt keine Zwänge wie IT-Prozesse umgesetzt werden sollen. Trotz des großen Detaillierungsgrades der Beschreibungen und Empfehlungen bleibt jedem Unternehmen genügend Spielraum für die Prozessrealisierung gemäß eigener Anforderungen und Umstände.

Die erste Version von ITIL bestand aus einer Bibliothek, gegliedert in 31 Bücher, die alle Aspekte der IT-Service Erbringung abdeckten. Die darauffolgende Version (ITIL V2) ersetzte diese durch sieben, mehr eng miteinander verbunden Publikationen, die innerhalb eines allgemeinen Rahmens konsolidierten. Die zweite Version entwickelte sich zu einem allgemein anerkannten Ansatz. In 2007 wurde diese durch ITIL V3 ersetzt. Während sich die ITIL V2 bisher auf die IT-Service Management Prozesse konzentrierte, fokussiert sich die ITIL V3 nunmehr auf den Service Lebenszyklus. Alle V2 Prozesse sind auch in V3 enthalten, jedoch neu angeordnet und auf den „aktuellen Stand“ gebracht. Die neueste Version besteht aus fünf Kernpublikationen (*Core*), ergänzende (*Complementary*) und Internetpublikationen (*Web*). Die Kernkomponente enthält fünf Bücher, die den Lebenszyklus der IT-Service umfassend beschreiben. Die ergänzende Komponente befasst sich mit spezifischen Themenschwerpunkten für bestimmte Branchen. Die Web-Komponente bietet eine dynamische Ressource für häufig benötigte und aktuellen Materialien, wie ITIL-Prozesslandkarten, Definitionen, Vorlagen, Business Cases und Fallstudien.

Die Kernkomponenten Der neue ITIL „Kern“ besteht aus fünf Büchern und verfolgt einen IT-Service Lebenszyklus von seinem Entwurf bis zu seiner Stilllegung. Er enthält Schlüsselkonzepte und grundlegende optimale Verfahren, die sich nicht oft ändern. Die Arbeitstitel sind [Ogc07]:

- **Service Strategy:** Dieses Buch befasst sich mit dem konzeptuellen und strategischen Hintergrund von IT-Services. Es umfasst Definition, Spezifikation, Logistik und finanzielle Aspekte aus der Geschäftsperspektive und beschreibt die Zielsetzung des IT-Service Lebenszyklus.
- **Service Design** Dieses Buch befasst sich mit der Entwurfsphase eines IT-Services und wie noch abstrakt definierte Strategien konkretisiert werden. Es versucht die Geschäftsperspektive praktisch in Service-Leistung zu übertragen und beschreibt die Funktionsweise und den Leistungsumfang der Prozesse bezüglich der Anforderungen des Unternehmens.
- **Service Transition** beschreibt den Übergang vom Design zu der eigentlichen Um-

setzung. Dieses Buch enthält Themen wie Change und Release Management, Risiko-Analyse, Nutzenrechnung, Dienstleistungsmodelle und Checklisten für die produktive Auslieferung der IT-Services.

- **Service Operation:** Dieses Buch beschreibt den operativen Teil, der notwendig ist die vereinbarte Leistung im täglichen Betrieb, möglichst störungsfrei aufrecht zu erhalten und zu sichern.
- **Service Improvement:** Das Thema dieses Buches ist die Optimierung von Servicequalität. Es beschreibt Strategien und Methoden für die kontinuierliche Überwachung und Optimierung von bereits in Betrieb genommenen IT-Services durch Festlegung von Leistungsparametern und Messgrößen.

2.1.2 Referenzmodell für Incident Management nach ITIL

Das Incident Management ist Bestandteil der Service Operation Phase. Der zentrale Begriff beim Incident Management Prozess ist die Störung (Incident):

Eine Störung (Incident) ist ein Ereignis, das nicht zum standardmäßigen Betrieb eines Service gehört und das tatsächliche oder potenziell einer Unterbrechung oder eine Minderung der Service-Qualität verursacht [ITS02].

Die Ziele des Incident-Managements werden in der ITIL V2-Publikation „Service Support“ folgendermaßen definiert:

Die Hauptziele des Incident-Management-Prozesses sind die möglichst schnelle Wiederherstellung des normalen Service-Betriebes und die Minimierung der negativen Auswirkungen auf den Geschäftsbetrieb, damit Qualität und Verfügbarkeit der Services auf dem höchstmöglichen Stand gehalten werden. Der normale Service-Betrieb ist hier als Service-Betrieb gemäß den Bestimmungen der Service Level Agreements (SLAs) definiert.

Neben der möglichst schnellen Wiederherstellung des normalen Service-Betriebes und die Minimierung der negativen Auswirkungen auf den Geschäftsbetrieb ist die Anwenderzufriedenheit ein übergeordnetes Ziel des Incident Managements. Die Zielsetzung des Incident Managements macht diesen Prozess unübersehbar für den Geschäftsbetrieb eines Unternehmens und wird oft als Erster in Service Management Projekten implementiert.

Die erste Anlaufstelle bei einem Incident ist der Service Desk. Er stellt einen sog. Single Point of Contact dar und wird auch als **First Level Support** bezeichnet. Der Service-Desk selbst ist also kein ITIL-Prozess, sondern die Schaltstelle für die meisten ITIL-Prozesse. Neben dem Service Desk werden verschiedene Bearbeitungsstufen oder auch Eskalationsebenen unterschieden [Els06]:

- **Second Level** Support für komplexere Lösungen durch Teams oder Fachkräfte;
- **Third Level** für das Einschalten von Experten bei spezifischen Problemen;
- gegebenenfalls der **Fourth Level** für die Vergabe von Lösungsaufträgen an externe Stellen (Wartung, Garantiefälle etc.).

Nachdem eine Störung beim Service Desk gemeldet wurde, wird der Incident Management Prozess initialisiert. In Abbildung 2.1 ist der Lebenszyklus eines Incidents dargestellt.

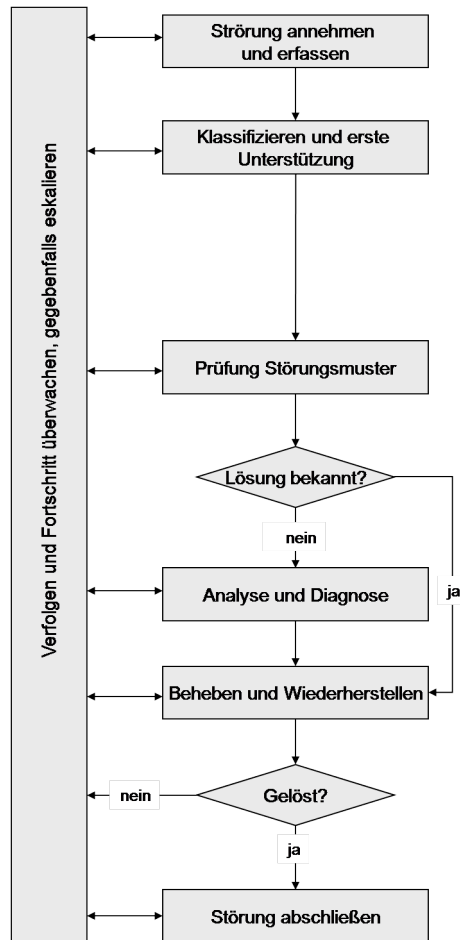


Abbildung 2.1: Incident Life Cycle [ITS02]

Bis zum Abschluss werden üblicherweise folgende Schritte durchgelaufen :

- **Störung annehmen und erfassen.** Es wird ein Datensatz mit allen notwendigen Informationen erstellt: Kontaktpersonen, Fehlerbeschreibung.
- **Klassifizierung und erste Unterstützung.** Die Störung wird nach Art und Auswirkungen klassifiziert, mit Priorität und Status versehen. Dem Anwender werden Tipps gegeben, wie er seine Arbeit vorübergehend fortsetzen kann.
- **Prüfung Störungsmuster.** Es wird überprüft, ob die Störung bereits bekannt ist und ob es bereits einen Workaround oder eine Lösung dazu vorhanden ist. Ein Workaround stellt eine Übergangslösung für ein Problem dar, das nicht sofort behoben werden kann.
- **Analyse und Diagnose.** Störungen, für die es noch keine bekannte Lösung gibt, oder den Kenntnisstand des aktuellen Bearbeiters übersteigen werden dem Service Desk oder einem Support Team mit höherem Kenntnisstand und jeweiligen technischen Be-

fugnissen zugewiesen. In dieser Phase des Incident Managements wird eine Lösung oder ein Workaround gesucht und erarbeitet. In ITIL wird die Weiterleitung eines Incidents an höheren Support Level Gruppen als „funktionales Eskalieren“ bezeichnet.

- **Beheben und Wiederherstellen.** Nach erfolgter Analyse und Fehleridentifizierung wird der Service Betrieb wiederhergestellt.
- **Störung abschließen.** Nach der Behebung wird der Anwender umgehend zurückkommuniziert und es wird abgestimmt, ob er mit der Lösung zufrieden ist. Anschließend werden die Störung und der Lösungsweg in einer Wissensdatenbank eventuell als Störungsmuster gespeichert.

Der gesamte Störungszyklus wird durch das Service Desk überwacht. Das Service Desk ist der „Owner“ jeder Störung und für deren Behebung verantwortlich. Das Service Desk ist nicht nur ein Single Point of Contact, sondern auch Koordinator und Organisator während des gesamten Prozessablaufes [Pfl05]. Die übrigen Supportgruppen sind überwiegend mit der Diagnose und Behebung der Störungen innerhalb der festgelegten Behebungszeiten beschäftigt. In den SLAs sind Service Zeiten festgelegt die einzuhalten sind, da die nicht rechtzeitige Behebung der Störung gegebenenfalls zu einer Eskalation führt [ITS02].

2.2 Prozesse und Workflows

Support Prozesse, wie z. B. das Incident Management, gehören zu den Betriebsprozessen eines Unternehmens und werden zusammen mit Kerngeschäfts- und Führungsprozessen als Geschäftsprozesse eingeordnet. In der Literatur finden sich zahlreiche Definitionen für Geschäftsprozesse. In [Det04] werden Geschäftsprozesse folgendermaßen definiert.

Als Geschäftsprozess werden diejenigen sachlogisch zusammenhängenden und inhaltlich abgeschlossenen Aktivitäten und Funktionen bezeichnet, die der Realisierung der Unternehmensziele dienen und eine Wertschöpfung (= Wertzuwachs) erbringen. Ein Geschäftsprozess ist immer gleichzeitig ein Wertschöpfungsprozess.

Geschäftsprozesse haben unter anderem folgende Eigenschaften [Det04]:

- Sie haben einen eindeutigen Anfang und ein eindeutiges Ende .
- Sie sind auf ein Ziel fixiert .
- Geschäftsprozesse sollen ein Ergebnis erbringen .
- Sie bestehen aus einer Kette von Teilprozessen.
- Sie verursachen durch Ressourcenverbrauch Kosten.
- Sie beschreiben die Prozessakteure wie Lieferanten, Kunden oder sonstige Geschäftspartner und beziehen diese in den Ablauf mit ein .
- Sie können manuell oder (teil-) automatisch ablaufen.

Für den Entwurf, die Implementierung und die Ausführung von Geschäftsprozessen sind sorgfältige und übersichtliche Prozessdokumentationen unabdingbar. In einer Prozessbeschreibung werden Subprozesse, Aktivitäten, Regeln, Rollen und Aufgaben textuell erfasst. Diese informale Dokumentation bezieht sich auf der Phase der Strategieentwicklung bzw. der Planung des Prozesses und sind nicht ausreichend für die Steuerung des Prozesses und seinen korrekten Ablauf. Es existieren neben den informalen, auch semiformalen grafische Darstellungen zur Visualisierung sowie formalsprachliche Darstellungen zur Unterstützung von Simulation und Übertragung in ausführbaren Code [WIKI-GS].

Um eine präzisere Darstellung und eine Automatisierung der auszuführenden Arbeitsschritte eines Prozesses und deren richtige Abfolge im Zusammenhang mit zeitlichen und kausalen Abhängigkeiten zu erreichen, werden Workflows (dt. Arbeitsablauf) eingesetzt.

Definition: Workflow

The automation of a business process, in whole or part, during which documents, information or tasks are passed from one participant to another for action, according to a set of procedural rules [WMFGL99].

Mit Workflows wird der höchstmögliche Detaillierungsgrad erreicht, d. h. die elementaren Prozessschritte bzw. Aktivitäten können von einem Mitarbeiter an einem Arbeitsplatz oder von einem Computer ausgeführt werden und sind nicht mehr zerlegbar. Ein Geschäftsprozess kann dadurch (teil-) automatisiert werden und gemäß einem im System hinterlegten Ablauf abgewickelt werden. Ein Workflow beschreibt die technisch-operative Ebene eines Geschäftsprozesses (vgl. Abbildung 2.2). Workflows sind dennoch nicht nur ein Mittel zur Darstellung von Prozessen, ermöglichen auch die aktive Unterstützung des Prozessmanagements in seinen Aktivitäten wie Entwurf, Analyse, Umstrukturierung, Optimierung und Ausführung von Prozessen.

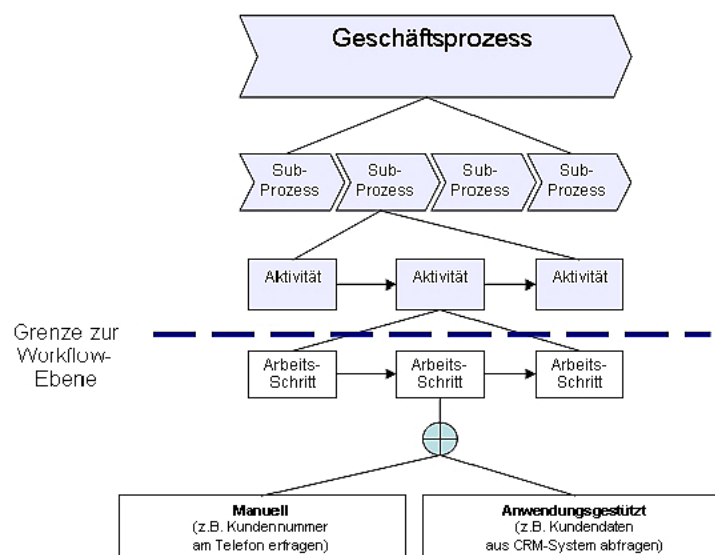


Abbildung 2.2: Geschäftsprozesse vs. Workflows [Fre04]

2 Grundlagen

Prozesse und Workflows haben drei unabhängige orthogonale Dimensionen. Die erste Dimension ist die *Prozesslogik* und beschreibt *was* zu tun ist: welche Aktivitäten auszuführen sind und in welcher Reihenfolge. Die zweite Dimension ist die *Organisation* und beschreibt die Organisationsstruktur hinsichtlich Abteilungen, Rollen und Akteure. Anhand dieser Information wird festgelegt *wer* eine einzelne Aufgabe oder ein Prozess abarbeitet. Die dritte Dimension ist die verwendete IT-Infrastruktur und umfasst *welche* IT-Ressourcen benötigt werden für die Prozessausführung. Somit entsteht ein drei dimensionales Workflow Raum W^3 (was,wer,welche) wie in Abbildung 2.3 dargestellt [LD99].

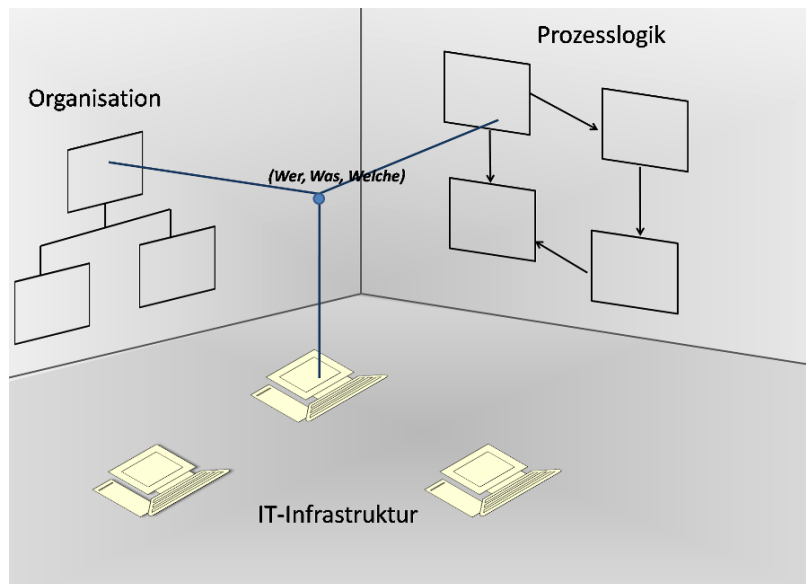


Abbildung 2.3: Workflows Dimensionen [LD99]

2.2.1 Workflow Struktur

In [WDP04] wird die Grundstruktur eines Workflows als eine Menge von logischen *Arbeitseinheiten* (tasks) oder auch Aktivitäten genannt, die zu einem gerichteten Graphen miteinander verbunden sind. (vgl. Abbildung 2.4).

Es werden vier verschiedenen Arten von Aktivitäten unterschieden: atomare, zusammengesetzte, mehrfach-instanzierbare und zusammengesetzte, mehrfach-instanzierbare Aktivitäten. Eine atomare Arbeitseinheit kann nicht in weiteren Arbeitseinheiten zerlegt werden und nur eine Instanz wird ausgeführt, wenn diese Aktivität initialisiert wird. Eine zusammengesetzte Aktivität ist eine komplexe Aktion, deren Implementierung ein *Sub-Workflow* entspricht. Wenn sie gestartet wird, wird die Workflow Kontrolle an die erste Sub-Workflow Aktivität übergeben. Nach der Beendigung des Sub-Workflows wird die Kontrolle wieder an die zusammengesetzte Aktivität zurückgegeben. In Abbildung 2.4 ist *C* eine zusammengesetzte Aktivität und *X*, *Y* und *Z* bilden den entsprechenden Sub-Workflow.

Eine mehrfach-instanzierbare Aktivität kann mehrere nebenläufige Instanzen innerhalb eines Workflows haben. Alle Instanzen sind unabhängig voneinander. Die nächste Aktivität im

Workflow wird nur dann initialisiert, wenn alle oder eine vordefinierte Anzahl der mehrfach-Instanzierbaren Aktivitäten beendet sind. In Abbildung 2.4 wird *D* nach *E* ausgeführt, wenn alle Instanzen von *E* beendet sind. Eine zusammengesetzte, mehrfach-Instanzierbare Aktivität ist die Kombination von den obigen zwei Konstrukten. Jedes Workflow Modell besitzt genau eine definierte Startaktivität und genau eine Endaktivität. Jede Aktivität wird einem Workflow Akteur zugeordnet. Eine Aktivität kann manuell, automatisch oder teil-automatisch ausgeführt werden in Abhängigkeit davon ob der zugeordneten Workflow Akteur ein Mensch oder ein Computer ist. Eine ausführende Instanz eines Workflows heißt *case* oder *Prozessinstanz*. Ein Beispiel für eine Instanz ist eine Schadenmeldung bei der Versicherung, ein Hypothekentrag oder ein Patient im Krankenhaus. Jede Instanz hat eine eindeutige Identität und eine begrenzte Lebenszeit. Die Lebenszeit einer Instanz beginnt z. B. bei der Schadensmeldung mit der Abgabe des Formulars und endet nach dem die Bearbeitung der Schadensmeldung abgeschlossen ist. Es können mehrere Instanzen gleichzeitig und unabhängig voneinander ausgeführt werden. Ähnliche Instanzen gehören zu einem Instanztyp. Eine Instanz hat zu jedem Zeitpunkt ihrer gesamten Laufzeit einen bestimmten Status. Dieser Status besteht aus Werten von Instanzattributen wie z. B. Variablen, Bedingungen, die während der Ausführung erfüllt werden müssen und externe Inhalte aus Dokumenten, Dateien oder Datenbanken.

Der Kontrollfluss innerhalb einer Prozessinstanz bestimmt welche Aktivitäten und in welcher Reihenfolge sie ausgeführt werden. Der Kontrollfluss zwischen den Aktivitäten wird durch einen durchgezogenen Pfeil dargestellt. Es gibt vier grundlegende Konstrukte [AH02]:

- sequenzielle Ausführung ist die einfachste Form des Kontrollflusses. Die Aktivitäten werden eine nach der anderen ausgeführt. Üblicherweise existieren klare Abhängigkeiten zwischen den Aktivitäten. Das Resultat einer Aktivität ist der Input der nächsten.
- parallele Ausführung bedeutet dass zwei oder mehreren Aktivitäten gleichzeitig und unabhängig voneinander ausgeführt werden. Die Aktivitäten werden durch ein AND-Split initialisiert und später nach dem alle beendet sind, werden sie durch ein AND-Join wieder synchronisiert.
- selektive Ausführung wird verwendet, wenn zwischen mehreren Aktivitäten ausgewählt werden kann. Die Auswahl zwischen Alternativen wird OR-Split genannt. Nach dem OR-Split werden eine, zwei oder alle der dargestellten Aktivitäten parallel ausgeführt, und der Ablauf wird nach dem OR-Join erst fortgesetzt, wenn alle begonnenen Aktivitäten beendet sind.
- im Idealfall werden Aktivitäten nur ein Mal pro Prozessinstanz ausgeführt. Wenn eine Aktivität oder ein Sub-Workflow wiederholt nacheinander ausgeführt werden sollte, dann spricht man von iterativer Ausführung durch ein Schleifenkonstrukt. Ein Schleifenkonstrukt hat entweder eine Vorbedingung oder eine Nachbedingung die entsprechend am Anfang oder am Ende evaluiert wird. Durch diese Bedingung wird bestimmt, ob die Ausführung wiederholt wird.

Der Datenfluss zwischen den Aktivitäten zeigt den Datenaustausch zwischen verbundenen Aktivitäten (strichpunktierter Pfeil). Kontrollfluss und Datenfluss können kombiniert werden [WDP04].

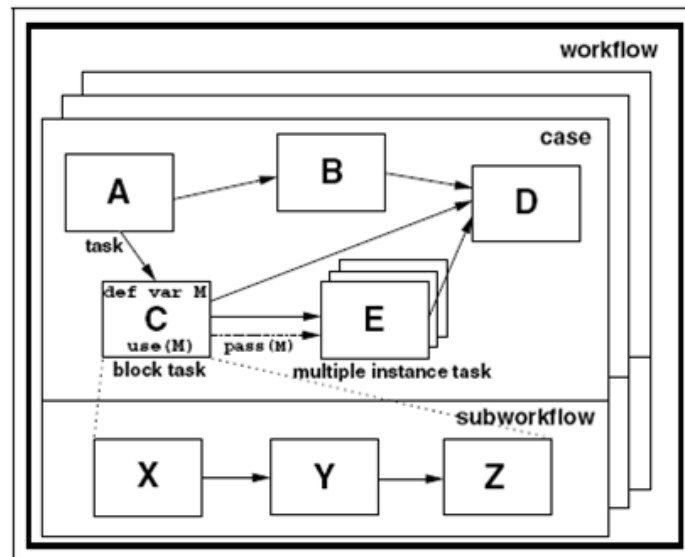


Abbildung 2.4: Struktur eines Workflows [WDP04]

2.2.2 Workflow Management und Entwurf

Die Modellierung, Spezifikation, Ausführung und Steuerung von Workflows sind die Hauptaufgaben des Workflow Managements mit dem Ziel, Geschäftsprozesse möglichst effizient und effektiv zu unterstützen und automatisieren. Dies erfolgt mittels Workflow Management Systemen (WFMS). Workflow Management Systeme werden als wichtige Middleware- Technologie bezeichnet. In der Literatur finden sich zahlreiche Definitionen und Beschreibungen eines WFMS. In [Koc97] wird eine etwas abstraktere Definition gegeben:

WFMS sind Systeme, die den Fluss der Arbeit (von Aufgaben), zwischen den einzelnen Teilnehmern steuern.

In [HSW97] werden verschiedene Vorgehensmodelle zur Entwicklung von Workflow- Anwendungen beschrieben. Dabei wird insbesondere untersucht, welche Aufgaben und Aktivitäten auszuführen sind, um ausgehend von einer konkreten betrieblichen Problemstellung zu einer effizienten und angemessenen Workflow-Anwendung zu gelangen. Der Entwicklungsprozess besteht unabhängig vom Vorgehensmodell aus fünf Phasen: Informationserhebung, Geschäftsprozessmodellierung, Workflow Modellierung, Workflow Spezifikation und Betrieb. Da der gesamte Entwicklungsprozess von Workflow Anwendungen über das Ziel dieser Diplomarbeit hinausgeht, werden nur die relevanten Phasen der Entwicklung beschrieben, nämlich die Informationserhebung, die Geschäftsprozessmodellierung und die Workflow Modellierung.

Informationserhebung

Ähnlich wie die Anforderungsanalyse in der Software Engineering, werden in dieser Phase unter Einsatz unterschiedlicher und der jeweiligen Anwendung angemessener Methoden und Techniken die Informationen der Anwendungsumgebung und der in ihr ablaufenden betrieblichen Prozesse erhoben, die für die Gestaltung betrieblicher Anwendungssysteme

und insbesondere für das Workflow-Management wichtig sind. In dieser Phase werden in der Regel nicht-formale Sprachen verwendet, und die erstellten Dokumentationen besitzen informalen Charakter [HSW97].

Geschäftsprozessmodellierung

Basierend auf den Ergebnissen der Informationserhebung werden in der Phase der Geschäftsprozessmodellierung diejenigen Sachverhalte untersucht, die zur Identifikation, Verbesserung und kontrollierten Ausführung von Geschäftsprozessen notwendig sind. Es werden unter anderem Aktivitäten und deren Bearbeitungsfolge festgelegt, Ereignisse, die die Durchführung von Aktivitäten beeinflussen, Rollen und Akteure werden identifiziert. In dieser Phase werden aus den zunächst noch informel beschriebenen Prozessen semi-formal beschriebene Geschäftsprozessmodelle erstellt [HSW97].

Workflow-Modellierung Während der Workflow-Modellierung werden aus Sicht des Workflow-Managements wichtige Aspekte hinzugefügt und die Beschreibungen der Prozesse werden möglichst verfeinert. So sind für teilautomatisiert bzw. automatisiert ausgeführte Prozesse eine Reihe von Zusatzinformationen notwendig, um das Ziel der kontrollierten Ausführung von Geschäftsprozessen zu erreichen [HSW97].

In dieser Phase werden die Workflow Aktivitäten definiert und das Geschäftsprozessmodell wird um folgende Informationen erweitert [Wit05]:

- die Ablaufdarstellung des Workflows
- die zu verwendeten Anwendungen und Systeme
- beteiligte Organisationseinheiten, Personen und deren Rollen und Vertretungen
- die im Workflow zu bearbeitende Daten
- benötigte Masken

Die Workflow Modellierung kann als ein systematischer, methodischer Vorgang betrachtet werden, also als eine Konstruktion, die bestimmten Regeln und Randbedingungen unterliegt. Die Eingabe der Konstruktion ist der zu modellierende Prozess. Das Konstruktionsmittel heißt Workflow-Sprache und das Ergebnis der Konstruktion ist ein Workflow-Schema in eine formale und maschinenlesbare Form oder ein Workflow Modell mit grafischer Darstellung [JBS97].

In [Wit05] wird der Unterschied zwischen der Geschäftsprozessmodellierung und die Workflow Modellierung folgendermaßen zusammengefasst:

Geschäftsprozessmodelle werden in erster Linie von Menschen zu Menschen erstellt, um die Diskussion von Geschäftsprozessen zu ermöglichen. Auch Workflow Modelle werden in erster Linie von Menschen zu Menschen erstellt, um die (teil-)automatisierte Unterstützung diskutieren zu können.

Diese drei Phasen sind der erste Teil des Entwicklungsprozesses. Es folgt nach der Workflow Modellierung in der Regel die Phase der Workflow-Spezifikation, in der die technische Implementierung erfolgt. Die Implementierung der Workflows basiert auf den Dokumente aus

der Workflow-Modellierung. Die letzte Phase ist der Betrieb und stellt die Nutzungsphase der Workflow Anwendung dar.

2.3 Workflow Sprachen

Eine Workflow-Sprache ist eine Modellierungssprache, mit deren Hilfe das Modell eines Arbeitsablaufs erstellt wird, um relevante Informationen für die Prozessausführung möglichst detailliert abzubilden. Eine Workflow-Sprache besitzt eine grafische Notation für das Erstellen des Workflow-Modells und/oder einer maschinenlesbaren Notation, oft in XML Syntax. Mit der Workflow Sprache können z. B. Datentypen, Organisationsstruktur, Kontrollfluss und die Administrationsmöglichkeiten einer Workflow-Management-Anwendung dargestellt werden. Der Sprachumfang zusammen mit der Ausführungssemantik legt die Menge der abbildbaren Vorgänge der realen Welt fest.

Für die Workflow-Modellierung und Evaluierung in dieser Arbeit wurden die drei Sprachen UML Aktivitätsdiagramme, BPMN und YAWL wegen deren breite Anwendung, Standardisierung und vorhandenen Untersuchungen bezüglich der Modellierung von Workflows. UML und BPMN wurden von v.d. Aalst bereits auf die Eignung zur Workflow Modellierung untersucht. YAWL wurde speziell zur Spezifikation und Modellierung von Workflows entwickelt.

2.3.1 Eigenschaften von Modellierungssprachen

Eine Modellierungssprache besteht aus einer Menge von Symbolen, einer Syntax und einer Semantik. Die Syntax beschreibt die zulässige Anordnung der Symbole. Des Weiteren kann zwischen abstrakter und konkreter Syntax unterschieden werden. Die abstrakte Syntax beschränkt sich auf die Beschreibung der verfügbaren Symbolmengen sowie den darauf aufbauenden Anordnungsregeln. Mit der konkreten Syntax, auch Notation genannt, wird das konkrete Aussehen der Symbole festgelegt. Eine Modellierungssprache hat eine abstrakte Syntax, kann aber über mehrere Notationen verfügen. Die Semantik beschreibt einerseits die Bedeutung der verfügbaren Symbole, z.B. durch eine (extensionale) Festlegung der durch sie repräsentierten Mengen, andererseits kann sie die Syntax ergänzen, indem sie syntaktisch korrekte Konstruktionen als semantisch unzulässig kennzeichnet [FVL03].

Bei vereinfachter Betrachtung können drei Klassen von Modellierungssprachen bezüglich deren Formalisierungsgraden unterschieden werden: formale, semi-formale und informale. In den verschiedenen Phasen und Bereichen des Workflow-Managements werden allgemein alle drei Klassen verwendet (vgl. Abschnitt 2.2.2). Eine informale Modellierungssprache stellt lediglich eine Menge von Symbolen bereit. Zu Syntax und Semantik werden keine expliziten Angaben gemacht. Ein Beispiel für eine informale Sprache ist die natürliche Sprache und nicht standardisierten Grafiken. Informale textuelle Beschreibungen werden bei der Prozessmodellierung für Erläuterungen verwendet [FVL03].

Eine semi-formale Modellierungssprache hat eine eindeutig festgelegte Symbolmenge und eine wenigstens in Teilen eindeutig festgelegten Syntax. Semi-formale grafische Darstellun-

gen werden z.B. zur Visualisierung von Prozessen verwendet. Die Beschreibung der Semantik ist elementar und nicht vollständig formalisiert. Die Formalisierung kann sich z. B. auf die verwendeten Symbole und deren Kombinationsmöglichkeiten beziehen. Eine formale Modellierungssprache besteht aus einer eindeutig festgelegten Menge von Symbolen, deren Semantik eindeutig, vollständig und widerspruchsfrei festgelegt ist. Eine formalsprachliche Darstellung wird zur Unterstützung von Simulation und Übertragung in ausführbaren Code verwendet [FVL03].

Aufgrund der verschiedenen Formalitätsgrade der Notationen einer Modellierungssprache und deren Verwendungszwecke kann die Beschreibung einer Workflow Sprache folgendermaßen zusammengefasst werden:

Eine Workflow Sprache besitzt eine semi-formale Notation zur grafischen Darstellung eines Prozessmodells und eine formale Spezifikation für die computer-gestützte Ausführung des Modells.

2.3.2 UML

Die Unified Modeling Language (UML) ist eine semi-formale Modellierungssprache UML findet Anwendung in der objektorientierten Software Entwicklung, Prozessmodellierung, beim Dokumentieren von existierenden Systemen, Prozessen oder Organisationen. Entwickelt wurde die UML von Grady Boch, Ivar Jacobsen und Jim Rumbaugh und wurde 1997 von der Object Management Group (OMG) als UML v1.1 standardisiert. Nach zahlreichen Änderungen und Erweiterungen wurde die UML 2 im Jahr 2005 freigegeben. Die aktuelle Version ist 2.1.1. Die nachfolgende Beschreibung von UML und Aktivitätsdiagramme lehnt sich an [SIA05], wenn nicht anders gekennzeichnet.

UML ist eine visuelle Modellierungssprache: Alles in UML wird grafisch dargestellt. Die Elemente von UML sind Diagramme, unterteilt in zwei Kategorien: strukturbeschreibende und verhaltensbeschreibende Diagramme. UML ist keine Modellierungsmethode, sondern eine Sprache mit Syntax und Semantik. Sie beinhaltet nicht nur Regeln, wie Elemente innerhalb eines Diagrammes zusammengesetzt werden dürfen, sondern beschreibt auch den Kontext und die Bedeutung der involvierten Elemente. Die Strukturdiagramme sind:

- **Klassendiagramme** verwenden Klassen und Schnittstellen zum Erfassen von Details über die Einheiten, aus denen sich das System zusammenstellt, und die statischen Beziehungen zwischen diesen.
- **Komponentendiagramme** zeigen die involvierten Systemkomponenten ohne Implementierungsdetails und die Abhängigkeiten zwischen den Komponenten. Sie gruppieren kleinere Elemente wie Klassen in größeren einsetzbaren und ausführbaren Teilen.
- **Kompositionsstrukturdiagramme** verbinden Klassen- und Komponentendiagramme und veranschaulichen komplexe Zusammenhänge zwischen den Elementen auf einer höheren Abstraktionsebene.
- **Verteilungsdiagramme** modellieren die Zuordnung von Teilen der Software zum Teilen der Hardware, die ein System ausführen soll.

2 Grundlagen

- **Packetdiagramme** sind ein spezieller Typ von Klassendiagrammen, fokussieren jedoch auf die Gruppierung von Klassen und Schnittstellen.
- **Objektdiagramme** verwenden die gleiche Notation wie Klassendiagrammen und zeigen wie Klasseninstanzen zu einem bestimmten Zeitpunkt der Ausführung in Beziehung zueinander stehen.

Die Verhaltensdiagramme fokussieren auf das Verhalten der einzelnen Elemente eines Systems. Sie werden verwendet unter anderem für die Erfassung von Anforderungen, Beschreibung von Abläufen und Prozessen, Zustandsänderungen und Wechselwirkungen zwischen Elementen. Die Verhaltensdiagramme sind:

- **Aktivitätsdiagramme** zeigen die dynamischen Aspekte des modellierten Systems. Ein Aktivitätsdiagramm stellt die Vernetzung von elementaren Aktionen und deren Verbindungen mit Kontroll- und Datenflüssen grafisch dar [Wiki b].
- **Interaktionsübersichtsdiagramme** sind vereinfachte Aktivitätsdiagramme und veranschaulichen welche Elemente an der Ausführung einer Aktivität beteiligt sind.
- **Kommunikationsdiagramme** sind eine Art Interaktionsdiagramme und fokussieren auf die involvierten Elemente in einem bestimmten Verhalten und welche Nachrichten ausgetauscht werden.
- **Sequenzdiagramme** sind eine Art Interaktionsdiagramme und zeigen den Typ und die Anordnung von Nachrichten während einer Interaktion.
- **Zustandsdiagramme** veranschaulichen den internen Zustand eines Systemelements und werden üblicherweise bei der Modellierung eingebetteten Systeme und Protokolle verwendet.
- **Zeitverlaufdiagramme** sind eine Art Interaktionsdiagramme und stellen die zeitliche Spezifikationen für Nachrichten dar. Durch diese Diagramme wird angegeben wie lange ein System Nachrichten bearbeitet und auf Nachrichten antwortet.
- **Anwendungsfalldiagramme** erfassen die funktionalen Anforderungen eines Systems und verschaffen eine implementierungsunabhängige Sicht auf das System und sein erwartetes Verhalten.

Die Grenzen zwischen den dreizehn Diagrammtypen sind nicht eindeutig definiert, so wie diese Klassifizierung vermuten lässt. Die UML2 verbietet nicht, dass ein Diagramm grafische Elemente enthalten darf, die eigentlich zu einem anderen Diagrammtyp gehören. Es ist sogar denkbar, dass Elemente aus einem Strukturdiagramm und aus einem Verhaltensdiagramm auf dem gleichen Diagramm dargestellt werden, wenn damit eine besonders treffende Aussage zu einem Modell erreicht wird [Wiki a].

Aktivitätsdiagramme

In dieser Arbeit findet im Bezug auf Prozess- und Workflowmodellierung nur das Aktivitätsdiagramm Anwendung. UML Aktivitätsdiagramme sind nicht nur für die Darstellung

von Prozessen und Anwendungsfälle im Softwareentwicklungsumfeld vorgesehen. Aktivitätsdiagramme beschreiben Aktivitäten, die sich aus elementaren Aktionen zusammensetzen. Sie ermöglichen die Modellierung von fast jeder Art Verhaltensmodellierung, wie Geschäftsprozessen und Workflows. Sie basieren unter anderem auf Zustandsdiagrammen, Flussdiagrammen und Petrinetzen. Durch zahlreiche Sprachkonstrukte können sehr komplexe Arbeitsabläufe verständlich und übersichtlich abgebildet werden. In Abbildung 2.5 sind die Basiselemente der Aktivitätsdiagramme abgebildet.

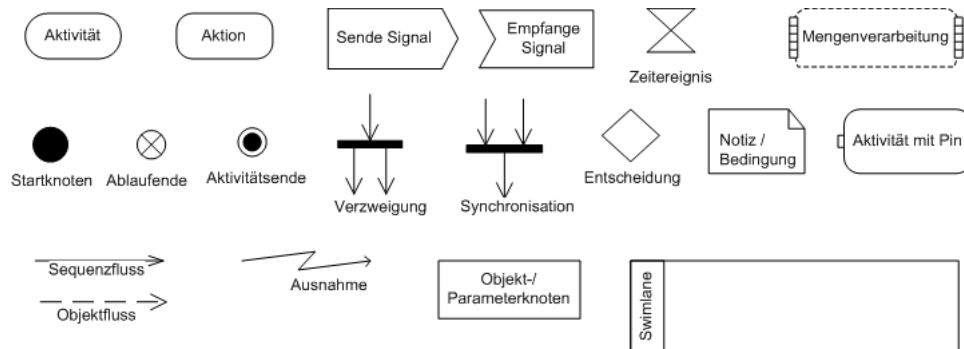


Abbildung 2.5: Elemente des Aktivitätsdiagrammes

Aktionen und Aktivitäten

Eine Aktivität ist ein Zustand mit einer internen Aktion und einer oder mehreren ausgehenden Transitionen. Sie stellt einen einzelnen Schritt im Aktivitätsdiagramm dar. Wenn eine ausgehende Transition nicht explizit durch ein Ereignis ausgelöst wird, dann wird sie, wie bei einem Zustandsdiagramm, durch die Beendigung der internen Aktion ausgelöst. Aktivitäten in UML lassen sich hierarchisch schachteln, d. h., eine Aktivität kann wiederum aus mehreren Aktivitäten bestehen, die durch ein eigenes Aktivitätsdiagramm dargestellt werden [Bra02]. Aktivitäten können lokale Vor- und Nachbedingungen haben, die wahr sein müssen, damit die Aktivität ausgeführt wird oder nachdem sie abgeschlossen ist beendet wird. In Beispiel 2.7 stellt das abgerundete Rechteck eine Aktivität dar. Das gesamte Diagramm könnte auch als eine zusammengesetzte Aktivität interpretiert werden und in einem anderen Prozess eingebunden werden.

Kanten

Kanten spezifizieren wie der *Kontrollfluss* und der *Objektfluss* zwischen den Aktivitäten verlaufen. Aktionen, die nicht durch Kanten geordnet sind, können nebenläufig ablaufen. Der Kontrollfluss modelliert, wie die Ablaufsteuerung zwischen den Aktionen übergeben wird. Der Objektfluss steuert den Austausch von Informationen und Datenobjekte. Der Kontrollfluss und der Datenfluss werden durch Tokens realisiert. Tokens sind Informationen, die sich an einer Kante entlang bewegen. Zudem werden Tokens als Eingabe und Ausgabe für Aktionen verwendet, die die Ausführung einer Aktion anstoßen.

Aktivitätsknoten

Um verschiedene Arten von Informationsfluss in UML zu modellieren, werden Aktivitätsknoten verwendet. Mit Parameterknoten werden die Daten, die an einer Aktion übergeben

werden modelliert, mit Objektknoten werden komplexere Typen von Daten dargestellt. Entscheidungen, Nebenläufigkeit und Synchronisierung innerhalb eines Aktivitätsdiagrammes werden mittels Kontrollknoten modelliert. Zudem gibt in UML explizite Symbole für Start und Endknoten.

Rollen und Profile

Aktivitätsdiagramme beinhalten das Konzept von Partitionen bzw. Verantwortlichkeitsbereichen, mit denen die Aktivitäten bestimmten Elementen oder Strukturen zugeordnet werden können. Im speziellen Fall der Geschäftsprozessmodellierung können mithilfe der Verantwortlichkeitsbereiche auch Organisationsstrukturen und Rollen abgebildet werden. Partitionen werden als Schwimmbahnen dargestellt.

Ausnahmebehandlung

Aktivitätsdiagramme ermöglichen die Modellierung von Ausnahmebehandlungen (exception handling). Fehlerbedingungen, die während der Ausführung einer Aktivität eintreten, werden durch eine vordefinierte Ausnahmebehandlung abgefangen. Die Ausnahmebehandlung definiert ein Verhalten, das ausgeführt wird, wenn eine Ausnahme abgefangen wird.

Schleifenkonstrukte

UML 2.0 definiert ein Sprachkonstrukt für die Modellierung von Schleifen innerhalb Aktivitätsdiagramme. Eine Schleife besteht aus drei Teilbereichen: *Setup*, *Body* und *Test* (vgl. Abbildung 2.6). Der Test Teilbereich kann vor oder nach der Body Teilbereich ausgewertet werden. Setup wird am Anfang ein mal ausgeführt. Der Body Bereich wird so oft ausgeführt, bis der Test *false* ergibt.



Abbildung 2.6: Beispiel für ein Schleifenkonstrukt

Mengenverarbeitungsbereich Ein Mengenverarbeitungsbereich (Expansion Region) enthält Aktivitäten oder Aktionen, die über eine Menge von Eingabedaten mehrfach ausgeführt werden. Die Art der Ausführung kann durch die Schlüsselwörter bestimmt werden: *parallel* für die nebenläufige und gleichzeitige Ausführung, *iterative* für die sequenzielle, oder *stream* für die fortlaufende Ausführung.

In Abbildung 2.7 ist ein einfaches Beispiel für einen Bestellprozess als UML Aktivitätsdiagramm dargestellt.

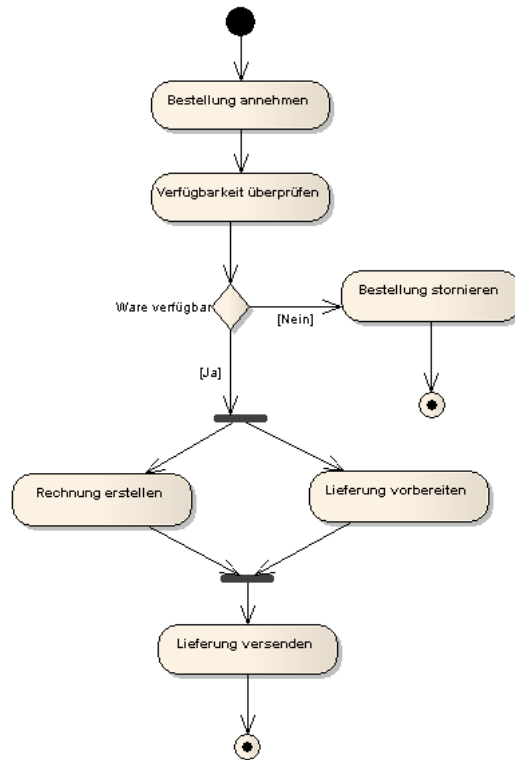


Abbildung 2.7: Beispiel für ein Aktivitätsdiagramm

2.3.3 BPMN

Die Business Process Modeling Notation (BPMN) ist eine standardisierte grafische Notation für die Darstellung von Geschäftsprozessen. BPMN wurde von der Business Process Management Initiative (BPMI) entwickelt und wird derzeit von der Object Management Group (OMG) weitergeführt, nachdem beide Organisationen im Jahr 2005 fusionierten. Die aktuelle Version von BPMN ist 1.0 und die nächste vorgeschlagene Version ist 2.0 [WIKI-BP].

Das primäre Ziel von BPMN ist die Unterstützung aller Prozessbeteiligten mit einer leicht verständlichen Notation für die Prozessmodellierung. Im Unterschied zu früheren Modellierungsformen für Geschäftsprozesse ermöglicht BPMN die direkte Anbindung an Ausführungssprachen wie BPML und BPEL4WS. BPMN stellt somit eine standardisierte Brücke zwischen Prozessentwurf und der technischen Implementierung und Ausführung dar [Whi04].

BPMN beschränkt sich auf den Support von Modellierungskonzepten, die nur auf Geschäftsprozessen anwendbar sind. Folgende Aspekte werden von BPMN nicht unterstützt:

- Organisationsstrukturen und Ressourcen: die Beziehungen zwischen den involvierten Organisationseinheiten und Entitäten.
- funktionale Gliederung des Unternehmens oder der Organisation: z. B. die Aufteilung nach Betrieb, Produktion und welche Auswirkung auf die funktionale Gliederung die Geschäftsprozesse haben.
- Datenmodelle: Strukturierung und Organisation von Daten innerhalb des Prozesses .

Elemente in BPMN

Die Modellierung mit BPMN erfolgt mittels einfachen Diagrammen mit einer kleinen Menge von grafischen Elementen. Sie sollten den Datenfluss und Prozess möglichst einfach halten, jedoch eine flexible Gestaltung von komplexen Zusammenhängen erlauben. Es gibt vier grundlegende Kategorien von Elementen:

- **Verbindungsobjekte** sind Sequenzfluss, Nachrichtenfluss und Assoziationen (vgl. Abbildung 2.8).

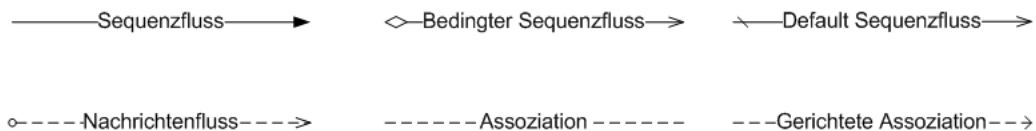


Abbildung 2.8: Verbindungsobjekte in BPMN

- **Flussobjekte** sind die Knoten in den Geschäftsprozessdiagrammen (vgl. Abbildung 2.9): Ereignisse, Aktivitäten und Tore (Aktivitätenknoten).

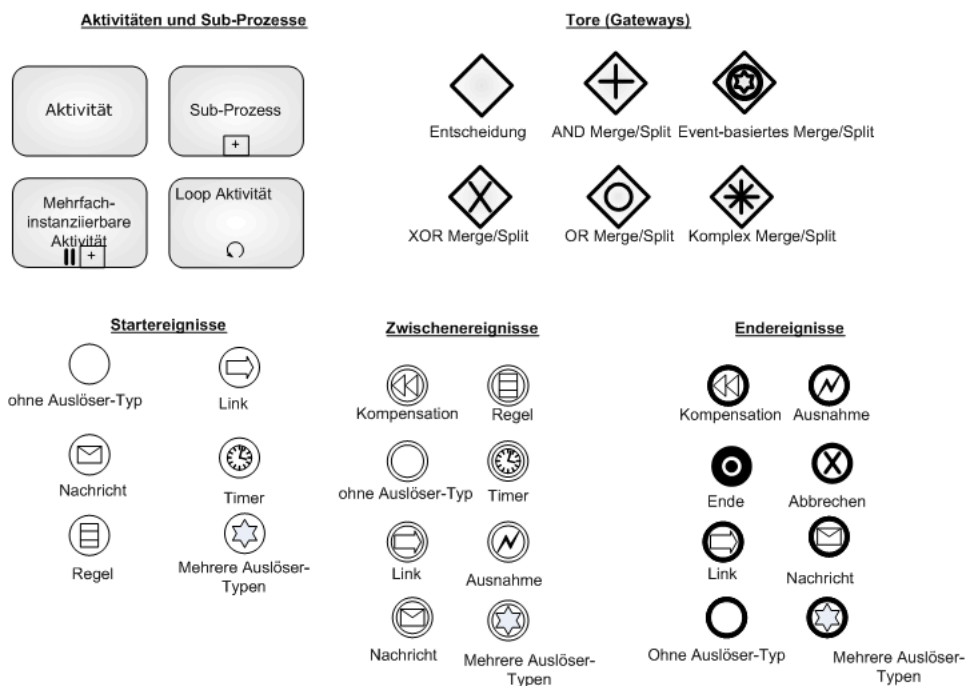


Abbildung 2.9: Flussobjekte in BPMN

- **Container:** Pools und Lanes für die Darstellung von Akteure, Rollen, Verantwortlichkeiten und Systeme (vgl. Abbildung 2.10).
- **Artefakte** zur Darstellung von Daten, Objekte, Gruppen und Anmerkungen und Kommentare (vgl. Abbildung 2.11).

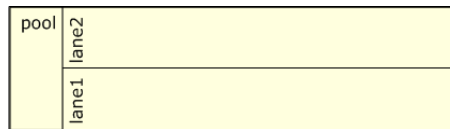


Abbildung 2.10: Kontainer: Pools und Lanes



Abbildung 2.11: Artefakte in BPMN

Zusätzlich zu den genannten Gruppen von Sprachelementen stehen dem Modellierer noch Regeln zur Verfügung, die das reguläre Zusammenfügen von Elementen beschreiben. Sie gewährleisten den syntaktisch fehlerfreien Aufbau eines Geschäftsprozesses [Jus06]. BPMN sollte mehreren Arten von Modellen abdecken und den Entwurf von End-To-End Geschäftsprozessen zu ermöglichen. Innerhalb eines End-To-End BPMN Modell unterscheidet man drei grundlegende Strukturtypen [Whi04]:

- Private (interne) Geschäftsprozesse: Private Prozesse sind die Prozesse innerhalb einer Organisation ohne äußere Schnittstellen. Die Ablaufkette des Prozesses befindet sich innerhalb einer Schwimmbahn und kann über ihre Grenzen nicht hinausgehen. Der Nachrichtenfluss dagegen kann die Grenzen eines Pools überschreiten, um die Interaktionen zwischen einzelnen Pools darzustellen. In Abbildung 2.12 ist ein Beispiel für einen privaten Prozess dargestellt.

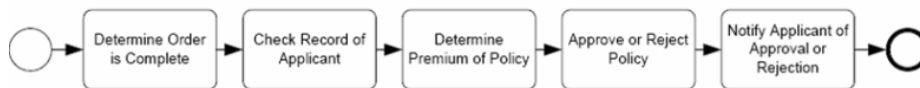


Abbildung 2.12: BPMN Privater Prozess [Whi04]

- Abstrakte (öffentliche) Prozesse (vgl. Abbildung 2.13 repräsentieren die Interaktionen zwischen privaten Prozessen und sonstigen Prozessen oder Elementen des Modells. In einem abstrakten Prozess sind nur die Aktivitäten enthalten, die mit der äußeren Welt kommunizieren. Alle anderen internen Aktivitäten sind nicht aufgezeigt.
- Kollaborationsprozesse (globale Prozesse) beschreiben die Interaktionen zwischen zwei oder mehreren Entitäten (vgl. Abbildung 2.14. Diese Interaktionen sind als eine Folge von Aktivitäten definiert, die den Nachrichtenaustausch zwischen den involvierten Entitäten repräsentieren. Ein Kollaborationsprozess besteht aus zwei oder mehreren abstrakten Prozessen, die miteinander kommunizieren.

Durch die Kombination der drei oben genannten Untermodelle können viele verschiedene Geschäftsprozessdiagramme je nach Verwendungszweck (BPD, Business Process Diagram) erstellt werden. Es wird jedoch davon abgeraten, bei der Modellierung viele verschiedene Diagrammtypen miteinander zu verbinden, da schwer verständliche Modelle entstehen

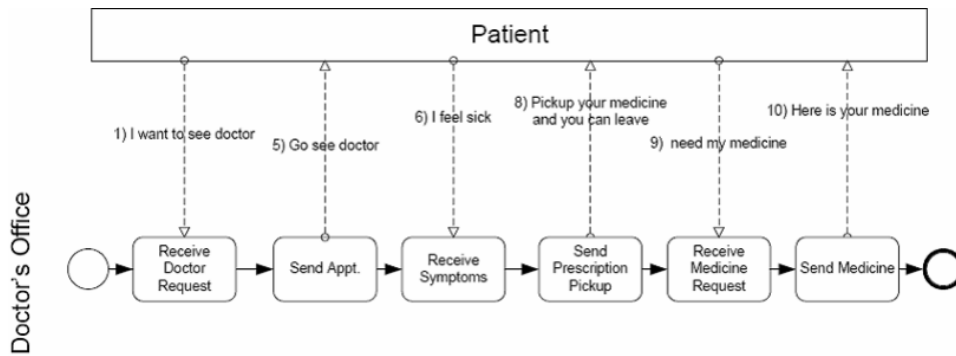


Abbildung 2.13: Abstrakter Prozess in BPMN [Whi04]

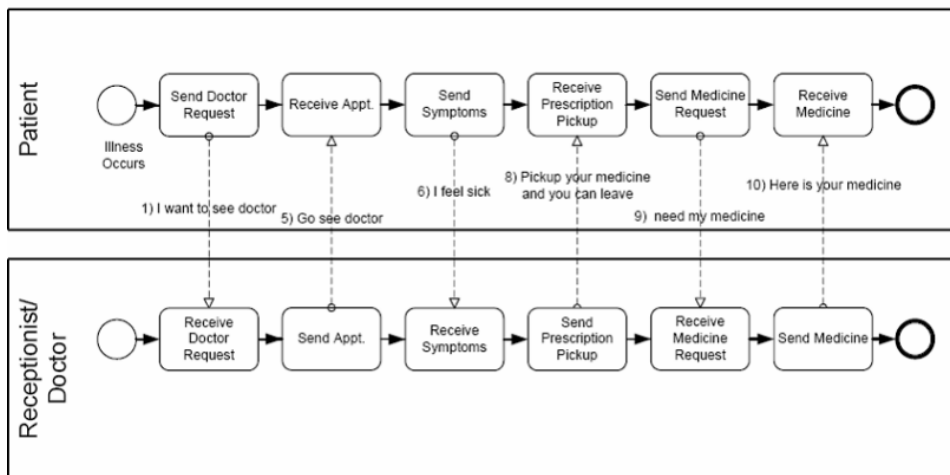


Abbildung 2.14: BPMN Kollaborationsprozess [Whi04]

[Whi04].

2.3.4 YAWL

YAWL steht für Yet Another Workflow Language und ist eine Sprache zur Spezifikation von Kontrollfluss und Datenfluss in Workflow Systemen. YAWL entstand als akademischer Prototyp an der Eindhoven University of Technology, Niederlande und ihre Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen. Aufgrund Mangel an formalen Grundlagen und wohlbegründeten Standards für Workflow Systeme und Sprachen wurden bei der Entwicklung von YAWL mehr als 30 Workflow Sprachen und Systeme analysiert. Die Sprache basiert auf dem theoretischen Ansatz von Petri Netzen, ist jedoch eine komplett neue Sprache mit eigener Semantik. Ihr Ziel ist die Überwindung der Einschränkungen sowohl der Workflow-Sprachen als auch der Petrinetze bezüglich einiger Workflow-Patterns.

Die Workflow Patterns wurden auch an der Eindhoven University of Technology von Prof. Win van der Aalst und Co. erarbeitet und im Jahr 2002 veröffentlicht. Die Patterns beschreiben regelmäßig auftretende Szenarien im Kontrollfluss von Prozessen und werden

dazu verwendet, vorhandene Sprachen miteinander zu vergleichen und neue Anforderungen unabhängig von einer konkreten Sprache formulieren zu können.

Struktur der Sprache

Eine Workflow-Spezifikation in YAWL kann mittels einer grafischen Notation dargestellt werden und mit XML Syntax wird der ausführbare Code beschrieben. Die Transformation zwischen den beiden Notationen erfolgt mittels des YAWL-Systems. Workflow-Spezifikationen (Abb. 2.15) bestehen aus einer Menge von Prozessdefinitionen. Jede Prozessdefinition besteht aus *tasks* und *conditions* und besitzt eine eindeutige *input condition* und eine eindeutige *output condition*. Tasks können entweder *atomic tasks* oder *composite tasks* sein und können mehrfache Instanzen haben [Gro05].

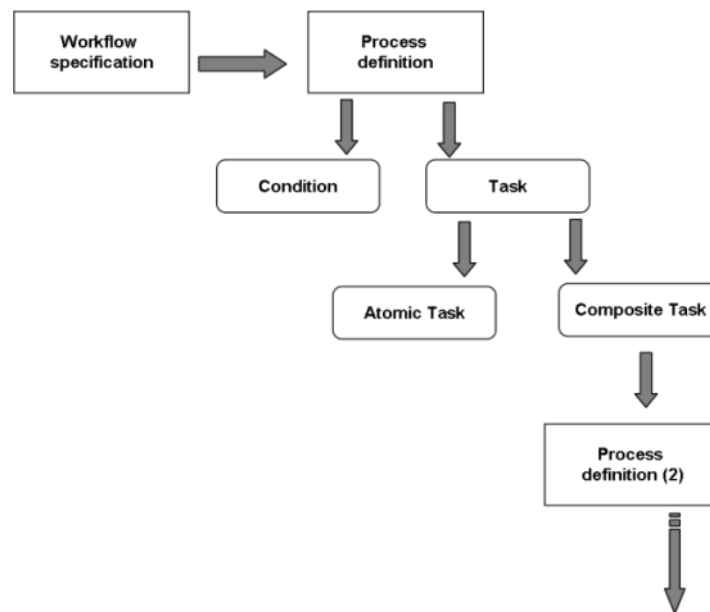


Abbildung 2.15: Struktur von YAWL [Gro05]

In Abbildung 2.16 sind die grafischen Notationselemente von YAWL abgebildet. Im Folgenden werden diese kurz beschrieben [YAW06]:

- **Input Condition** ist die Eingangsbedingung bei welcher der Prozess startet.
- **Output Condition** ist die Ausgangsbedingung bei welcher der Prozess beendet wird.
- **Condition** repräsentiert einen Zustand in einem Prozess.
- Ein **Atomic Task** ist eine atomare Aktivität die von einem Menschen oder einer externen Anwendung ausgeführt wird.
- **XOR-Join** aktiviert ein Task, wenn eine eingehende Kante aktiviert wird.
- **AND-Join** aktiviert ein Task, wenn alle eingehenden Kanten aktiviert sind.

2 Grundlagen

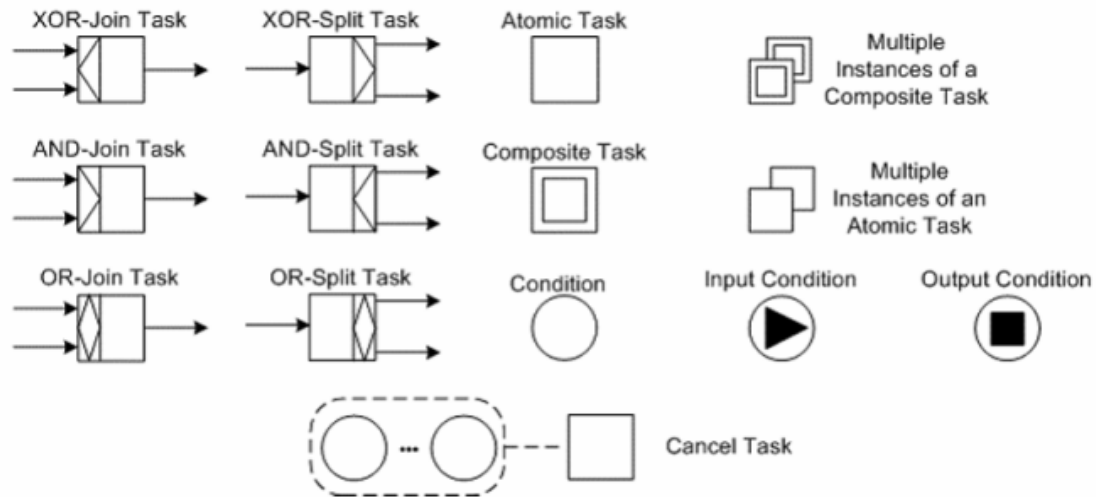


Abbildung 2.16: Notationselemente von YAWL [AADH03]

- **OR-Join** aktiviert ein Task, wenn eine oder mehrere eingehende Kanten aktiviert werden.
- **XOR-Split** aktiviert ein ausgehende Kante nach der Beendigung des Tasks.
- **AND-Split** aktiviert alle ausgehenden Kanten nach der Beendigung des Tasks.
- **OR-Split** aktiviert eine oder mehrere ausgehende Kanten nach der Beendigung des Tasks.
- Ein **Composite Task** ist ein Container für einen weiteren YAWL-Prozess und ermöglicht somit ein Dekompositionsmechanismus.
- **Multiple Instances of an Atomic Task** ermöglicht mehrere Instanzen eines Atomic Tasks, welche nebenläufig arbeiten. Es ist dabei möglich die minimale und maximale Anzahl der Tasks festzulegen sowie einem Schwellwert. Haben entsprechend diesem Schwellwert genügend Tasks ihre Arbeit beendet, wird der gesamte Task mit allen noch laufenden Instanzen beendet. Weiterhin können weitere Instanzen zur Laufzeit erzeugt werden.
- **Multiple Instances of a Composite Task** hat die gleiche Funktion wie bei mehreren Instanzen des Atomic Task, jedoch für Composite Tasks.
- Bei der Aktivierung von einem **Cancel Task** werden alle anderen Tasks oder Conditions, die sich in der markierten Region befinden, deaktiviert.

In Abbildung 2.16 ist ein Beispiel für eine Reisereservierung als YAWL Prozessdiagramm dargestellt.

delegiert werden. Weiterhin können hier Aufgaben angenommen oder das Fertigstellen von Aufgaben signalisiert werden.

- Der **Web Services Broker** bildet die Schnittstelle zwischen der YAWL-Engine Interoperability Broker.
- Der **Interoperability Broker** ist ein Dienst, der verschiedene Workflow Engines miteinander verbindet. So könnte z. B. eine Aktivität an eine weitere YAWL-Engine delegiert werden, in der diese Aktivität durch einen eigenen Prozess abgearbeitet wird.
- **Benutzerdefiniertes YAWL Dienst** verbindet die YAWL - Engine mit weiteren Diensten der lokalen Geschäftsumgebung. Es könnte ein eigener Worklist - Handler oder ein zusätzlicher Dienst sein, der eine Verbindung zu mobilen Kommunikationsgeräten herstellt.

2.4 Multi-Domain Umgebungen

Die Organisation ist die zweite Prozess Dimension und einer der zentralen Aspekte dieser Arbeit: Multi-Domain Umgebungen als besondere Organisationsform. Multi-Domain-Umgebungen stellen eine kooperative Vernetzung von Domänen dar. Eine Domäne ist definiert als eine Menge von Netzwerk Elementen (Ausrüstung und Verbindungen) verwaltet von einem autonomen System und einer Institution [DEL07]. Vernetzte Domänen, die gemeinsame Unternehmungen und Ziele haben, jedoch nicht immer in einer hierarchischen Beziehung zueinanderstehen, bilden eine Art virtuelle Organisation zusammen.

Ein besonderes Charakteristikum von Multi-Domain Umgebungen ist die Autonomie. Unter dem Begriff Autonomie versteht man Unabhängigkeit, Selbstverwaltung und Selbstständigkeit. Autonomie liegt vor, wenn die Beziehungen und Interaktionen, die ein System als Einheit definieren, nur das System selbst involvieren und keine anderen Systeme. Autonome Systeme steuern und gestalten sich innerhalb der vorhandenen Handlungsspielräume aus sich selbst heraus, sind aber dennoch in ihre Umwelt eingebettet [MUE97].

Das Gegenstück zu einer konventionellen hierarchischen Organisationsstruktur ist die Heterarchie. Darin stehen die Organisationseinheiten nicht in einem Über- und Unterordnungsverhältnis, sondern mehr oder weniger gleichberechtigt nebeneinander. Heterarchie steht für Selbststeuerung und Selbstbestimmung und betont dezentrale und bottom-up Entscheidungen [WIKI-HET]. Die Autonomie der einzelnen Organisationseinheiten wird dort begrenzt, wo dauerhafte und langfristige Austauschbeziehungen zur Erreichung gemeinsamer Ziele und Ausführung gemeinsamer Prozesse verhindert werden. In diesem Zusammenhang ist die Bindung an gemeinsame Normen und Werten wie Selbstbeschränkung, Vertrauen und Kooperation notwendig [Wic99]. Die heterarchische Organisationsstruktur hat überdimensionale Auswirkungen zur Folge sowohl auf die Prozesslogik als auch auf die verwendete IT-Infrastruktur der Prozesse in Multi-Domain Umgebungen. Wie sich spezifische Kennzeichen dieser Organisationsform bei der Modellierung der Prozesse auswirken, werden in den nächsten Kapiteln untersucht. Die Voraussetzungen für die (teil-)automatisierte Prozessausführung, in einer möglicherweise heterogenen IT-Landschaft, und wie die un-

terstützende IT-Infrastruktur zu gestalten ist, werden in dieser Arbeit dennoch nicht betrachtet.

3 Szenario

Als Fallbeispiel für eine Multi-Domain Umgebung in dieser Arbeit dient das Wissenschaftsnetz GÉANT2. Die Erreichung der gemeinsamen Ziele der kooperierenden Domänen erfordert die Ausführung bestimmter Aktivitäten. Eine systematische Ordnung, Gruppierung der Aktivitäten und die Zuordnung von Rollen sind unabdingbar im Hinblick auf die Koordination, die richtige Aufgabenverteilung und Ausführungsfolge der Aktivitäten. Die Prozesse in Multi-Domain Umgebungen sind organisationsübergreifend, d.h. es sind mehrere unabhängige Organisationseinheiten daran beteiligt. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden sie Inter-Domain Prozesse genannt. Um die Qualität der Inter-Domain Prozesse innerhalb einer heterarchischen Multi-Domain Umgebung zu gewährleisten müssen bei der Prozessmodellierung spezifische Merkmale berücksichtigt werden und eine Reihe an Herausforderungen bewältigt werden.

In den nächsten Abschnitten dieses Kapitels wird das Wissenschaftsnetz GÉANT2 und zwei Beispiele für bereits in Betriebsdokumenten beschriebenen und zum Teil eingeführten Inter-Domain Prozesse vorgestellt. Diese werden als Grundlage für Anforderungs- und Problemanalyse für die Prozessmodellierung in Multi-Domain Umfeld verwendet.

3.1 GÉANT2

GÉANT2 ist die siebente Generation des pan-europäischen Wissenschafts- und Forschungsnetzes und der Nachfolger des europäischen multi-Gigabit Forschungsnetzes GÉANT. Das GÉANT2 Netz verbindet 30 europäische Wissenschaftsnetze (NREN - National Research Educational Network) in über 34 Ländern und bietet die fortgeschrittensten Services und die größte geographische Reichweite im Vergleich zu ähnlichen Netzen. Das Projekt wurde von der Europäischen Union und den nationalen Forschungs- und Wissenschaftsnetzen gegründet und ging offiziell am 15. Juni 2005 in Betrieb. GÉANT2 wird als separate Domäne durch DANTE (Delivery of Advanced Network Technology to Europe) verwaltet [GEANT2]. In Abbildung 3.1 ist die Backbone Topologie des GÉANT2 Netzes abgebildet.

GÉANT2 ist ein hybrides Netz und kombiniert den Betrieb von gemeinsam benutzten, dedizierten IP Infrastrukturen mit der Fähigkeit, zusätzlich Leitungen für bestimmte Benutzergruppen zu Verfügung zu stellen. Diese duale Rolle macht GÉANT2 besonders: Es ist das erste hybride produktive Netz, betrieben im internationalen Maßstab [DEL07]. GÉANT2 ermöglicht das Übertragen von großen Datenmengen zwischen teilnehmenden Forschungszentren, wie zum Beispiel für den Large Hadron Collider (dt. Großer Hadronenbeschleuniger) am CERN bei Genf und die dort durchgeführten Experimente. Es wird erwartet, dass das Projekt eine Datenmenge von ca. 15 Petabytes pro Jahr erzeugt. Für solche Projekte sind

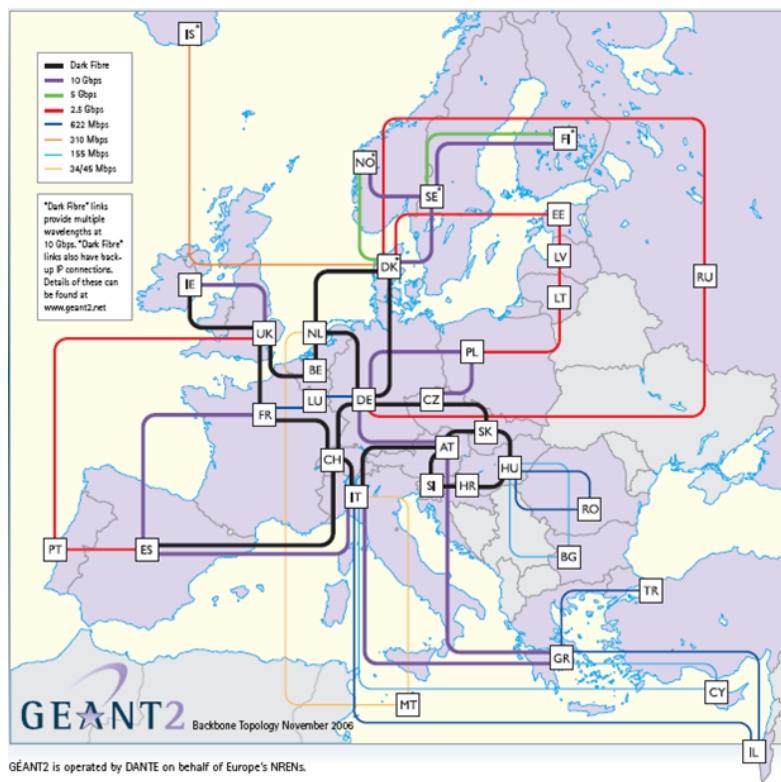


Abbildung 3.1: Topologie von GÉANT2 [GEATOP]

die standardüblichen IP -Verbindungen ungeeignet. Als Lösung bieten sich dedizierte, optische Verbindungen, die nicht nur die Übertragung von großen Datenmengen ermöglichen, sondern auch kostengünstig sind und den normalen IP Datenverkehr nicht beeinträchtigen [GÉANT2].

3.1.1 End-To-End Links

Einer der regulären Services, die GÉANT2 anbietet, sind End-To-End Links (E2E Links). Sie sind dedizierte optische Verbindungen und sind mit einer Bandbreite von 1Gbps oder 10Gbps ausgestattet. Ein E2E Link verbindet zwei Forschungseinrichtungen in einem oder mehreren Ländern. Die Links sind über Layer 1 und Layer 2 Technologien wie Ethernet oder SDH/SONET realisiert. Es sind derzeit mehreren E2E Link aufgebaut und in bereits in Betrieb [YHE2E].

In Abbildung 3.2 sind drei E2E Links in einer Multi-Domain Umgebung abgebildet. $Link_1$ verbindet $Domain_1$ und $Domain_3$ und erstreckt sich über mehreren Domänen. $Link_2$ verbindet z.B. $Domain_1$ und $Domain_2$. $Link_3$ befindet sich gänzlich nur in der Domäne $Domain_1$.

Der Aufbau eines E2E Links (vgl. Abbildung 3.3) setzt sich wie folgt zusammen:

- **Domain Link:** das E2E Link Segment innerhalb einer Domäne

3 Szenario

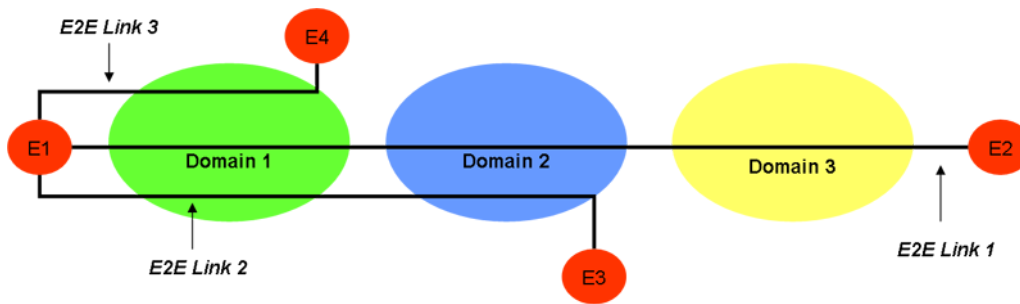


Abbildung 3.2: E2E Links [YHE2E]

- **Grenzkpunkte:** Die Punkte an dem sich zwei Domainlinks zusammenschließen.
- **Inter-Domain Link:** das E2E Link Segment zwischen zwei benachbarten Domänen

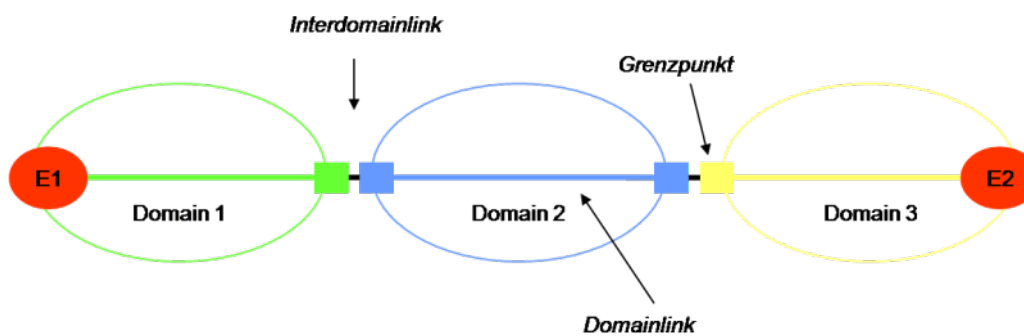


Abbildung 3.3: Aufbau eines E2E Links [YHE2E]

3.1.2 Organisationsmodell für den Betrieb von E2E Links

Die NRENs sind unabhängige Organisationen und bilden zusammen mit GÉANT2 ein Multi-Domain Netz. Die NRENs kooperieren gleichberechtigt innerhalb dieser Multi-Domain Umgebung. Durch die Verteilung des Gesamtablaufes auf viele verteilte, unabhängige und heterogene Domänen erschweren sich Prozessabläufe durch verschiedene Faktoren [DEL07]:

- Hohe technischen und organisatorischen Heterogenität
- Konfigurationsfehler
- verschiedene Zeitzonen der NOCs.
- gewisse Unerfahrung des Betriebspersonals bezüglich der angebotenen Dienste

Um die Koordination und die Kommunikation zwischen den verschiedenen Domänen zu erleichtern und diese Probleme möglichst umzugehen, wurde ein Single Point of Contact (SPOC) eingeführt. Der SPOC, genannt End-To-End Coordination Unit (E2ECU) mit Sitz in Paris. Die Aufgaben der E2ECU beschränken sich auf:

- **Koordination:** Kommunikations- und Datenfluß zwischen den NRENs und Anwender herstellen, überwachen und steuern während des gesamten Prozessablaufes.
- **Monitoring Service:** Die E2ECU hat keinen direkten Zugriff auf das Network Management System (NMS) einer Domäne. Es steht ihr ein E2E Link Monitoring Service zur Verfügung, die nötigsten Statusinformationen über E2E Links liefert.

Die NRENs, Géant2 und die E2ECU bilden zusammen das in Abbildung 3.4 gezeigten Organisationsmodell.

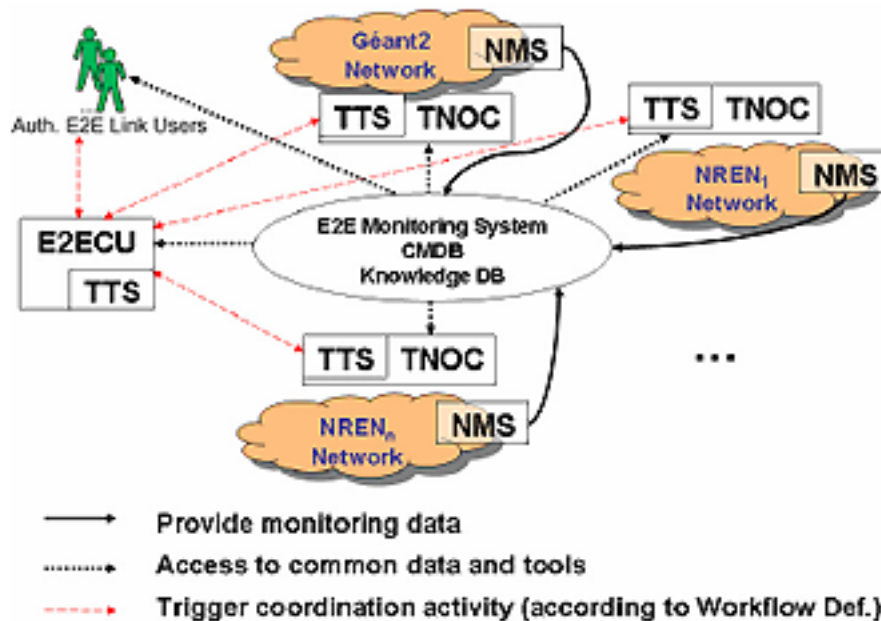


Abbildung 3.4: Organisationsmodell für den Betrieb von E2E Links [YHE2E]

Das Organisationsmodell enthält noch weitere Objekte und Teilnehmer, die auch an den in dieser Arbeit beschriebenen Inter-Domain Prozessen, beteiligt sind []:

- **Benutzer** von E2E Links sind Nutzer des Services oder NREN Mitglieder
- Jede Domäne hat einen **Transmission Network Operations Centre (TNOC)** mit der Aufgabe die optische Ausrüstung des internen Netzes zu verwalten.
- Das **Network Management System (NMS)** eines TNOCs wird für die technische Verwaltung und Überwachung der physischen Netzwerkkomponenten verwendet.
- Eine **Configuration Management Database (CMDB)** hat das primäre Ziel alle wichtige Informationen und Konfigurationsdaten über existierende und geplanten E2E Links zu speichern. In der CMDB sind auch für die Inter-Domain Prozesse relevante SLAs abgelegt.
- Eine **Wissensdatenbank** liefert wichtige Informationen für die Betriebsprozesse, Lösungswege bekannter Fehler und gegebenenfalls entsprechende Workarounds.

- Ein **Trouble Ticket System**(TTS) wird für bei der Störungsbearbeitung eingesetzt. Die Domänen und die E2ECU verwenden diese um die Abwicklung einer Störung zu verfolgen und dokumentieren. Jede Domäne verwendet eine eigene TTS und diese sind nicht miteinander verbunden.

3.2 Beispielprozesse

In den folgenden Unterabschnitten werden zwei Beispielprozesse aus dem Géant2 Umfeld beschrieben. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und leichtere Verständlichkeit werden die Prozessbeschreibungen und die entsprechenden Modelle für diese Diplomarbeit bewusst vereinfacht gehalten. Es werden nicht alle Prozessaktivitäten und Sachverhalte berücksichtigt oder ausführlich behandelt. Vielmehr wird bezweckt spezifische Kernpunkte wie Kommunikation, Koordination, gemeinsam durchzuführenden Aktivitäten zwischen den Beteiligten hervorzuheben. Detaillierte Beschreibung der Prozessen sind in der aktuellen internen Deliverable enthalten.

3.2.1 Prozessbeschreibung Incident Management in GÉANT2

Ein etabliertes Referenzmodell für Support Prozesse bietet die IT Infrastructure Library (ITIL) (s. Kapitel 2). Der ITIL Prozess, der für den Kontext dieser Arbeit von Interesse ist, ist der Incident Management mit der Funktion „Service Desk“. Zwar wird in ITIL den Multi-Domainfall nicht explizit behandelt, jedoch wird hier versucht den Prozessablauf an ITIL zu orientieren und somit Strukturierung und Gruppierung der Aktivitäten zu erzielen.

Die Realisierung von E2E Links erfordert die enge Zusammenarbeit der involvierten NRENs. Sie sind neben den Aufbau der E2E Links auch an Management und Wartungsaufgaben beteiligt. Bei aufgetretenen Störungen und Unterbrechungen des Services soll ein Wiederherstellungsvorgang initialisiert werden. Aus Sicht der Benutzerzufriedenheit sollte der Service möglichst schnell wieder verfügbar sein. Unter Umständen sind bei einer Störung mehrere NRENs beteiligt. Sie tragen auch die volle Verantwortung für die technische Ausstattung innerhalb der eigenen Domäne und es ist erforderlich dass sie mit anderen NRENs bei der Behebung kooperieren [YHE2E]. Die Rolle der Koordinator und SPOC übernimmt in diesem Prozess die E2ECU. Die E2ECU kann allerdings keine Supportmaßnahmen bezüglich der technischen Ausrüstung der einzelnen Domänen unternehmen.

Prozessablauf Incident Management:

1. **Annahme und Erfassung** Eine Störung wird durch einen E2E Link Benutzer oder durch eine Fehlermeldung im Monitoring System gemeldet. Die E2ECU verfügt über einen eigenen TTS und es ist nicht mit den TT Systemen von den NRENs integriert. Die E2ECU eröffnet ein Trouble Ticket und trägt die Kontaktdaten des Melders und die Störungsbeschreibung ein. Dieses Trouble Ticket dient dazu alle relevante Informationen zu den Prozessablaufes zu speichern.
2. **Klassifizierung und erste Unterstützung**

Die Klassifizierung einer Störung in Géant2 beschränkt sich auf die Ermittlung der betroffenen NRENs und E2E Link anhand des Monitoring Systems.

3. Prüfung Störungsmuster

E2ECU überprüft anhand der Wissensdatenbank, ob die gemeldete Störung bereits bekannt ist und ob eine Lösung oder ein Workaround vorhanden sind. In beiden Fällen werden die Informationen an die NREN Teams weitergeleitet.

4. Analyse und Diagnose

Die NRENs werden benachrichtigt indem sie von der E2ECU ein „Request for Trouble Shooting“ erhalten. Die Analyse wird durch die NREN Teams durchgeführt. Notwendigerweise tauschen sie Informationen untereinander aus oder über die E2ECU. Dazu werden erkannte Fehlerursachen der E2ECU bekannt gemacht.

5. Behebung und Wiederherstellung

Die Behebung der Störung erfolgt auch durch die NREN Teams. Die E2ECU erhält Rückmeldungen bezüglich der Behebung der Störung von allen involvierten NRENs, wertet diese aus und leitet den Gesamtzustand des Vorgangs ab. Die E2ECU überprüft ob die Störung behoben ist, z. B. anhand des Monitoring Systems.

6. Abschluss der Störung

Der Melder wird benachrichtigt und erfragt, ob seinerseits die Störung behoben ist. Wenn ja, wird der Lösungsweg gespeichert und die Störung abgeschlossen, ansonsten wird der Vorgang an die erforderliche Stelle wiederaufgenommen. Alle involvierten NRENs werden an dieser Stelle ebenfalls über den Status der Störungsbearbeitung informiert. Der Lösungsweg und das Trouble Ticket werden in eigenem TTS archiviert.

7. **Eskalationen** Wenn nach einer bestimmten Zeit die Fehlerursache und die entsprechende Lösung nicht gefunden wurden, wird eine Eskalation ausgelöst. Diese Zeitrahmen sind in SLAs und in Géant2 Richtlinien vorab bestimmt. Die Eskalation kann automatisch durch das TTS der E2ECU oder von der E2ECU selbst eingeleitet werden. Die E2ECU bestimmt die Eskalationsstufe und setzt diese in das Trouble Ticket entsprechend. Eine verantwortliche Person der betroffenen NRENs wird kontaktiert und Domain-Interne Eskalationsvorgänge werden bei Bedarf initialisiert. Ein Workaround oder eine individuelle Lösung werden umgehend umgesetzt.

3.2.2 Prozessbeschreibung Einrichtung von E2E Links

1. **Request für die Einrichtung eines E2E Links** Der erste Schritt in diesem Prozess ist die Antragstellung eines Kunden bei den beteiligten NRENs für einen neuen E2E Link. Der Antrag wird an die E2ECU übermittelt.
2. **Einrichtung der E2E Arbeitsgruppe**

Die Hauptaufgabe des Koordinators (die E2ECU) ist die Kommunikation zwischen den Partnern zu unterstützen und für die termingerechte Auslieferung des E2E Links

zu sorgen.

Die erste Aufgabe des Koordinators während des Prozessablaufes ist alle Beteiligten zu benachrichtigen. Dazu wird der Koordinator die Kontaktinformationen der Verantwortlichen der beteiligten Domänen ermitteln. Die zweite Aufgabe des Koordinators ist die Erfassung aller technischen Details für die E2E Link Einrichtung. Insbesondere die Sachverhalte, die sich auf mehreren Domänen beziehen, wie Inter-Domain Links und Grenzpunkte. Der Koordinator versucht mögliche freie Pfade für das neue E2ELink zu ermitteln. Dazu wird eine Anfrage an alle involvierten NRENs gesendet. Sollte der Pfad aus Seite einer Domäne nicht realisierbar sein, wird einen neuen potenziellen Pfad ausgewählt. Sind keine verfügbar wird der Auftraggeber kontaktiert und der Prozess beendet.

Die erforderlichen Informationen werden in einem Formular zusammengefasst. Der Koordinator hat die Aufgabe diese Informationen an alle Domainverantwortliche zu übermitteln. Ausserdem sind diese Informationen für alle Beteiligten am Projekt zugänglich zu machen. Derzeit existiert kein gemeinsames Informationssystem, sondern werden diese Informationen im GÉANT2 WIKI zu Verfügung gestellt.

Mit allen notwendigen Inter-Domain Informationen und nach Besprechung mit den technischen Repräsentanten, überprüft der Koordinator mögliche Sachverhalte die die Umsetzung beeinträchtigen können. Durch einen E-Mail Verteiler werden diese und weitere aktuelle Informationen durch alle Domänen kontinuierlich ausgetauscht. Sollten kritische Probleme auftreten, kann der Koordinator Konferenzzanrufe mit allen beteiligten Partnern organisieren.

3. **Einrichtung individueller Domain Links**

Nach Antragsannahme wird die Konfiguration der Domain Links initialisiert. Sie wird durch die technischen Teams der Domänen durchgeführt. Als erstes überprüfen sie ob die Einrichtung des neuen Links zu technischen Problemen und Hindernissen im eigenen Domäne führen kann, ob die verwendete technische Ausrüstung geeignet ist und ob es genügend Hardwarekapazität sowohl im eigenen Netz als auch an die Ein- und Ausgangsknoten vorhanden ist. Bei nicht genügend Kapazität wird die erforderliche Hardware bestellt.

Als nächstes wird geprüft ob die geforderten Schnittstellentypen kompatibel mit diesen der benachbarten NRENs sind. Dannach informiert das Team alle beteiligten Partner über den voraussichtlichen Auslieferungstermin des Domain Links.

Nach dem die neue Hardware verfügbar ist werden die Domain Links durch die NMS Teams der Domänen implementiert und im eigenen Überwachungssystem übernommen.

4. **Testen des neuen E2E Links** Nach der Einrichtung des E2E Links organisiert der Koordinator das Testen der neuen Leitung um sicherzustellen, dass sie über ihre gesamte Länge funktioniert. Die einzelnen Domänen müssen sich über einen vollständigen Test- und Debugprozess einigen und an diesem beteiligen.

5. **Auslieferung** Nach erfolgreich durchgeführten Tests wird die CMDB aktualisiert und

der Auftraggeber bekommt eine Rückmeldung von E2ECU über die erfolgte Installation des neuen E2E Links.

4 Anforderungsanalyse

In diesem Kapitel werden die spezifischen Merkmale einer Multi-Domain Umgebungen am Beispiel von Géant2 untersucht und Anforderungen für den Workflowentwurf abgeleitet. Als erstes wird ein existierender Ansatz für den Entwurf und die Modellierung von interorganisationale Workflows vorgestellt, der die Grundstruktur der Inter-Domain Prozesse und zugehörigen Workflows spezifiziert. Der Ansatz basiert auf einem Vererbungskonzept für Prozesse und bietet einen Lösungsweg für problematische aber wichtige Sachverhalte hinsichtlich interorganisationaler Workflows wie z.B. Autonomie. Danach werden Autonomie, ihre Formen und Eigenschaften beschrieben.

Multi-Domain Umgebungen stellen aufgrund der Autonomie eine besondere Organisationsstruktur dar, in der Organisationseinheiten und Prozessteilnehmer in hierarchischen oder in heterarchischen Beziehungen stehen können. Zudem werden die Besonderheiten bezüglich der großen Anzahl an Beteiligten, Rollendefinitionen und Rollenzuordnung in einem kollaborativen Umfeld untersucht und welche spezifische Probleme bei der Prozessmodellierung zu berücksichtigen sind.

Die Verteilung der Gesamtprozesse über ein solches Organisationsmodell erfordert die Koordination der Prozessaktivitäten. Welche Aufgaben die Koordination zu erbringen hat und welche Mechanismen innerhalb der Workflows für ihre Realisierung erforderlich sind, werden in diesem Kapitel betrachtet.

Die Anforderungen und die entsprechenden Modellierungselemente werden in Perspektiven kategorisiert. Eine Perspektive ist eine Menge von Elementen die eine in sich geschlossene Funktionalität aufweisen [POH05] und wird verwendet um fundamentale Anforderungen an Workflows zu strukturieren und zu charakterisieren. Nach der Anforderungsanalyse zu jeder Perspektive werden am Ende des entsprechenden Abschnittes die Kriterien für die Evaluierung der Workflow-Sprachen definiert und nummeriert. Die Perspektiven mit den darin enthaltenen Elementen und die Beziehungen zwischen diesen werden in einem Strukturmodell zusammengefasst. Das Strukturmodell basiert auf einem Prozessmetamodell aus [INF-3845]. Es werden für den Rahmen dieser Arbeit gewisse Elemente und Perspektiven für den Multi-Domain Fall angepasst und eingefügt in Anlehnung an den P2P Ansatz, die Workflow Patterns, das Organisationsmetamodell von [WMC99], [HOK] und die in den nächsten Abschnitten durchgeführte Anforderungsanalyse.

4.1 Funktionale Perspektive und Prozess Kontext Perspektive

Perspektive

Die funktionale Perspektive eines Prozesses beschreibt *was* zu tun ist und definiert die Aufgaben eines Prozesses, Teilprozesses und die hierarchische Struktur des Prozesses. Das Basiselement in dieser Perspektive ist die *Aktivität* mit seiner Formen: *Atomare Aktivitäten* und *Teilprozesse*. Diese Elemente wurden im Abschnitt 2.2 bezüglich der Grundstruktur eines Workflows bereits erklärt. Eine Aktivität kann zudem als ein *Schleifenkonstrukt* (Loop) oder als eine mehrfach-instanzierbare Aktivität spezifiziert werden, das die wiederholte Ausführung einer Gruppe von Aktivitäten innerhalb des Prozesses anzeigt. In diesem Fall ist dieser Aktivitätengruppe durch speziellen Start- und Endtransitionen mit der Kontrollaktivität verbunden [WMFGL99]. Aufgrund der Definition eines Geschäftsprozesses als Folge von Aktivitäten mit einem gemeinsamen Ziel wird in [Aal97] die Anforderung gestellt, dass jedes Workflow-Modell genau einen definierten Startpunkt und genau einen definierten Endpunkt besitzen muss. Bezüglich der Korrektheit eines Workflows wird zudem gefordert, dass jede Aktivität auf einem Pfad zwischen Start- und Endknoten liegt. Die Elemente dieser Perspektive sind in Abbildung 4.1 abgebildet.

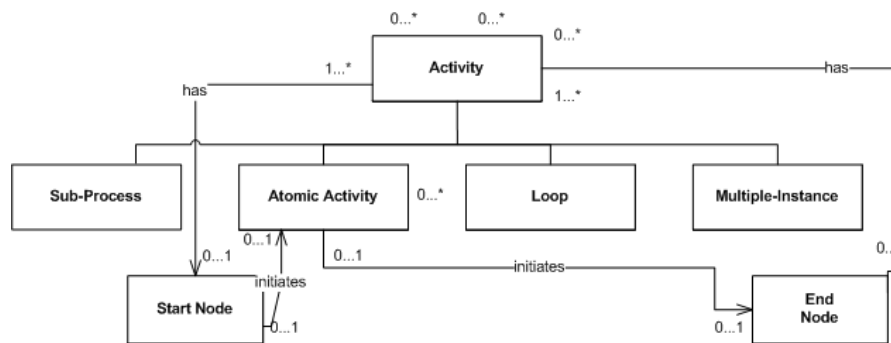


Abbildung 4.1: Elemente der funktionalen Perspektive

Zusätzlich zu der funktionalen Perspektive wird im Strukturmodell eine Prozess Kontext Perspektive hinzugefügt. Sie erweitert die Aktivität mit Eigenschaften bezüglich der Modellierung von Inter-Domain Prozessen und beschreibt deren Partitionierung in öffentlichen und privaten Workflows. Die Partitionierung richtet sich nach dem Private-To-Public Ansatz von v.d.Aalst und wird im nächsten Abschnitt vorgestellt.

4.1.1 Öffentliche und private Workflows

In [AAW01] wurde ein Private-To-Public (P2P) Ansatz für den Entwurf von interorganisationalen Workflows vorgestellt. Die P2P Methode hat das Ziel, eine geeignete Vorgehensweise für die Konzipierung und Modellierung organisationsübergreifender Workflows zu liefern. Interorganisationale Workflows sind durch unterschiedliche Randbedingungen der involvierten Organisationen gekennzeichnet. Einerseits besteht ein hoher Bedarf an Koordination, um den Arbeitsablauf zwischen und innerhalb der Organisationen zu optimieren. An-

derseits sind die Partner autonome Organisationen und können ihre internen Prozessabläufe jederzeit ändern.

Der Ansatz separiert organisationsübergreifende Prozesse in öffentliche und private Workflows unter dem Einsatz eines Vererbungskonzeptes. Der Ansatz garantiert, dass die internen Workflows der Partner die Randbedingungen des öffentlichen Workflow, wie vereinbart erfüllen und dass der Workflow das erwartete Verhalten aufweist.

Der P2P Ansatz besteht aus drei Schritten:

1. Entwurf eines öffentlichen Workflows: die involvierten Organisationen (Domänen) einigen sich über einen gemeinsamen öffentlichen Workflow, der als Vereinbarung zwischen den Organisationen dient.
2. Partitionierung des öffentlichen Workflows: jede Aktivität des öffentlichen Workflows wird einer partner-internen Aktivität zugeordnet. Jeder Partner ist verantwortlich für die eigenen öffentlichen Workflowfragmente.
3. Entwurf der privaten Workflows: jeder Partner kann die internen Workflows selbst entwerfen und entscheiden, welche Aktivitäten davon öffentlich und welche privat sind. Jedoch sollten dabei nur Workflows übernommen werden, die eine Unterklasse des öffentlichen Workflows darstellen.

Um die Unter- und Überklassen Beziehungen wird in diesem Ansatz eine Vererbungsart genannt „Projection Inheritance“ verwendet. Wenn ein Prozess N_1 eine Unterklasse vom Prozess N_2 darstellt, so erweitert N_1 den Prozess N_2 . Der Prozess N_1 führt also mehr Transitionen aus, als der Prozess N_2 und ist somit detaillierter (vgl. Abbildung 4.1.1). Grundsätzlich wird bei der Vererbung gefordert, dass der Prozess N_1 mindestens die gleichen Transitionen bei jeder Prozessinstanz durchführt, wie in der Prozess N_2 definiert ist, damit er eine Unterklasse darstellt. In N_3 gibt es Pfade die nicht auf N_2 abbildbar sind. So ist z.B. in N_3 auch die Ausführungsfolge *aec* möglich, jedoch ist diese nicht in N_2 enthalten, daher ist N_3 keine Unterklasse von N_2 . Es stellt sich die Frage, wie die zusätzlichen Transitionen des Prozesses N_1 berücksichtigt werden sollen. Bei der Projection Inheritance, werden nur die Transitionen betrachtet, die von beiden Prozessen ausgeführt werden. Die zusätzlichen Transitionen können zwar ausgeführt werden, werden aber als nicht sichtbar angenommen. Dieses führt zum Effekt, als ob die zusätzlichen Transitionen im Hintergrund versteckt ablaufen [Die03]. Dadurch wird ein „Information Hiding“ Mechanismus ermöglicht um die Privatsphäre der Domänen zu schützen. Durch die Vererbung wird somit erreicht, dass die Workflows korrekt und wie vereinbart ablaufen.

Der P2P Ansatz ist eine konstruktive Methode für den Entwurf von interorganisationalen Workflows und verwendet erweiterte Petri-Netze, genannt Workflow-Netze (WF-net). Ein Petri-Netz ist ein mathematisches Modell von nebenläufigen Systemen. Es stellt eine formale Methode der Modellierung von Systemen bzw. Transformationsprozessen dar. Es werden bei dem Entwurf durch den P2P Ansatzes, Entwurfsregeln wie z. B. Transformationsregeln angewendet die auf die formale Eigenschaften der Petri-Netze basieren.

Die Untersuchungsgegenstände dieser Arbeit sind grafische, semi-formale Sprachen. Ob die Anwendung des P2P Ansatzes mit den semi-formalen Sprachen möglich ist, ist jedoch nicht klar und wird später während der Evaluierung der Workflow- Sprachen untersucht. Daher

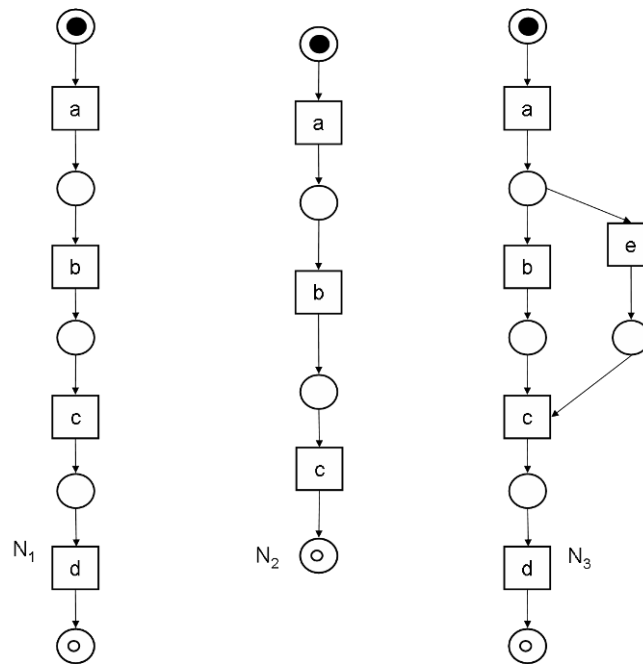


Abbildung 4.2: Project Inheritance: Prozess N_1 ist Unterklasse von N_2 und keine von N_3 [AAW01]

sollten nur bestimmte Kernpunkte des Ansatzes bei der Modellierung der Inter-Domain Prozesse in Acht genommen werden.

A1 WORKFLOW PARTITIONIERUNG IN PRIVATEN UND ÖFFENTLICHEN WORKFLOWS

Der Gesamtworkflow des zu modellierende Prozesses ist aus den internen Workflows der involvierten Partner zusammengesetzt. Der öffentliche Workflow ist der Teil des Gesamtworkflows, dass für alle Partner sichtbar ist und gibt eine allgemeine Ansicht über für die Kooperation notwendige Tätigkeiten, Akteure und Ressourcen an. Ein privater Workflow bildet den internen Prozess ab und enthält sowohl die öffentlichen als auch die von Außen unzugänglichen, vertraulichen Workflow Fragmente. In diesem Zusammenhang beschreibt das Wort „privat“, dass ein Workflow ein „Eigentum“ eines involvierten Partners ist. Durch die Partitionierung wird festgelegt welche Elemente der privaten Workflows veröffentlicht werden und welche vertraulich bleiben.

- In Hinsicht auf das inter-organisationale Charakter der Prozesse ist eine Partionierung in privaten und öffentlichen Workflows innerhalb des graphischen Workflow Modells der Inter-Domain Prozesse erforderlich.
- Die privaten Workflows sollen als Erweiterungen bzw. Unterklassen des öffentlichen Workflows abbildbar sein.

Diese Anforderung legt den Grundstein für die Modellierung der Prozessen in Multi-Domain Umgebungen und wird schrittweise in den nächsten Abschnitten verfeinert.

4.1.2 Prozess Kontext Perspektive

Diese Perspektive beschreibt die benötigten Sprachkonstrukte für die Prozess Partitionierung in privaten und öffentlichen Prozesse nach dem P2P Ansatz und erweitert die funktionale Perspektive um Multi-Domain relevante Eigenschaften. Hier ist das Basiselement wieder die Aktivität jedoch versehen mit ausdrücklich spezifizierten Sichtbarkeitsstufen und Teilnehmerzugehörigkeit: privat oder öffentlich. Der Gesamtprozess besteht aus den *privaten Prozessen* der autonomen Prozessteilnehmer. Der *öffentliche Prozess* besteht aus den öffentlichen Aktivitäten der privaten Prozessen. In Abbildung 4.1.2 sind die Elemente der Prozess Kontext Perspektive dargestellt.

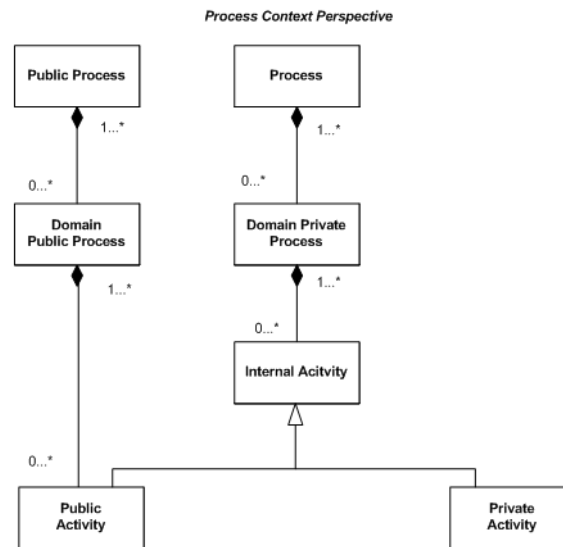


Abbildung 4.3: Elemente der Prozess Kontext Perspektive

A2 SICHTBARKEIT DER WORKFLOW ELEMENTE

Für die Workflow Partitionierung in privaten und öffentlichen Workflows wird ein Mechanismus benötigt, das für die einzelnen Elementen oder Gruppen von Elementen Sichtbarkeitsstufen innerhalb des gesamten Workflows angibt. **Sichtbarkeit** beschreibt den Ausmaß indem ein Modellelement von Außen oder von sonstigen Akteuren betrachtet werden kann. Hierzu wird die Unterstützung folgender zwei Sichtbarkeitsstufen benötigt:

- **Privat:** Element ist nur für Domain-Interne Workflow Teilnehmer sichtbar und ist im öffentlichen Workflow entsprechend verborgen.
- **Öffentlich:** Element ist für alle Workflow Teilnehmer sichtbar.

A3 DYNAMISCHE FLEXIBILITÄT

Ein weiteres Problem ergibt sich durch die Organisationsstruktur bezüglich der privaten Workflows. Im konkreten Szenario Beispiel könnte es vorkommen, dass die beteiligten NRENs zur Designzeit nicht bekannt sind und dadurch unklar ist welche privaten Workflows in den gesamten Workflow eingebunden werden. Es werden drei grundlegende Eigenschaften an die Workflow Elementen benötigt, um die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit

des Workflow Modells zu erreichen ohne die Übersichtlichkeit der graphischen Modelle zu beeinträchtigen: Wiederverwendbarkeit, Reflektion und Scalierbarkeit.

- **Platzhalter**

Wenn zur Designzeit konkrete Workflow oder Element Attribute nicht bekannt sind, sind verschiedene Abstraktionsniveaus für die Darstellung eines Workflows als Platzhalter erforderlich. Solche Elemente oder Sub-Workflows sollten gegebenenfalls durch Generalisierungskonzepte darstellbar sein.

- **Dynamische Zuordnung**

Wenn zu Designzeit nicht bekannt ist, welche privaten Workflows oder Teilworkflows von welchem konkreten Partner aufgerufen werden sollen, wird ein Mechanismus benötigt eine dynamische Zuordnung zur Laufzeit durchzuführen. Eine entsprechend Referenzierung sollte innerhalb des Workflow Modells beschreiben, wie anhand vorgegebenen Randbedingungen und des aktuellen Ablaufstatus, Workflows und Workflow Teilnehmer dynamisch zueinander zugeordnet und initialisiert werden.

- **Skalierbarkeit der Workflow Modelle**

Wenn sich ein Workflow Modell auf eine größeren Anzahl an privaten Workflows oder sonstige Ressourcen und Objekten bezieht, können unübersichtliche Prozessmodelle entstehen. Die Fähigkeit mit großen Mengen von Ressourcen und deren privaten Workflows effizient und effektiv umzugehen und diese übersichtlich im Model darzustellen wird als **Skalierbarkeit** bezeichnet. Der Begriff Skalierbarkeit bezieht sich auf die das Verhalten von Programmen oder Algorithmen bezüglich des Ressourcenbedarfs bei wachsenden Eingabemengen, also die Performance und die Komplexität [WIKI-SK] , und wurde in dieser Arbeit im Bezug auf die großen Prozessmodellen, die entstehen können übernommen.

4.2 Autonomie

Im Szenario sind die NRENs autonome Organisationen und tragen die volle Verantwortung für interne Prozesse, Domainlinks und deren technische Ausrüstung. Aufgrund der Autonomie entsteht ein hoher Grad an Heterogenität bezüglich der eingesetzten Hard- und Software sowie der organisatorischen Abläufe. Es sind jedoch gewisse Einschränkungen der Autonomie notwendig um sinnvolle Kooperation innerhalb der Multi-Domain Umgebung zu ermöglichen. Diese sind vorab durch die Konzeption eines öffentlichen Workflows vereinbart. **Sicherheit** ist ein wichtiger Aspekt beim Einsatz von Workflows in Multi-Domain Umgebungen und für die Gewährung der Autonomie, da die kooperierenden Domänen bis zu einem gewissen Grad von Außen zugänglich sind. Die Gewährleistung der Sicherheit einer Domäne hängt von den domainintern eingesetzten und föderativen Sicherheitstechnologien ab. Aus diesem Grund werden Sicherheitsaspekte in dieser Arbeit nicht betrachtet, jedoch wird bei den Workflow-Modellen vorausgesetzt, dass Vertraulichkeit und Privatsphäre eines kooperierenden Partners nicht verletzt wird. Sollten die NRENs den höchstmöglichen Grad der Autonomie ausnutzen und keine interne Prozesse nach Außen sichtbar machen, stellen die interne Prozesse und deren Workflows dann eine Black Box mit Input-Output Bezie-

hungen dar. Hier ist die Darstellung der Sichtbarkeitsstufen innerhalb Modellelementen für die Betonung der Autonomie und Privatbereich der einzelnen Domänen ebenso notwendig. Vier verschiedene Arten der Autonomie lassen sich hierbei unterscheiden [Par02, MDAH].

A4 GEWÄHRLEISTUNG DER ENTWURFSAUTONOMIE

Bei der Einrichtung von E2ELinks werden von einem NREN internen Team diverse Tätigkeiten wie die Überprüfung der Hardwareverfügbarkeit, Beschaffung neuer Hardware für die Domainlinks usw. ausgeführt. Diese beziehen sich nur auf domaininterne Komponenten. Der interne Arbeitsablauf wird durch die NRENs selbst hinsichtlich organisationsinternen Richtlinien und Regeln festgelegt. Als Folge der Entwurfsautonomie kann es vorkommen, dass die internen Workflows der verschiedenen NRENs sich wesentlich voneinander unterscheiden obwohl sie eine und dieselbe Aufgabe abbilden.

Bezüglich der Entwurfsautonomie wird erfordert: Jeder Partner hat die Möglichkeit selbstständig darüber zu entscheiden, welche interne Prozesse im öffentlichen Workflow repräsentiert sein sollen und wie der logische und technische Entwurf von Workflows dazu aussehen sollen. Hierzu sind Mechanismen zur Gruppierung und Abschottung des privaten Ablaufes vom öffentlichen durch **Kapselung** und **Informationsverbergung** (information hiding) [WIKI-KI] notwendig. Informationsverbergung ist das bewußte Verbergen von Entwurfdetails. Das heißt, nach außen wird eine Schnittstelle bereitgestellt, das Innere ist aber nicht sichtbar. Dadurch bleibt verborgen, wie die Schnittstelle intern bedient wird [GL-INF]. *Heterogenität* ist eine Folge der Entwurfsautonomie, welche den unabhängigen Entwurf des logischen und technischen Ablaufs der internen Prozessen und Workflows gestattet. Man betrachte Heterogenität in der Ablaufumgebung (z. B. mehrere und verschiedene Workflow Management Systeme), die durch unterschiedliche Hardware-Plattformen, Betriebssystemen, Softwareumgebungen und heterogene Daten verursacht wird. Die heterogene Ablaufumgebung setzt hohe Maßstäbe an **Anpassbarkeit** und **Flexibilität** sowohl der privaten Workflows als auch an der globalen Workflows voraus, damit sie miteinander integriert werden können und ein konsistenter, fehlerfreier Workflowablauf gewährleistet wird. Die Fähigkeit mehrere Systeme oder Komponenten, die heterogenen Hardware, Software Plattformen, Workflow Anwendungen und Datenstrukturen verwenden mit minimaler Verlust an Inhalt und Funktionalität auszutauschen, heißt *Interoperabilität* [GL-INT]. Zur Erreichung der Interoperabilität wird von den involvierten Partner gefordert, dass sie über spezifische Merkmale wie Sicherheitsrichtlinien und Authorisierung, Zugriffsrechte, Ausnahmebehandlung, Vertraulichkeit der Daten, Aufruf und Ausführung der Prozesse, übereinstimmen müssen und dadurch wird die Entwurfsautonomie beschränkt [WMC4]. Heterogenität und Interoperabilität beziehen sich auf die verwendeten Workflow Technologie und die Workflow Implementierung und werden während der Modellierungsphase, und daher in dieser Anforderungsanalyse, nur beschränkt angegangen. Relevante Aspekte, wie Kommunikation zwischen den Prozessen, Zugriffsrechte und Ausnahmebehandlung, werden später in diesem Kapitel behandelt.

A5 GEWÄHRLEISTUNG DER KOMMUNIKATIONSAUTONOMIE

Die Verfügbarkeit der technischen Ausstattung und administrativen Infrastruktur sind nicht ausreichend für die Bereitstellung und Lieferung der E2E Links innerhalb der GÉANT2 Domain [DEL07]. Es ist weiterhin erforderlich, eine effektive, beständige und integrierte

Kommunikation zwischen den NRENs und Géant2 zu realisieren um die Inter-Domain Prozesse zu unterstützen. Jedoch ist hier die Autonomie der Partner zu berücksichtigen. Die Partner entscheiden selbst, welche Anfragen von der Föderation beantwortet werden, wann sie beantwortet werden und wählen selbst die Art der Kommunikation. Im Géant2 Szenario ist bei dieser Autonomieart eine gewisse Beschränkung notwendig um die Kooperation und Koordination zu ermöglichen. Zum Beispiel sollen sich die NREN Teams bei der Einrichtung von E2E Links einen E-Mail Verteiler anschließen oder nehmen an Konferenzerufen teil. Durch die Kommunikationsautonomie wird gewährleistet, dass der Privatbereich der NRENs geschützt bleibt und sie selbst entscheiden welche Informationen und Daten an die Föderation weitergegeben werden.

Folgende Sachverhalte sollen in diesem Zusammenhang modellierbar sein: Darstellung von **alternativen Pfaden** und Treffen von **Entscheidungen**, Ablehnung/Abbruch einzelner Kommunikationsdialoge.

A6 GEWÄHRLEISTUNG DER AUSFÜHRUNGSAUTONOMIE

Die Ausführungsautonomie ermöglicht jedem Partner selbst zu bestimmen, auf welche Weise, in welcher Reihenfolge und zu welchem Zeitpunkt er interne Prozesse ausführt. Lokale Prozesse der NRENs sollen unabhängig von Inter-Domain Prozessen bearbeitbar und ausführbar sein und durch externe Aktionen möglichst nicht beeinträchtigt werden. Dies erfordert eine klare Strukturierung der gesamten Workflows, um eine eindeutige Abgrenzung von Subworkflows zu ermöglichen. Die Subworkflows bilden in diesem Fall vollständige interne Prozesse beziehungsweise private Workflows ab.

Folgende Sachverhalte sollen in diesem Zusammenhang modellierbar sein: **isolierter** und **unabhängiger Ablauf** des gesamten Prozesses oder einzelner Prozessfragmente.

A7 GEWÄHRLEISTUNG DER KOOPERATIONSAUTONOMIE

Jeder Partner kann selbst darüber entscheiden, welche Bereiche der lokalen Workflows für externe Benutzer oder Inter-Domain Workflows referenzierbar sind und welche Operationen bzw. Aktionen darauf ausführbar sind. Weiterhin entscheiden die Partner selbständig darüber, in welchem Umfang eine Kooperation mit anderen Partnern unterstützt wird und wann er diese Kooperation verlässt.

Folgende Sachverhalte sollen in diesem Zusammenhang modellierbar sein: *interner Prozessabbruch* innerhalb des privaten Workflows, *Treffen von Entscheidungen*.

4.3 Organisationsperspektive

Die Organisationsperspektive bezieht sich auf das Organisationsmodell, das die Organisationseinheiten und die Beziehungen zwischen diesen darstellt. Das Modell kann mehrere Attribute enthalten, die die Einheiten näher beschreiben, mit ihren Fähigkeiten und Rollen. Das Modell beschreibt üblicherweise Konzepte der Hierarchie, der Berechtigungen und der Verantwortlichkeiten der einzelnen Einheiten [WMC99]. Das Organisationsmodell umfasst eine Liste von Workflow Teilnehmern: Organisationseinheiten, Rollen, Menschen und Ressourcen [WMC99].

Eine Organisationseinheit ist ein Element einer Aufbauorganisation. Beispiele für Organisationseinheiten sind Unternehmensbereiche, Abteilungen, Niederlassungen oder Tochterunternehmen. Die Organisationseinheit übernimmt bestimmte Funktionen und Aufgaben innerhalb einer Organisation und beschreibt in der Regel die hierarchischen Einordnung in die Organisationsstruktur. Organisationseinheiten können selbst Organisationen sein [MeBe 00].

A8 DARSTELLUNG VON ORGANISATIONSEINHEITEN

In einer Multi-Domain Umgebung kann eine Domäne als eine Organisationseinheit innerhalb des heterarchischen Organisationsmodells betrachtet werden. Die Autonomie der Domänen erfordert bei der Modellierung die Anordnung der Organisationseinheiten so zu gestalten, dass deren Unabhängigkeit und Selbständigkeit betont wird.

A9 DARSTELLUNG VON WORKFLOW TEILNEHMERN UND DEREN ROLLEN

Im Géant2 Umfeld sind Rollen wie Koordinator, technisches Team eines NRENs oder Mitglied eines solchen Teams definiert. Eine Rolle definiert den Kontext in dem ein Teilnehmer in einem Prozess involviert: welche Funktionen und Aktivitäten er übernimmt und welche Verantwortlichkeiten er trägt. Die Rolle kann auch organisatorische Aspekte wie Fähigkeiten, Autorisierung oder Zugehörigkeit zu einer bestimmten Organisation umfassen [WMC99], oder ganz davon abstrahieren um ein Platzhalter für Rollen in Multi-Domain Umfeld zu realisieren. Daher ist ein Mechanismus zur Darstellung von Rollen verschiedener Abstraktionsniveaus innerhalb des Workflows erforderlich. Dieser wird benötigt, wenn in den verschiedenen Domänen die Rollen eine unterschiedliche Bezeichnung oder Spezifikation haben, aber die Domänen gleiche Aktivitäten ausführen.

A10 UNTERSTÜTZUNG GROSSER ANZAHL AN BETEILIGTEN

Ein Mechanismus zur Darstellung einer großen Anzahl an Beteiligten sollte in den Workflows möglich sein, ohne dabei die Übersichtlichkeit der graphischen Darstellung zu beeinträchtigen. Eine Möglichkeit wäre diese große Anzahl durch Schleifenkonstrukte über Organisationseinheiten, „Platzhalter“ oder „Black Boxes“ zu reduzieren, jedoch sollte dann auch die dynamische Einbeziehung der privaten Workflows implementierbar sein. Das ergibt sich als Folge der Entwurfsautonomie und zwar wenn die privaten Workflows der einzelnen Partner zu einem bestimmten Subprozess unterschiedlich aussehen, aber ihre privaten Workflows teil oder doch ganz offenbaren. Diese Anforderungen wurden in A3 als Skalierbarkeit und dynamische Zuordnung in Bezug auf die privaten Workflows verallgemeinert definiert. Hier werden sie auf die Workflow Teilnehmer präzisiert.

- **Rollenzuordnung und Teilnehmer.** Innerhalb eines Workflows wird eine Rolle einem Workflow Teilnehmer zugeordnet. Es könnte allerdings der Fall auftreten dass zur Design Zeit nicht bekannt ist zu welcher konkreten Domäne sie gehören und welche Rollen sie ausüben. Daher ist es erforderlich die dynamische Rollenzuordnung und Einbeziehung der Beteiligten innerhalb der Workflows zur Laufzeit zu ermöglichen.
- Durch **Prozess Teilnehmer Gruppen** sollte ein „Platzhalter“ Mechanismus bereitgestellt werden, das eine größere Anzahl von Teilnehmern innerhalb einer Interaktion darstellt wenn deren Prozesse oder Aktivitäten dynamisch zur Laufzeit einbezogen werden sollen [DP07].

In Abbildung 4.3 sind die Elemente der Organisationsperspektive dargestellt.

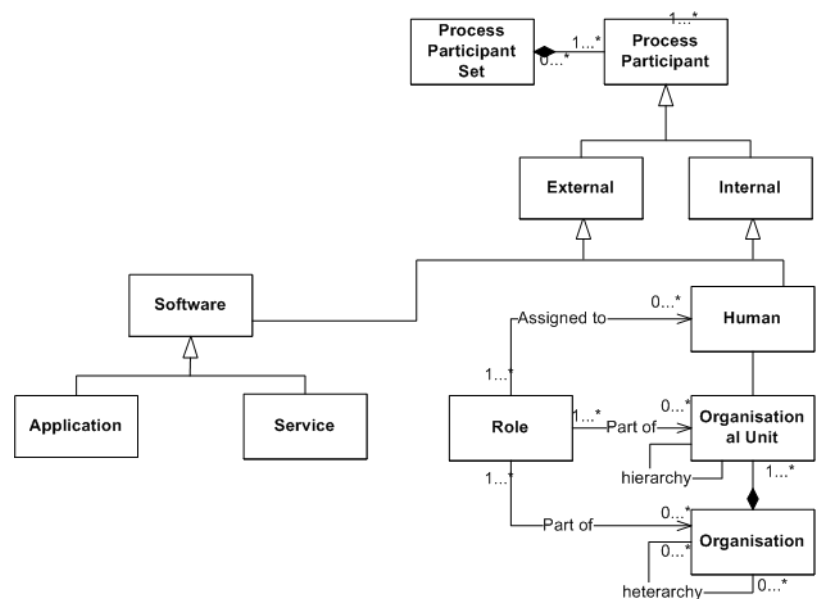


Abbildung 4.4: Elemente der Organisationsperspektive

4.4 Koordination und Verhaltensperspektive

In beiden Szenarioprozessen wurden Koordinationskonzepte eingeführt: die E2ECU und der Koordinator der Einrichtungsprozesses. Das primäre Ziel der Koordination ist für die korrekte und zeitgemäße Prozessausführung zu sorgen. Innerhalb eines Workflows sollten folgende Aufgaben durch den Koordinator erfüllt werden [MRZ-HW] :

- Um den Nachrichtenaustausch zu realisieren müssen die zuständigen Kommunikationspartner ermittelt werden. Die Kommunikationsverbindungen zwischen den Partner müssen hergestellt werden.
- Die Abhängigkeiten zwischen den privaten Workflows müssen kontrolliert werden: z. B. Gewährleistung der Kommunikation zwischen den Partnern, die Synchronisation der privaten Workflows nach deren Ausführung.
- Das Ableiten eines Gesamtzustandes des Ablaufes soll anhand Teilzustände möglich sein. Um ein Bild vom aktuellen Stand der Verarbeitung zu bekommen, müssen die Zustände aller Teilabläufe gesammelt und bewertet werden.
- Die kooperierenden Parteien entscheiden selbst ,in Hinsicht auf der Gewährleistung der Autonomie, welche Aktivitäten auszuführen sind (Ausführungsautonomie). Für den öffentlichen Ablauf ist die dynamische Ableitung von bottom-up Entscheidungen bezüglich den weiteren Prozessablauf notwendig.
- Die Prozessaktivitäten müssen in angemessener Zeit beginnen und erledigt werden.

- Überwachung und Protokollierung des Ablaufes. Monitoring ermöglicht das Überwachen eines Ablaufs zum Ausführungszeitpunkt. Zu einer nachträglichen Analyse (z. B. zur Fehlersuche, Optimierung oder Qualitätskontrolle) müssen genug Informationen protokolliert werden, um die Prozessausführung nachvollziehbar zu machen.

4.4.1 Kommunikation und Interaktionen

Das wichtigste Mittel für die Realisierung der Koordination ist die Kommunikation zwischen den Koordinator und Partnern und zwischen den Partnern selbst. Die Kommunikation ist der Informationsaustausch, Datenaustausch, Übermittlung von Entscheidungen zwischen den beteiligten Objekten: Menschen oder Computer. Eine Interaktion beschreibt die Art und Weise wie zwei oder mehreren Objekte durch eine Aktion des Kommunikationsablaufes aufeinander wirken und welche Reaktionen bzw. Folgeaktivitäten auslösen. Der Ablauf und die Form der Interaktionen werden durch Kontrollfluss und Datenfluss und darin festgelegten Bedingungen gesteuert. Eine Interaktionsperspektive ist in dem vorgestellten Modell nicht explizit dargestellt. Für die Modellierung und Definition von Interaktionen sind Elemente mehrerer Perspektiven notwendig. Eine Interaktion besteht aus mindestens zwei Teilnehmer, mindestens zwei Aktivitäten, dem Kontroll- und Datenfluss zwischen den Aktivitäten, die ausgetauschten Daten, Objekte und Informationen.

A11 DARSTELLUNG VON INTERAKTIONSMUSTER

In [BDH05] beschreiben die Autoren mehrere Interaktionsmuster, die für organisationsübergreifende Prozesse als wichtig erkannt wurden. Einige, grundlegende Interaktionen lassen sich auch in unserem Fallbeispiel erkennen:

- **Send**: Ein Partner A sendet eine Nachricht/Daten an einem anderen Partner B .
- **Receive**: Ein Partner A empfängt eine Nachricht/Daten von einem anderen Partner B .
- **Send /Receive**: Partner A sendet eine Nachricht/Daten an Partner B . Partner B antwortet an Partner A auf diese Nachricht.
- **One - to - many send**: Ein Partner A sendet eine Nachricht/Daten an mehrere Partner B_1, \dots, B_n
- **One - from - many receive**: Ein Partner empfängt Nachrichten/Daten von mehreren Partner B_1, \dots, B_n
- **One - to - many send/receive**: Ein Partner P sendet Nachrichten/Daten N_1, \dots, N_n an mehreren Partner B_1, \dots, B_n und die Partner B_1, \dots, B_n antworten an Partner P auf die Nachrichten N_1, \dots, N_n mit Antworten A_1, \dots, A_n . Diese Interaktion wird insbesondere bei der Ableitung von globalen Prozesszuständen und Entscheidungen benötigt an dem mehreren Parteien beteiligt sind.

Interaktionen sind nicht nur für die Kommunikation zwischen den Partnern wichtig, sondern zeigen auch die Kommunikation zwischen den privaten Workflows im Sinne von Interoperabilität.

- Interaktionen sollten auch innerhalb Schleifenkonstrukte oder als mehrfach-instanciierbare Workflow Fragmente darstellbar sein, wenn sie sich auf mehrere Partner und private Prozesse beziehen.
- Desweiteren soll die Kommunikation zwischen nebenläufig ablaufenden Workflow- oder Aktivitätsinstanzen erkennbar sein.
- Die ausgetauschten Informationen und Objekte können Ablaufzustände oder domain-interne Entscheidungen darstellen. Hierfür ist ein Synchronisationskonzept notwendig, um die Ableitung der Gesamtzustände oder globale Entscheidungen und wer daran beteiligt ist abzubilden.

4.4.2 Verhaltensperspektive

Innerhalb der Verhaltensperspektive wird durch den *Kontrollfluss* und *Datenfluss* die Ausführungsfolge der Aktivitäten beschrieben. In der Praxis werden oft der Kontroll- und Datenfluss vereinigt dargestellt. Neben den im generischen Prozessmetamodell definierten Elementen werden hier explizite Sprachkonstrukte für die Darstellung von *zeitliche Bedingungen* und *Eskalationsprozeduren* hinzugefügt, die für die Prozesskoordination und -steuerung erforderlich sind.

4.4.3 Kontrollfluss

Der Kontrollfluss definiert nach [JB96] die verhaltensbezogene Perspektive eines Workflows. Er legt fest, wann, von wem und in welcher Abfolge Aktivitäten ausgeführt werden. Der Kontrollfluss modelliert explizit wie die Kontrolle des Ablaufes von einer Aktivität oder von einer Interaktion zu einer anderen übergeben wird, mit anderen Worten wird dadurch die betriebliche Ablauflogik dargestellt. Es wird oft in der Praxis nicht zwischen Kontrollfluss Strukturen und gewöhnliche Aktivitätenkanten unterschieden, da gleiche Notationen für beide verwendet wird [SIA05].

Die Aufteilung eines Inter-Domain Prozesses in private und öffentliche Workflows führt zu einer Aufteilung des Kontrollflusses in zwei Kategorien:

- **Globaler Kontrollfluss:** der Kontrollfluss innerhalb des öffentlichen Workflows und umfasst den Kontrollfluss zwischen den öffentlichen Aktivitäten eines oder mehreren Beteiligten und steuert die Interaktionen zwischen diesen.
- **Interner Kontrollfluss:** der Kontrollfluss innerhalb eines privaten Workflows. Dieser wird „von Außen“ durch Ereignisse oder durch Interaktionen mit anderen Partnern beeinflusst.

A12 DARSTELLUNG PRIMITIVER KONTROLLFLUSS-KONSTRUKTE

Der Kontrollfluss wird durch spezielle Sprachkonstrukte wie *Sequenz*, *AND-/OR-Synchronisation*, *AND-/OR-Split* unterstützt (Vgl. Abschnitt 2.4). Zudem werden für die Steuerung des Ablaufes *Variablen*, *Vor-* und *Nachbedingungen* benötigt. Diese sollten eine Art Integritätsbe-

dingungen darstellen, um die Interoperabilität zwischen den unabhängigen Workflows oder Aktivitäten zu unterstützen. Interne und externe *Ereignisse* können auch den Kontrollfluss ändern und werden in der Informationsperspektive behandelt. Eine Workflow-Sprache sollte über diese grundlegenden Kontrollflusskonstrukte verfügen [BKKR03].

A13 DARSTELLUNG VON ZEITLICHEN BEDINGUNGEN

Ausführungsautonomie hat die Nachwirkung dass die NRENs freie Entscheidung haben wann sie bestimmte Aktivitäten innerhalb deren internen Workflows ausführen. Dies hat zur Folge, dass sich die gesamte Ausführungszeit enorm verlängern kann. Um die Durchführung eines Inter-Domain Prozesses zu beschleunigen werden gewisse Aktivitäten in einem festgelegten und zwischen den NRENs und Géant2 vereinbarten Zeitrahmen ausgeführt. Durch solche Vereinbarungen wird auch die Ausführungsautonomie nicht verletzt. Die Ausführung einer Aktivität oder Workflow muss nach einer bestimmten Zeit beginnen und erledigt werden. Daher sollte möglich sein Zeitverlauf und Zeitbedingungen für ganze Workflows, Subworkflows oder einzelne Aktivitäten abzubilden. Zudem sollten zeitlichen Abhängigkeiten zwischen diesen modellierbar sein: eine Aktivität beginnt/endet relativ zur Start/Endzeit einer anderen. Dadurch wird auch eine zeitliche Ordnung der Aktivitäten ermöglicht [Mar02].

A14 DARSTELLUNG VON ESKALATIONEN

In [WMC99] wird eine Eskalation als eine Aktivität oder ein Subworkflow beschrieben, deren Ausführung initialisiert wird, sobald bestimmte Bedingungen nicht erfüllt sind. Diese Bedingungen können auch zeitliche Bedingungen sein. Im konkreten Fall fände dieses Mechanismus Anwendung beim Incident Management Prozess. Dort sind Eskalationen definiert, die nach Überprüfung der SLA Bedingungen eintreten können. Wenn die Eskalationen mehreren NRENs gleichzeitig betreffen, sollte es möglich sein solche Sprachkonstrukte innerhalb Iterationen oder mehrfach-instanzierbaren Teilworkflows einzubinden.

4.4.4 Daten und Datenfluss

Für eine sinnvolle Zusammenarbeit ist es notwendig, dass Daten zwischen den beteiligten Partner ausgetauscht werden. Hier wird zwischen Kontrolldaten und Produktionsdaten unterschieden. Kontrolldaten werden nur für den Prozessablauf benötigt und können somit den Kontrollfluss beeinflussen. Produktionsdaten sind beispielsweise alle Informationsobjekte, Dokumente, Formulare, deren Existenz nicht vom ausgeführten Workflow abhängt [AAL00].

Eigenschaften von Daten

In [WDP04] wird die Daten Perspektive eines Workflows in vier Gruppen unterteilt:

- Die **Datensichtbarkeit** betrifft den Umfang und die Art und Weise, in der Daten von verschiedenen Workflow Komponenten betrachtet werden können. Die Anforderungen diesbezüglich werden später in der Informationsperspektive definiert.
- **Dateninteraktionen** fokussieren auf die Art und Weise in der Daten zwischen aktiven Elementen eines Workflows übermittelt werden. Sie beschreiben von wem zu wem die

Daten übertragen werden und können als Sonderfall der Interaktionsmuster betrachtet werden.

- Das **datenbasierte Routing** charakterisiert die Art und Weise in der Datenelemente sonstige Workflow Aspekte, insbesondere der Kontrollfluss, beeinflussen.
- Datenübertragung betrachtet die Art und Weise in der das eigentliche Transfer von Daten zwischen Workflow Komponenten stattfindet und beschreibt die Mechanismen mit denen Daten über die Schnittstelle einer Workflow Komponente übertragen wird. Die Datenübertragung erweitert die Dateninteraktionen indem sie die technische Ausführung des Datenaushes beschreibt. Dieses Aspekt wird hier nicht weiter betrachtet.

Datenfluss

Der Datenfluss beschreibt die potenziellen Pfade der ausgetauschten Datenobjekte. Hier unterscheiden sich wieder zwei grundsätzliche Formen des Datenflusses innerhalb der Inter-Domain Prozesse: innerhalb des öffentlichen Workflow und einmal innerhalb privaten Workflows.

A15 UNTERSTÜTZUNG VON DATENTRANSFORMATIONEN DURCH DEN DATENFLUSS

Die Modellierung der Inter-Domain Prozesse muss angemessen unterstützt werden, so dass Datenflussabhängigkeiten zwischen den Partnern und die daran geknüpften Eigenschaften hinreichend beschrieben werden können. Ein wichtiger Punkt hier ist auch die Form der Datenbereitstellung durch den Datenfluss. Durch Verweise auf allen Partnern zugängliche Datenbank oder sonstige Stelle oder durch Aktivitäten wie Senden/Empfangen der eigentlichen Datenobjekte. Ein dezentralisierter Datenaustausch kann auch dazu führen, dass zwischen den Partnern heterogene Datenformate ausgetauscht werden müssen. Dann ist die Unterstützung von Datentransformationen durch den Datenfluss notwendig [BKKR03].

In Abbildung 4.4.4 sind die Elemente der Verhaltensperspektive dargestellt.

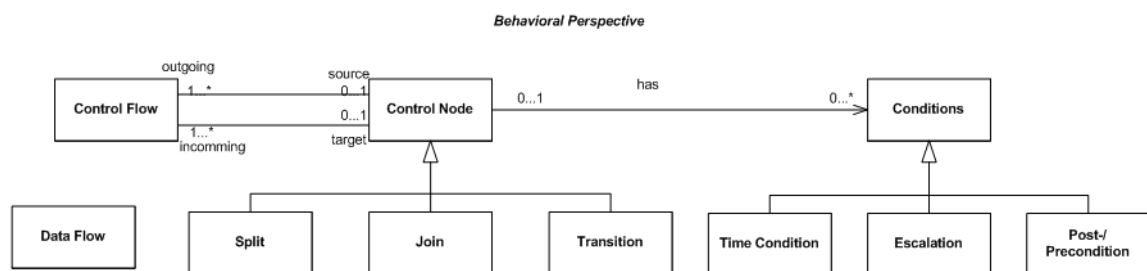


Abbildung 4.5: Elemente der Verhaltensperspektive

4.5 Informationsperspektive

Die Informationsperspektive beschreibt die Informationsquellen und Datenquellen für die Workflows und wie diese in den Workflows eingebunden werden sollen. Typische Elemente sind Software, Datenbanken, Daten, Dokumente und externe Ereignisse. Ereignisse steuern oder beeinflussen den Ablauf eines Prozesses. Sie fungieren als Auslöser von Aktivitäten. Ereignisse resultieren aus vorangegangenen Aktivitäten oder aus externen Anwendungen [Jar03].

In dieser Perspektive sollen die Elemente in der Lage sein Mechanismen für Sichtbarkeit der Ressourcen, Autorisierung des Zugriffs, Eigentümerverhältnisse zur Workflow Teilnehmer und die Fähigkeit mit heterogenen Objekten umzugehen, bereitzustellen. Die im folgenden gestellten Anforderungen sind für die Gewährleistung der Autonomie und die Sicherung der Privatsphäre der Partnern innerhalb der Modellen notwendig.

A16 ABBILDUNG VON EIGENTUMSVERHÄLTNISSEN

Hinsichtlich der Vertraulichkeit von Daten, Informationen etc sollten die Elemente der Informationsperspektive einem Workflow Teilnehmer zugeordnet werden können. Bei Ereignissen ist deren Auslöser zu vermerken.

A17 ABBILDUNG VON ZUGRIFFSRECHTEN

Im Hinsicht auf die Sicherung der Privatsphäre sollten Zugriffsrechte, wie *lesend*, *schreibend*, *löschen* etc, auf ein Objekt abbildbar sein.

A18 AUSWIRKUNGEN VON EREIGNISSEN

Die Auswirkung eines erwarteten oder unerwarteten Ereignisses kann sich bei den verschiedenen Partner gleichzeitig oder zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufzeigen. In den Workflows sollte es ersichtlich sein, dass sich ein Ereignis auf mehrere Partner, unter Umständen unterschiedlich, auswirkt. Damit sollte dieses Element auch Skalierbarkeit unterstützen.

In Abbildung 4.5 sind die Elemente der Informationsperspektive und die Beziehungen zwischen diesen zu sehen.

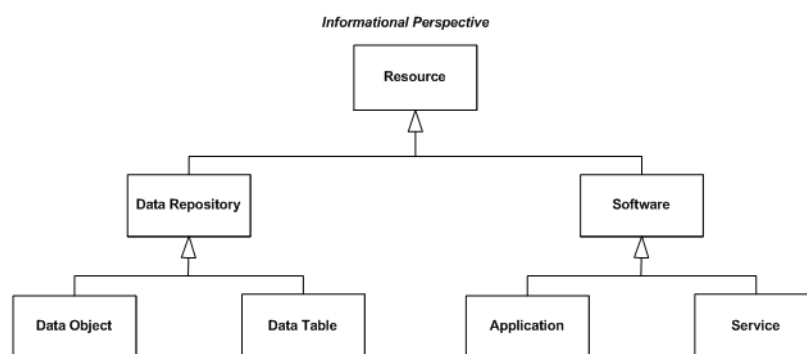


Abbildung 4.6: Elemente der Informationsperspektive

4.6 Ausnahmebehandlungsperspektive

Ein Fehler oder eine Ausnahme bezieht sich auf die Situation wenn unerwartetes Verhalten des Systems während der Prozessausführung auftritt. Die Ausnahmebehandlung gibt an wie in einer solcher Situation vorzugehen ist. Allgemein betrachtet man zwei Arten von Fehlern in Workflow Systemen: Ausführungsfehler und organisationale Fehler. Ausführungsfehler treten auf wenn das System aus dem normalen Kontrollfluss gerät, diese könnten z. B. Kommunikationsausfälle, Systemausfälle, Timeouts, usw sein; ein organisationaler Fehler tritt auf wenn unzulässige Änderungen der Organisationsstruktur während des Prozessablaufes stattfindet.

A19 DARSTELLUNG VON AUSNAHMEBEHANDLUNGSMECHANISMEN UND VERSCHIEDENER AUSNAHMETYPEN

Die Ausnahmebehandlungsperspektive umfasst die Elemente für die Ausnahmebehandlung und wie sich Ausnahmen auf den Ablauf des Workflows auswirken. Wenn ein Ausnahmefall auftritt während der Ausführung einer Aktivität, wird die Ausführung unterbrochen. Ein *Exception Handler* wird dann benötigt um den Ablauf fortzusetzen und die Fehlerinformationen weiterzugeben. Der Händler simuliert die unterbrochene Aktion als wäre sie abgeschlossen und die Prozessausführung wird mit der nächsten Aktivität fortgesetzt.

Man unterscheidet folgende Typen von Ausnahmen [WFP]:

- *Verstoßen gegen einer Bedingung* (Constraint) bezieht sich auf die Elemente der Verhaltensperspektive, Informationsperspektive und Organisationsperspektive. Bedingungen werden aufgestellt um die operationale Konsistenz und Integrität des Prozesses sicherzustellen. Es empfiehlt sich die Bedingungen möglichst generisch zu definieren um breitesten Anwendbarkeit zu erreichen.
- Ein *Termin* (Deadline) wird spezifiziert um eine Zeitgrenze an einer Aktivität zu setzen oder sogar ein Startzeitpunkt. Somit wird zu Designzeit durch den Exception Händler spezifiziert was zu tun ist falls die Aktivität nicht rechtzeitig abgeschlossen ist. Der Unterschied zu einer Eskalation ist, dass die Eskalation nicht nur zeitbasiert sein muss.
- Zudem sollte ein Exception Händler in der Lage sein eine Aktion zu unternehmen wenn eine *Ressource nicht verfügbar* ist.

A20 WEITERBEHANDLUNG (ROUTING) VON AUSNAHMEN

Es ist erforderlich bei dem Workflowentwurf potentielle Fehlerquellen zu erkennen und deren Auswirkungen auf den Prozessablauf entsprechend zu modellieren. Durch die Aufteilung der Workflows in private und öffentliche werden im Multi-Domain Umfeld auch zwei Arten von Fehlern unterschieden:

- **Lokale Fehler** innerhalb eines Partners dürfen den öffentlichen Workflow zwar beeinflussen, z. B. indem der Kontrollfluss geändert wird, jedoch nicht terminieren.
- **Globale Fehler** dürfen aufgrund der Ausführungsautonomie die privaten Workflows weder terminieren noch beeinflussen, jedoch sollte der Fehler an involvierte Partner

weitergeleitet werden und dort behandelt werden.

Ein lokaler Fehler kann dazu führen, dass der gesamte Prozess nicht durchführbar ist und die privaten Prozesse bei den anderen involvierten Partnern abgebrochen werden müssen. Aus diesem Grund wird ein Mechanismus zur Weiterbehandlung von Ausnahmen zwischen den Partnern benötigt.

In Multi-Domain Szenarios kann es vorkommen dass in den verschiedenen Domänen verschiedene Ausnahmetypen definiert sind. Möglicherweise unterscheiden sie sich in deren Format und Semantik [LSKA02]. In diesem Fall werden Vereinbarungen bezüglich der Definition von Ausnahmetypen zwischen den Partnern benötigt.

In Abbildung 4.6 sind die Elemente der Fehlerbehandlungsperspektive zu sehen. Diese Perspektive ist um das Element zur Weiterbehandlung eines Fehlers erweitert.

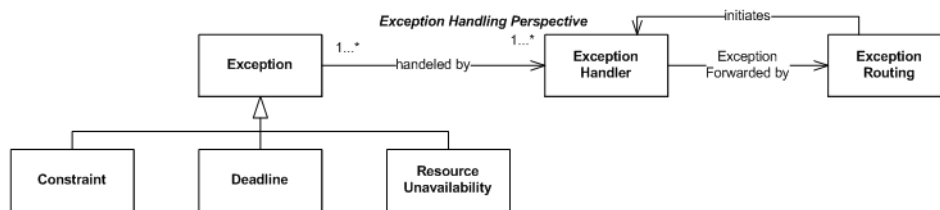


Abbildung 4.7: Elemente der Fehlerbehandlungsperspektive

4.7 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die spezifischen Merkmale bezüglich der Workflow Modellierung untersucht und Anforderungen für die Workflow-Sprachen abgeleitet. Diese Anforderungen dienen als Evaluierungskriterien in den nächsten Abschnitten dieser Arbeit. Jede der untersuchten Perspektive enthält die als erforderlich betrachtete Sprachkonstrukte für die Workflow Modellierung in Multi-Domain Umgebungen. In Abbildung 4.7 ist das gesamte Strukturmodell mit den Beziehungen zwischen den einzelnen Perspektiven dargestellt. Einige der Perspektiven sind nicht vollständig abgebildet, um die Übersichtlichkeit des Modells nicht zu beeinträchtigen.

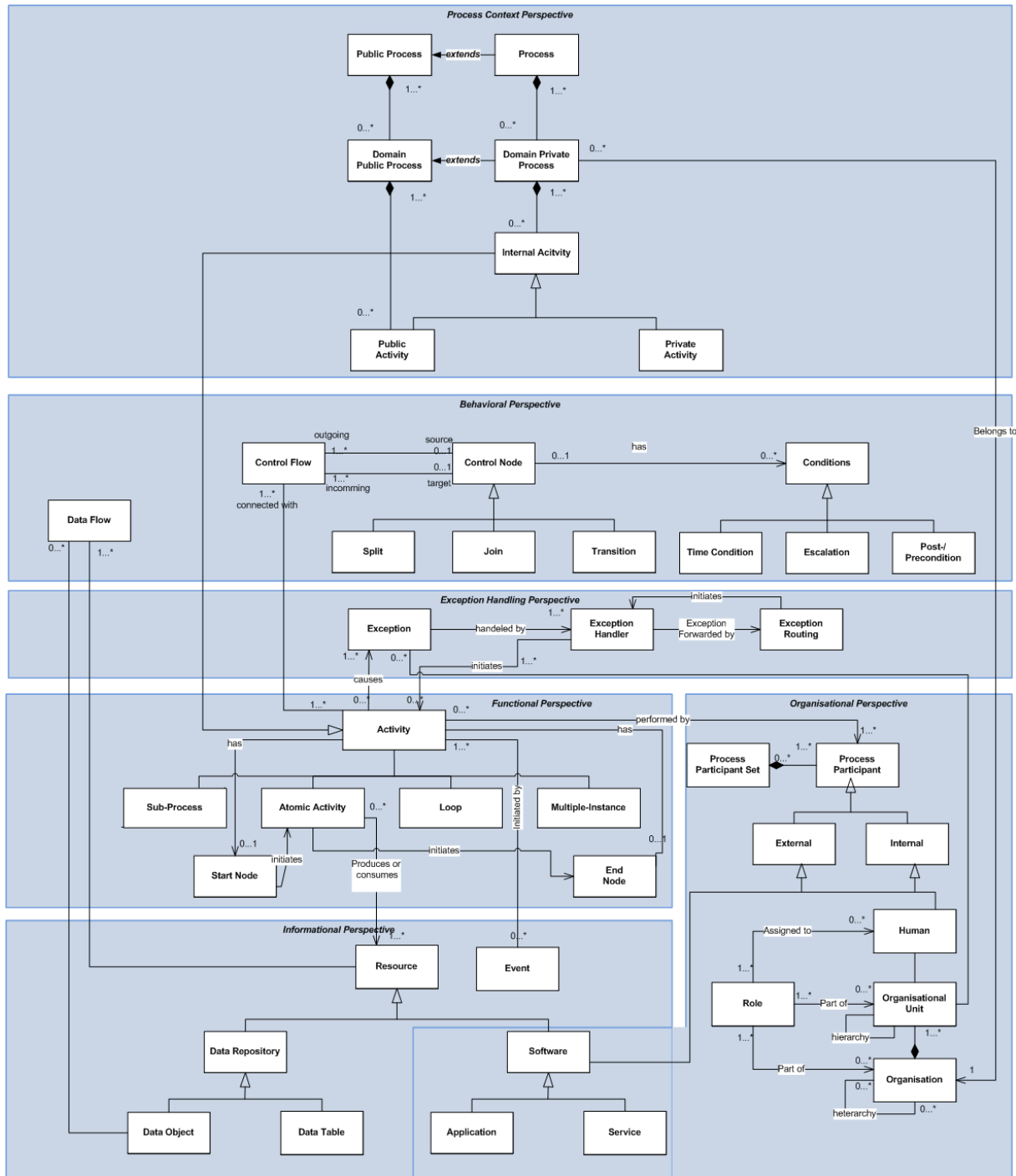


Abbildung 4.8: Strukturmodell der Workflow Sprachen

5 Evaluierung der Workflow Sprachen

In diesem Kapitel wird anhand der in vorangehendem Kapitel definierten Anforderungen eine Untersuchung und Auswertung der drei Modellierungssprachen BPMN, UML Aktivitätsdiagramme und YAWL durchgeführt. Die drei Sprachen werden einzeln evaluiert und im Rahmen einer Zusammenfassung miteinander verglichen. Vor der eigentlichen Evaluierung der Sprachen werden die erstellten Modelle der Szenarioprozesse vorgestellt, die als Beispiel für die Untersuchung dienen.

5.1 Evaluation von BPMN

5.1.1 Workflow-Modelle der Beispielprozesse

In Abbildung 5.1 ist das BPMN-Modell des Incident Management Prozesses aus dem Szenario dargestellt. Das Diagramm besteht aus drei internen Prozessen und bildet den öffentlichen Workflow. Im Modell sind die teilnehmenden Workflow Akteure und die Kommunikation zwischen diesen erkennbar. Die nicht sichtbaren, privaten Aktivitäten sind innerhalb Sub-Prozesse zusammengefasst und können in separaten Diagrammen erfasst und referenziert werden. Wenn ein Prozess komplett beschrieben ist, insbesondere, wenn man streng methodisch vorgeht, wird er immer mit einem Start-Ereignis beginnen und ein Ende-Ereignis haben. Bei der Modellierung des Prozesses ergab sich die Tatsache, dass ein gemeinsames Startereignis oder Endereignis für diesen öffentlichen Workflow, über die unabhängigen Pools hinaus, nicht definiert werden kann. Ein Incident wird initialisiert entweder durch die Meldung eines Anwenders oder durch das Monitoring System der E2ECU, d. h., der Prozess kann von zwei verschiedenen Akteuren angestoßen werden. Aus diesem Grund hat jeder Prozess in dem Kollaborationsdiagramm eigene Start- und Endereignisse. Auf der anderen Seite wird dadurch im Modell ersichtlich, wo genau und unter welchen Bedingungen die privaten Prozesse beginnen und enden. Modelliert man dagegen nur einen Subprozess oder einen Teil eines bestimmten Prozesses, kann ein Diagramm auch nur aus einigen verbindenden Aktivitäten bestehen und keine Start- und Endereignisse enthalten [Sieg 08].

Beim zweiten Szenarioprozess Einrichtung von E2ELinks (Abbildung 5.2) ist der Prozessablauf der Auftraggeber als Blackbox dargestellt. Dies sollte ein Beispiel dafür sein, wie ein privater Prozess als vollkommen unsichtbar darstellbar ist, dennoch wird die Kommunikation zu anderen Prozessen mittels des Nachrichtenflusses aufgezeigt. Zudem enthält das

Diagramm zwei verschiedene Rollen der NRENs, die sie während des Prozesses annehmen können. Der Prozess enthält viele Sub-Prozesse, nicht nur um private Aktivitäten zu verbergen, sondern auch seinen Inhalt übersichtlicher zu halten. Hier ist jedoch bei der Erfassung von Aktivitäten in Sub-Prozessen Vorsicht geboten, da wichtige Kommunikationsflüsse nicht darstellbar sind. Zu diesem Zweck befinden sich einige send/receive Aktivitäten außerhalb der Sub-Prozesse.

5.1.2 Evaluation

A1 WORKFLOW PARTITIONIERUNG IN PRIVATEN UND ÖFFENTLICHEN WORKFLOWS

Ein Kollaborationsprozess in BPMN besteht aus zwei oder mehreren abstrakten Prozessen. Die abstrakten Prozesse enthalten nur die sichtbaren Aktivitäten eines Partners, die mit den anderen privaten Prozessen kommunizieren und zeigen nicht den kompletten internen Prozessablauf. Die BPMN-Diagrammtypen lassen sich folgendermaßen der Workflow Aufteilung nach dem P2P Ansatzes zuordnen und somit ist diese Anforderung erfüllt:

- Ein privater Workflow entspricht einem privaten Diagramm und enthält sämtliche private Aktivitäten und darunter auch die als öffentlich definierte Aktivitäten. Ein privater Workflow wird abgeschlossen innerhalb eines Pools dargestellt.
- Der öffentliche Workflow entspricht dem Kollaborationsdiagramm und enthält nur die als öffentlich definierten Aktivitäten. Die privaten Aktivitäten laufen im Hintergrund „versteckt“ ab.

A2 SICHTBARKEITSTUFEN DER WORKFLOW ELEMENTE

Alle Elemente die sich innerhalb eines privaten Workflows befinden, sind solange als *privat* deklariert bis sie nicht in einem abstrakten Prozess, innerhalb eines Kollaborationsdiagrammes, veröffentlicht werden. Die zwei Sichtbarkeitsstufen können als benutzerdefinierte Eigenschaften definiert werden, um diese Sachverhalte besser zu verdeutlichen.

A3 DYNAMISCHE FLEXIBILITÄT

In BPMN ist die Modellierung von **Platzhalter** insbesondere für Prozesse und Sub-Prozesse durch verschiedene Abstraktionsniveaus möglich. Ein abstrakter Prozess kann als Platzhalter für die gesamten privaten Prozesse der Domänen verwendet werden, wenn sich diese in ihrem gesamten Verlauf voneinander unterscheiden. Wenn die privaten Prozesse viele gleiche Aktivitätenfolgen beinhalten, kann ein unabhängiger Sub-Prozess verwendet werden. In Abbildung wurde der Sub-Prozess „NREN interne Bearbeitung“ als Platzhalter verwendet, um die Bearbeitung der Störung in den einzelnen Domänen zu verallgemeinern. Ein unabhängiger Sub-Prozess hat den Vorteil, dass er in einem separaten Diagramm definiert wird, und kann aus anderen Prozessen aufgerufen werden.

Für die Modellierung einer **Referenz** werden folgende Konstrukte verwendet:

1. Referenzobjekte (z. B. die Informationen über ein NREN), können in BPMN mittels einem Datenobjekt dargestellt werden.

5 Evaluierung der Workflow Sprachen

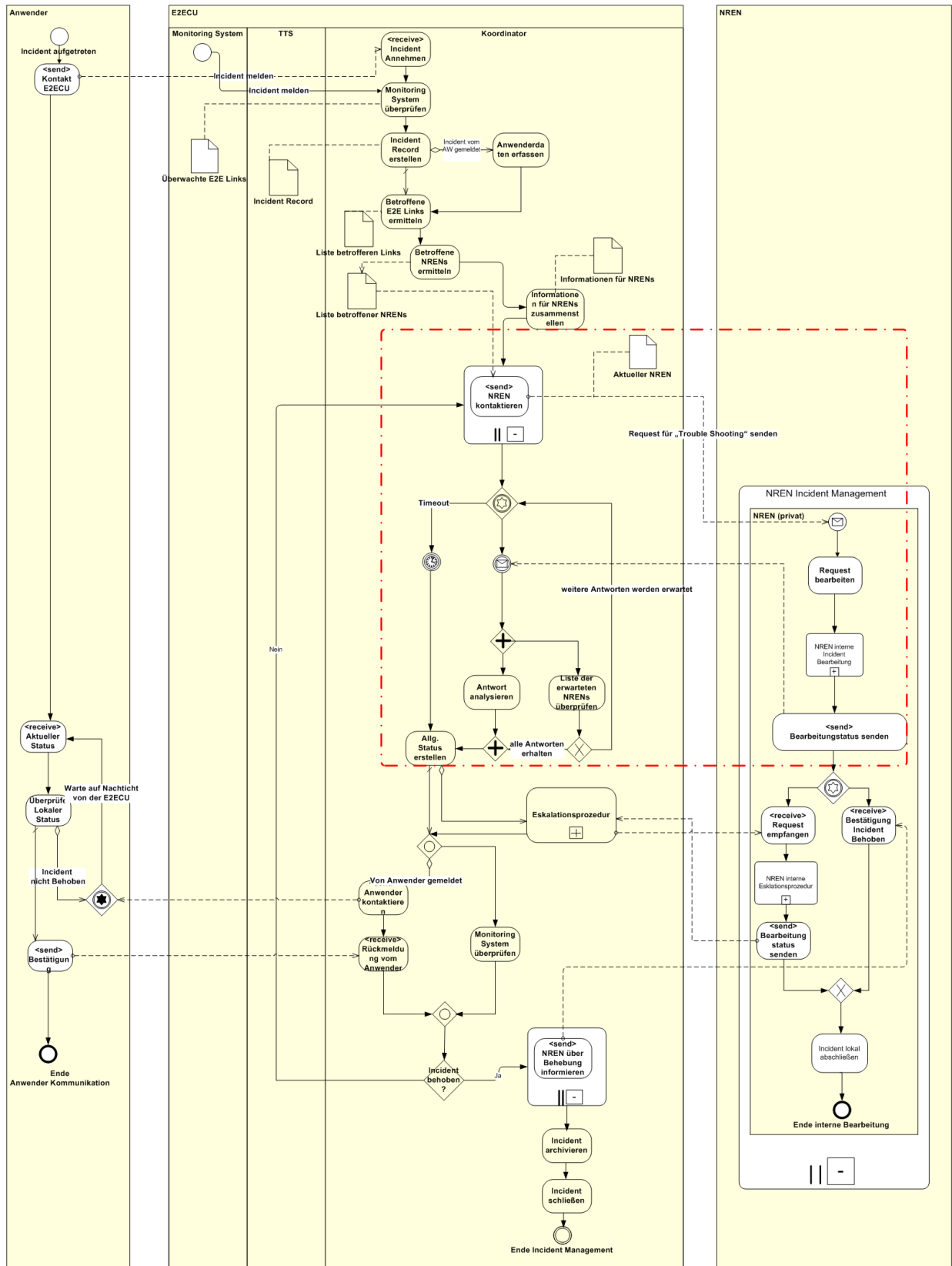


Abbildung 5.1: Incident Management mit BPMN

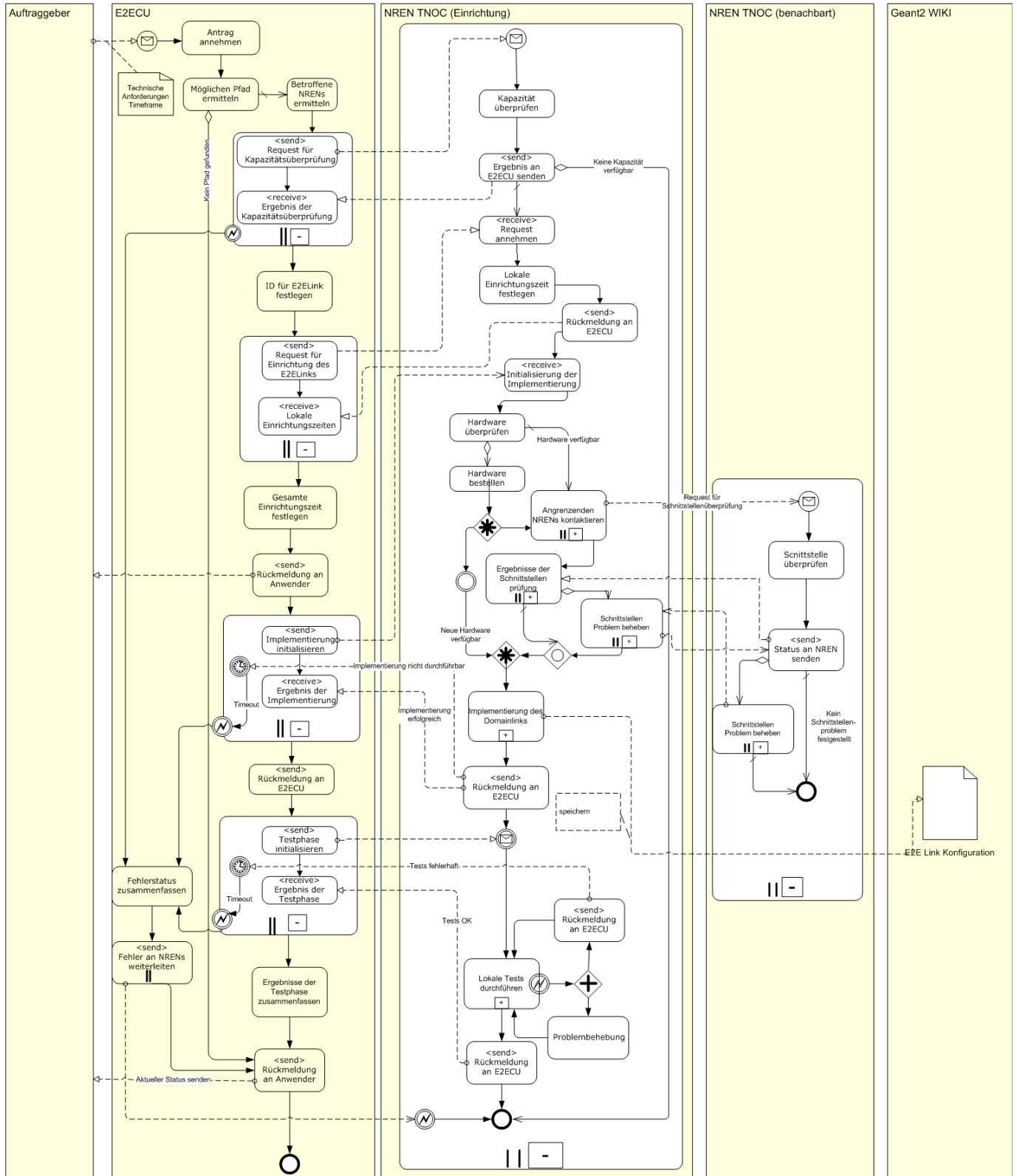


Abbildung 5.2: Einrichtung von E2ELinks mit BPMN

5 Evaluierung der Workflow Sprachen

2. Platzhalter (unabhängiger Sub-Workflow) für die zu initialisierenden privaten Workflows oder Aktivitäten.
3. Assoziationen für die Darstellung der Beziehungen zwischen den Referenzobjekten und den Platzhaltern.

Mit diesen Objekten lässt sich zwar die dynamische **Zuordnung** zwischen mehreren Workflow Akteure und deren privaten Workflows grafisch darstellen (vgl. Abbildung 5.1.2) ist aber für die Prozesssemantik und die Übertragung in ausführbaren Code nicht ausreichend. Hierzu muss bei der Verwendung von unabhängigen Sub-Prozessen das Attribut **ProcessRef** dynamisch festgelegt werden. **ProcessRef** zeigt an, welchen Prozess aufgerufen werden soll und das Attribut **DiagramRef** in welchem Diagramm der Prozess existiert. Dieses Problem ist während der Modellierung nicht lösbar. Dadurch ist diese Anforderung nur teilweise erfüllt.

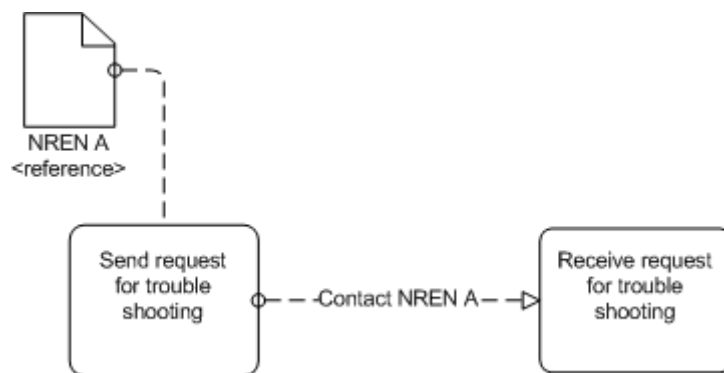


Abbildung 5.3: Beispiel für Referenzobjekte in BPMN

Skalierbarkeit

Es ist bei der Modellierung der Beispielprozesse mit BPMN klar geworden, dass je mehr Organisationen involviert sind, desto unübersichtlicher werden die Modelle, wenn diese in einem Diagramm enthalten sind. Allgemein betrachtet werden für die Skalierbarkeit die dynamische Referenzierung und die Platzhalter benötigt, um mehrere privaten Workflows oder Interaktionen darzustellen und gleichzeitig oder iterativ aufzurufen. Hierzu kann ein unabhängiger Sub-Prozess in speziellen Konstrukten eingebettet werden, die diese Ausführungsarten abbilden: Loop Sub-Prozesse und Multiple-Instance Sub-Prozesse. Durch die eingebetteten Sub-Prozesse wird in den Workflow-Modellen eine Hierarchisierung erreicht, die die Übersichtlichkeit verbessern. Wenn BPMN Modelle sehr groß werden, können diese in mehreren Diagrammen aufgeteilt und mittels Linkereignisse (Konnektoren) miteinander verbunden werden.

A4 GEWÄHRLEISTUNG DER ENTWURFSAUTONOMIE

BPMN ermöglicht die **Kapselung** interner Abläufe, oder nur Teile von denen, durch Swimlanes in den verschiedenen Abstraktionsebenen. Für Prozessfragmente können die verschiedenen Notationen von Sub-Prozessen verwendet werden. Die Informationsverbergung wird durch einen abstrakten Prozess und unabhängigen Sub-Prozessen realisiert.

A5 GEWÄHRLEISTUNG DER KOMMUNIKATIONS-AUTONOMIE

Die Möglichkeit den Kommunikationsfluss nur mit dem Nachrichtenfluss darzustellen gibt einem Partner in seinem privaten Workflow die Möglichkeit die Nachrichtenbearbeitung frei oder gemäß Vereinbarungen, im Sinne der Kollaboration, zu gestalten. Alternative Pfade im Ablauf sind durch bedingte Kanten oder durch Tore (Gateways) modellierbar. Ein Gateway ist von einem fremden Swimlane bzw. Prozess auf keiner Weise erreichbar, d. h. eine Entscheidung, welcher Pfad ausgeführt wird, wird innerhalb des eigenen Prozesses getroffen. Für die Ablehnung/Abbruch einzelner Kommunikationsdialoge sind ausgehende alternative Pfade im weiteren Ablauf notwendig, die durch ein entsprechendes Tor (Gateway) verbunden sind. D. h. der Pfad auf dem die Aktivitäten, die für einen Kommunikationsdialog notwendig sind, wird nicht betreten und der Prozess wird an einer anderen Stelle fortgesetzt.

A6 GEWÄHRLEISTUNG DER AUSFÜHRUNGSAUTONOMIE

Die autonomen Partner kommunizieren nur über den Nachrichtenfluss in BPMN Modellen. Der Nachrichtenfluss vom Partner A zu Partner B kann den privaten Prozess vom B nicht direkt beeinflussen und die Ausführung privater Aktivitäten aufrufen. Die weitere Ausführung von Aktivitäten wird durch die eigenen *receive tasks* weiter gesteuert.

A7 GEWÄHRLEISTUNG DER KOOPERATIONSAUTONOMIE

Die Verweigerung zur Kooperation in einem BPMN-Modell reduziert sich auf die Ausnutzung der Kommunikationsautonomie. Wenn ein Partner während einer Kollaboration austreten will, bzw. nicht daran teilnehmen möchte, kann er den Nachrichtenaustausch verweigern und seinen privaten Prozess durch ein Endereignis im eigenen Swimlane beenden.

Zusammenfassend ist bei der Modellierung mit BPMN die Betonung der Autonomie allgemein unterstützt. Die Modellierung einer **Blackbox** wird durch einen leeren abstrakten Prozess ermöglicht.

A8 DARSTELLUNG VON ORGANISATIONSEINHEITEN

BPMN verfügt über Notationssymbole für die Darstellung von Organisationseinheiten. Jede beteiligte Organisation wird durch einen Pool (Schwimmbecken) dargestellt. Die separaten Organisationseinheiten innerhalb einer Organisation werden mit Lanes (Schwimmbahn) modelliert. Die Lanes enthalten die eigentlichen Prozessabläufe. Heterarchische Beziehungen zwischen Organisationseinheiten lassen sich darstellen, indem man zwei oder mehreren Pools nebeneinander einordnet. Die voneinander unabhängigen Pools interagieren nur durch den Nachrichtenfluss miteinander. Die Hierarchie dagegen kann durch verschachtelte Pools und Lanes modelliert werden. Darin sind Kontrollflussstrukturen zwischen den Pools und Lanes erlaubt.

A9 DARSTELLUNG VON WORKFLOW TEILNEHMERN UND DEREN ROLLEN

Mittels Pools und Lanes werden Workflow Akteure, Rollen und Verantwortlichkeiten im Prozessmodell abgebildet. Ein Pool oder Lane kann als eine Entität (Workflow Akteur) im Prozessmodell definiert werden und kann mehrere Rollen aufweisen, indem mehrere Lanes in seinem Pool eingefügt werden. In dem Beispielprozess „Einrichtung von E2ELinks“ kann ein NREN zwei Rollen spielen: die Schnittstellenüberprüfung und die eigentliche Einrichtung des Domainlinks.

A10 UNTERSTÜTZUNG GROSSER ANZAHL AN BETEILIGTEN

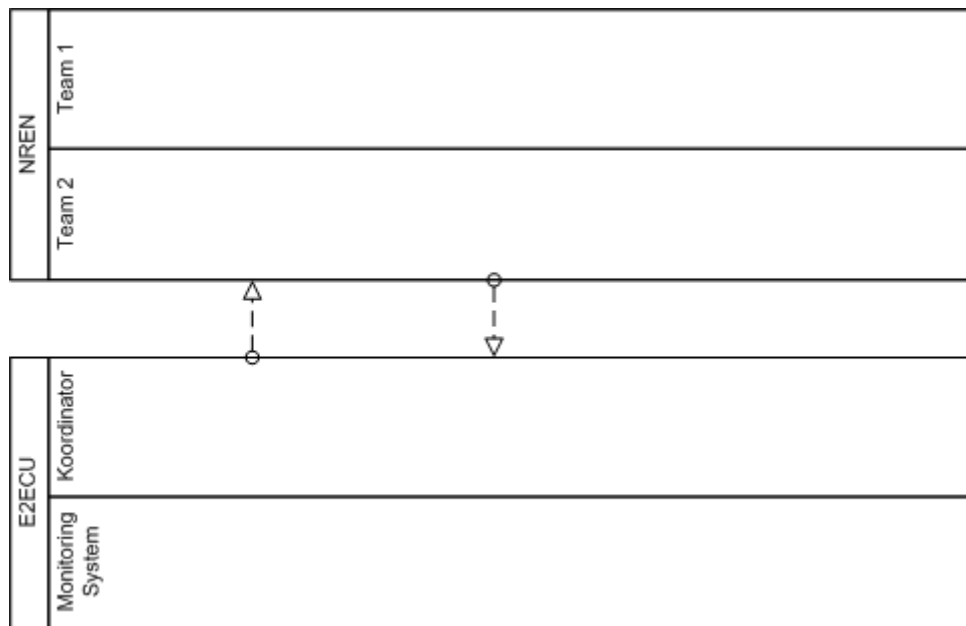


Abbildung 5.4: Darstellung von Organisationseinheiten in BPMN

Eine Modellierung von Prozess-Teilnehmer Gruppen zur Unterstützung großer Anzahl an Beteiligten, die zur Designzeit nicht bekannt ist, ist in BPMN nicht möglich. Ein Teilnehmer (Domäne) und sein privater Prozess werden durch einen Pool dargestellt. Durch den Pool wird genau ein Prozess dargestellt, der eine einzelne Prozessinstanz entspricht. Dadurch können die Prozessmodelle in Bezug auf die Anzahl der Workflow Teilnehmer und Rollen keine Skalierbarkeit und dynamische Referenzierung aufweisen. In diesem Fall gibt es keine Möglichkeit später die Domänen voneinander zu unterscheiden. Diese Problematik wurde bereits in [DP07] untersucht und es wurden sogar Vorschläge für entsprechende BPMN Erweiterungen gemacht.

Während der Modellierung der Beispielprozesse wurde versucht, eine Gruppe von Domänen als ein abstraktes Pool zu definieren (Platzhalter). In Abbildung 5.1 ist der Pool „NREN“. Der Pool enthält einen unabhängigen Sub-Prozess „NREN Incident Management“. Dieser Sub-Prozess kann zu den privaten Prozessen der involvierten NRENs expandiert werden (vgl. Abbildung 5.1). Durch das Kästchen mit Minus-/Pluszeichen wird darauf hingewiesen, dass ein Sub-Prozess expandiert bzw. verborgen ist. In diesem Beispiel wird er als expandiert eingefügt, um den Nachrichtenaustausch anzuzeigen. Durch das Multiple-Instance Zeichen (zwei senkrechte Striche) wird verdeutlicht, dass dieser Sub-Prozess mehrfach-instanzierbar ist, d. h. je eine Instanz pro Domäne.

Das Workflow Pattern „Verzögerte Verteilung“ (Deferred Distribution) beschreibt das Verhalten der dynamischen Zuordnung. Es bildet den Anwendungsfall ab, wenn die Identifikation von Ressourcen bzw. Akteure, die eine Instanz einer Task auszuführen haben, erst zur Laufzeit aufgeschoben wird. Dieses Pattern wird durch BPMN in seiner aktuellen Version nicht erfüllt [WRP3]. Die Anzahl der Instanzen kann zur Laufzeit jedoch ermittelt und gesetzt werden.

A11 DARSTELLUNG VON INTERAKTIONEN

In BPMN kann eine Interaktion durch Aktivitäten und den Nachrichtenfluss modelliert werden. In Multi-Domain Szenario ist Kontrollfluss zwischen den Aktivitäten unabhängiger Partnern nicht möglich, da eine Interaktion zwischen zwei oder mehreren Pools stattfindet. Dies ist für die Modellierung der Interaktionen nachteilig, weil Abhängigkeiten und die gegenseitige Aufeinanderwirkung zwischen den Interaktionspartnern nicht deutlich dargestellt werden können. Eine Abhilfe könnte durch die Verwendung von Gruppen (Groups) geschaffen werden. Gruppen gehören zu der Kategorie der Artefakte. Sie haben keinen Einfluss auf Kontroll- und Nachrichtenfluss und können über mehreren Pools hinausgehen. Somit können send/receive Aktivitäten und die darauffolgenden Aktivitäten, die die eigentliche Auswirkung der Interaktion zeigen, zusammengefasst werden (vgl. Abbildung 5.1.2).

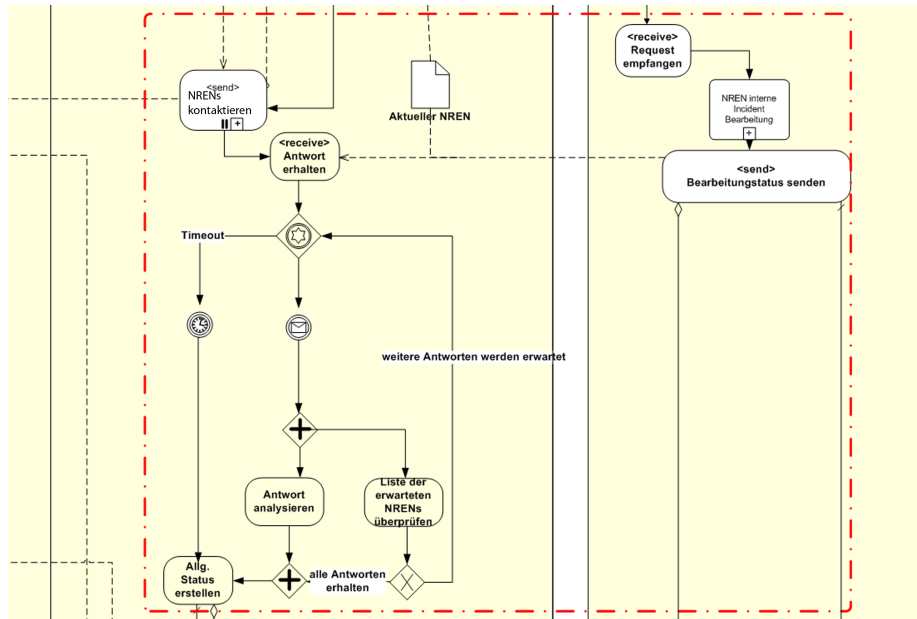


Abbildung 5.5: Interaktionen in BPMN

Die Modellierung der **Send**, **Receive** und **Send /Receive** Interaktionen ist durch die speziellen Sprachelemente „Send Task“ und „Receive Task“ und den Nachrichtenfluss möglich.

Die Problematik bei der Modellierung der **One - to - many send**, **One - from - many receive** und **One - to - many send/receive** Interaktionen, wurde bei der Anforderung bzgl. der großen Anzahl an Beteiligten angesprochen. Wenn alle Partner zur Designzeit bekannt sind, ist die Modellierung der Interaktionen möglich. Dieser Fall ist für die Beispielprozesse aus dem Szenario nicht von besonderer Wichtigkeit, da die Anzahl der Domänen und wer sie sind zur Designzeit nicht bekannt sind und wird während der Evaluation nicht weiter untersucht.

Die Modellierung dieser Interaktionsmuster, wenn die Anzahl der Beteiligten erst zur Laufzeit bekannt ist, ist in BPMN nur teilweise möglich. In Abbildung 5.1.2 ist eine Interaktion zwischen der E2ECU und ein NREN dargestellt. Das NREN Pool steht als Platzhalter für alle betroffene NRENs während der Prozessausführung.

- **One - to - many send** kann nicht vollständig modelliert werden aufgrund des fehlenden Mechanismus für Prozessteilnehmer Gruppen (**A10**). Die mehrfache Ausführung der Aktivität *send* kann durch eine Schleife oder die *Multiple-Instance* Task/Sub-Prozess ausgedrückt werden. Es ist dennoch nicht deutlich, welche NRENs die Nachricht bekommen(**A10**). So ist in Abbildung 5.1 die Aktivität „NREN kontaktieren“ in einem mehrfach-instanzierbaren Sub-Prozess eingebunden. Jede Instanz der *send* Aktivität initialisiert eine Instanz des unabhängigen Sub-Prozesses „NREN Incident Management“. Die Ausführung des E2ECU Prozesses wird mit der nächsten Aktivität fortgesetzt erst nachdem alle NRENs kontaktiert worden sind.
- Für die **One - from - many receive** Interaktion konnte auch nur eine Teillösung erarbeitet werden (vgl. Abbildung 5.1.2). Nachdem *Receive* wird eine iterative und ereignisbasierte Prozedur aufgerufen, um die Antworten der NRENs zu synchronisieren und damit den globalen Bearbeitungsstatus abzuleiten. Als Folge des fehlenden Referenzierungskonzeptes und die Gruppen von Teilnehmern (vgl. **A3**, **A10**) ist nicht eindeutig, welche Domäne die Nachricht sendet. Die Anzahl der erwarteten Domänen kann durch die Attribute *InputSets* und *Inputs* festgelegt werden. Ein *InputSet* reicht aus um die Aktivität auszuführen (z. B. die Aktivität „Antwort vom NREN empfangen“ löst ein Nachrichtenereignis aus) und hat mindestens ein *Input*. Ein *Input* darstellt das Objekt, das durch die Aktivität empfangen wurde (z. B. die Antwort eines Partners). **One - to - many send/receive** ist die Kombination aus den ersten zwei Interaktionen und kann auch nicht vollständig modelliert werden.

A12 DARSTELLUNG PRIMITIVER KONTROLLFLUSS-KONSTRUKTE

BPMN verfügt über fast alle in dem Strukturmodell abgebildeten Kontrollfluss-Konstrukte in der Verhaltensperspektive. In BPMN können Vor- und Nachbedingungen für Aktivitäten nicht direkt gesetzt werden, sondern kann das entsprechende Verhalten durch den bedingten Kontrollfuß ausgedrückt. Diese sind für die Evaluation nicht von besonderem Interesse, da sie bei Interaktionen zwischen den Partnern nicht verwendbar sind.

A13 DARSTELLUNG VON ZEITLICHEN BEDINGUNGEN

Zeitliche Bedingungen können anhand eines zeitlichen Ereignisses modelliert werden. Nach der die gesetzte Zeitgrenze oder Zeitperiode überschritten ist, wird eine Aktivität aufgerufen oder ein anderes Ereignis ausgelöst. Ein lokales Ereignis in BPMN kann keine Aktivitäten in anderen privaten Workflows direkt anstoßen, sondern bedingt durch Aktivitäten weitergeleitet werden.

A14 DARSTELLUNG VON ESKALATIONEN

Eskalationen können mithilfe von regelbasierten Ereignissen (Rule Event) modelliert werden. Dieser Ereignistyp wird ausgelöst, wenn eine vordefinierte Regel als „wahr“ ausgewertet wird. Eine Regel ist ein Ausdruck, dass prozessrelevante Daten ausgewertet, und entsprechende Aktivitäten initialisiert [Whi04]. Hier gelten die gleichen Einschränkungen der Ereignisbehandlung wie in **A13** beschrieben.

A15 UNTERSTÜTZUNG VON DATENTRANSFORMATIONEN DURCH DEN DATENFLUSS

Eine explizite Darstellung für diese Anforderung ist in BPMN nicht verfügbar. Der Daten-

fluss wird durch den Nachrichtenfluss modelliert. Die zu übertragenden Daten werden durch Artefakte und Assoziationen dargestellt. In den Workflow Patterns „Data Transformation Input/Output“ [WRP32] und [WRP33] ist ein Vorschlag zur Umsetzung einer Transformationsfunktion durch Input- und OutputPropertyMaps und ein Subprozess gemacht worden.

A16 ABBILDUNG VON EIGENTUMSVERHÄLTNISSEN DER INFORMATIONSOBJEKTE

Mittels Pools und Lanes können im BPMN die Informationsobjekte wie Daten, Datenbanken, Software etc. dargestellt werden. Durch die übergeordneten Pools bzw. Lanes werden die Eigentümer der Objekte veranschaulicht.

A17 ABBILDUNG VON ZUGRIFFSRECHTEN

Zugriffsrechte lassen sich in BPMN nicht direkt darstellen. Ein Lese- oder Schreibzugriff in einem fremden Pool kann durch eine gerichtete Assoziation dargestellt werden und durch Artefakte und Bedingungen zielgerichtet konkretisiert werden. In Abbildung 5.1.2 ist ein Beispiel für einen lesenden und einen schreibenden Zugriff abgebildet.

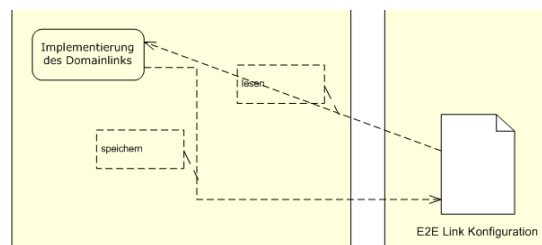


Abbildung 5.6: Beispiel für Zugriffsrechte in BPMN

A18 AUSWIRKUNGEN VON EREIGNISSEN

Die Darstellung der Auswirkungen von Ereignissen zwischen den privaten Workflows wird in BPMN nicht optimal unterstützt. Die Gründe dafür sind:

1. keine direkte Auswirkung auf den Kontrollfluss der privaten Workflows sonstiger Partner;
2. eingeschränkte Implementierung der multilateralen Interaktionen (one-to-many receive, one-to-many receive/send, one-from many-receive);

Eine Möglichkeit die Auswirkung bei einem kooperierenden Partner zu verdeutlichen, ist das Hinzufügen von Ereignissen in den privaten Workflows. Diese Ereignisse lösen dann die entsprechende Aktivität (die Auswirkung) aus. Das Einfügen solcher Ereignisse wird die Entwurfsautonomie beschränken. Hierzu sind jedoch die Einschränkungen durch die Verbindungsregeln von BPMN zu beachten. Nachrichtenfluss vom Zwischenereignis zu einem Ereignis in einem fremden Pool ist nicht möglich. Die Weiterleitung der Ereignisse muss über eine Aktivität erfolgen. Diese Aktivität kann nur Start- und Zwischenereignisse im fremden Pool hervorrufen und keine Endereignisse [Whi04].

A19 DARSTELLUNG VON AUSNAHMEBEHANDLUNGSMECHANISMEN UND VERSCHIEDENER AUSNAHMETYPEN

Es gibt in BPMN ein Symbol für die Kennzeichnung von Ausnahmen. Ein Händler kann durch das Event und den zugehörigen Kontrollfluss modelliert werden. Das Eventsymbol wird am Rande der Aktivität gezeichnet, die eine Ausnahme auslösen kann. Sobald die Ausnahme eintritt, wird die Aktivität unterbrochen. Der Prozess wird über die vom Ausnahmeereignis ausgehende Kante fortgesetzt. Die Fehleruhrsache kann ins Ereignis definiert werden und somit werden verschiedenen Ausnahmetypen ausgelöst und behandelt. Wenn keine Fehleruhrsache vorgegeben ist, wird das Ereignis durch jeden Fehler ausgelöst.

A20 WEITERBEHANDLUNG (ROUTING) VON AUSNAHMEN

Die Weiterbehandlung von Ausnahmen über die Poolgrenzen eines Partners ist in BPMN aufgrund A18 eingeschränkt, da sie als Ereignis dargestellt wird. Die Ausnahme kann lediglich über den Nachrichtenfluss an die Partner weitergeleitet werden und dort als Ereignis abgefangen und behandelt werden (vgl. Abbildung 5.1.2). Eine lokale Ausnahme im NREN Pool wird während der Testphase ausgelöst und über eine Sendeaktivität weitergeleitet. Eine Ausnahme zu Ausnahme Verbindung ist über die Poolgrenzen nicht möglich.

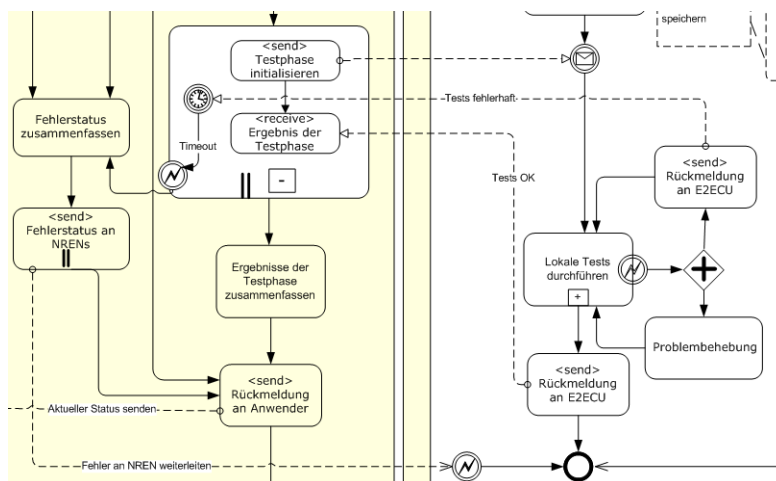


Abbildung 5.7: Beispiel für Weiterbehandlung von Ausnahmen in BPMN

5.2 Evaluation von UML Aktivitätsdiagrammen

5.2.1 Workflow-Modelle der Beispielprozesse

UML Aktivitätsdiagramme (UML AD) unterstützen die meisten Prozessperspektiven bei der Workflow Modellierung. Durch die Verwendung von weiteren UML Diagrammtypen können die Prozessmodelle erweitert werden. Die Organisationsstruktur z. B. kann durch Objekt- und Klassendiagramme detaillierter modelliert werden, um die genauen Beziehungstypen zwischen beteiligten Organisationen und Organisationseinheiten darzustellen. Interaktionen zwischen beteiligten Akteuren können durch Sequenzdiagramme dargestellt werden [DAH05].

In Abbildung 5.8 ist der Incident Management Prozess dargestellt und in Abbildung 5.9 der Prozess zur E2ELinks Einrichtung. Auf den ersten Blick haben die UML AD Modelle viel gemeinsam mit den BPMN-Diagrammen. Einer der Unterschiede bezieht sich auf die Start/Endknoten. In einem UML AD ist nur ein Startknoten erlaubt. Er darf außerhalb einer Swimlane liegen. Somit wird deutlicher gezeigt, dass ein öffentlicher Workflow von verschiedenen unabhängigen Akteuren initialisiert wird. Beide Prozesse haben auch einen eindeutigen Prozessendknoten, der das Ende des Gesamtprozesses zeigt. Die internen Prozesse der Teilnehmer (z. B. der NRENs, oder der Anwender) haben einen Knoten zum Abrechen. Damit wird verdeutlicht, dass diese zwar zu Ende sind, der Gesamtprozess aber noch nicht. In den Workflow-Modellen sind sowohl die Prozessteilnehmer und deren Rollen, dargestellt durch Partitionen, als auch die Kommunikation zwischen diesen. In UML AD kann die Kommunikation durch den Objektfluss oder durch den Kontrollfluss erfolgen.

UML AD ermöglichen auch eine hierarchische Prozesskomposition wenn Prozesse sehr komplex werden. Hier wird diese Eigenschaft ähnlich wie in BPMN, dazu genutzt um private Prozessfragmente zu verbergen und ein übersichtliches Modell zu erreichen. Der gesamte Workflow besteht dann aus mehreren in verschiedenen Modellen ausgelagerten Sub-Diagrammen.

5.2.2 Evaluierung

A1 WORKFLOW PARTITIONIERUNG IN PRIVATEN UND ÖFFENTLICHEN WORKFLOWS

Ein privater Workflow wird durch ein eigenständiges Aktivitätsdiagramm dargestellt. Ein öffentlicher Workflow besteht aus einer Menge von kooperierenden Aktivitätsdiagrammen, die wiederum ein Aktivitätsdiagramm zusammenbilden. In diesem sind nur die öffentlichen Aktivitäten und Transitionen sichtbar. Die nicht sichtbaren privaten Elemente eines Workflows können als Sub-Aktivitäten innerhalb ein *strukturierter Aktivitätsknoten* (Structure-ActivityNode) modelliert werden. Ein strukturierter Aktivitätsknoten kann vollkommen isoliert von den übrigen Aktivitäten ausgeführt werden. Hierzu erhält das Attribut *mustIsolate* den Wert *wahr*. Durch eine ermessene Zerlegung der privaten Aktivitätsdiagramme in Sub-Aktivitäten wird abgesichert, dass die vereinbarten Aktionen und deren Abfolge korrekt ausgeführt werden. Die kompletten privaten Workflows können in separaten Diagrammen abgelegt werden. In diesen Diagrammen werden auch die privaten unsichtbaren Workflow Elemente detailliert angezeigt.

A2 SICHTBARKEITSTUFEN DER WORKFLOW ELEMENTE

In Abbildung 5.9 ist die Sub-Aktivität „Implementierungsphase“ eine Blackbox und ihr internen Aufbau für sonstige involvierte Partner nicht sichtbar und kann als Private interpretiert werden. Alle im öffentlichen Workflow angezeigten Aktivitäten und insbesondere Aktionen sind public. In UML AD haben die Attribute der Elemente Aktivität und Aktion drei Sichtbarkeitsstufen: *privat* (private), *öffentlich* (public) und *geschützt* (protected). Diese zeigen während der Prozessausführung an, wer Zugriff auf die Aktivitäten hat.

A3 DYNAMISCHE FLEXIBILITÄT

Platzhalter

5 Evaluierung der Workflow Sprachen

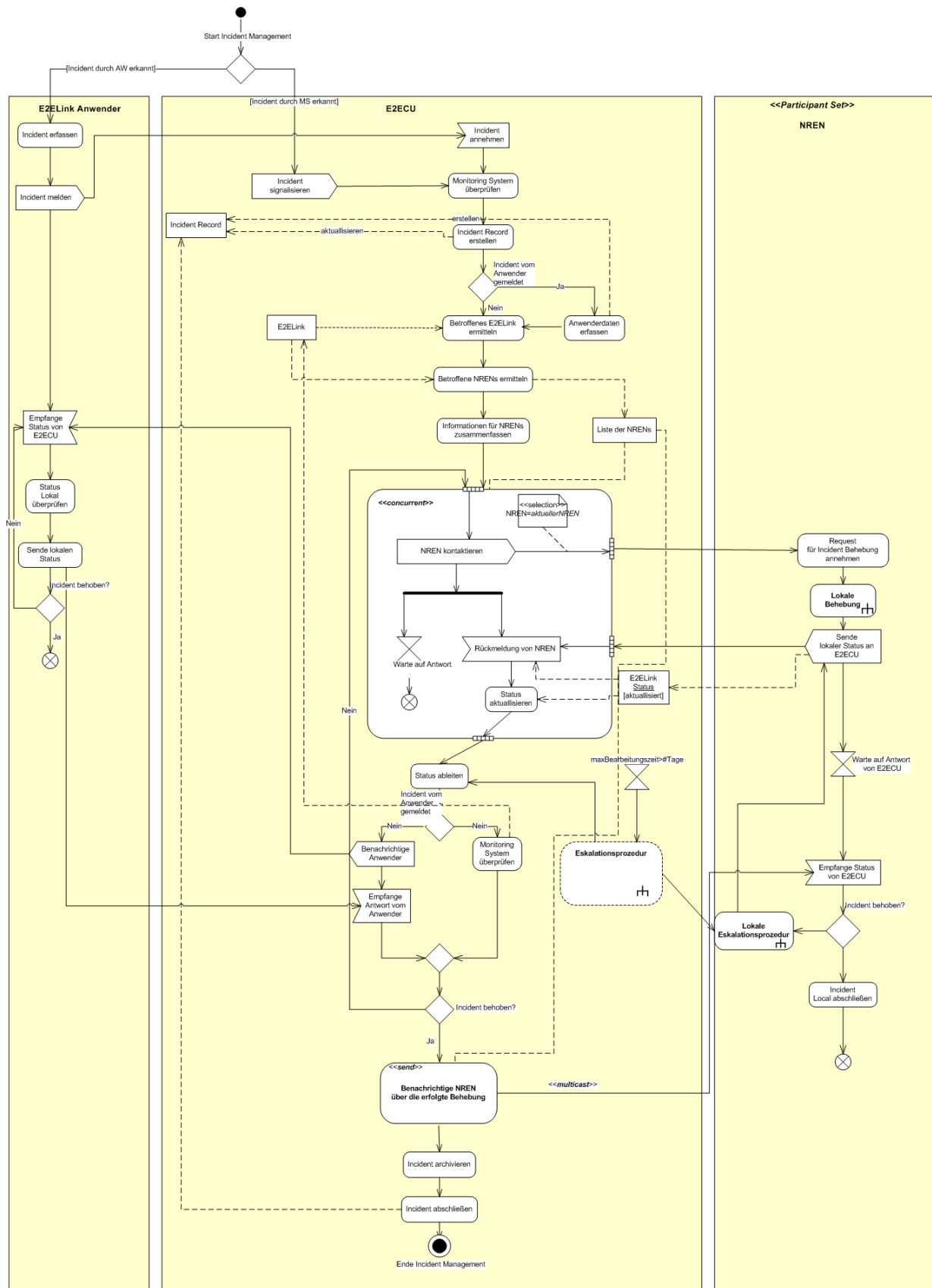


Abbildung 5.8: UML Aktivitätsdiagramm für den Prozess „Incident Management“

5.2 Evaluation von UML Aktivitätsdiagrammen

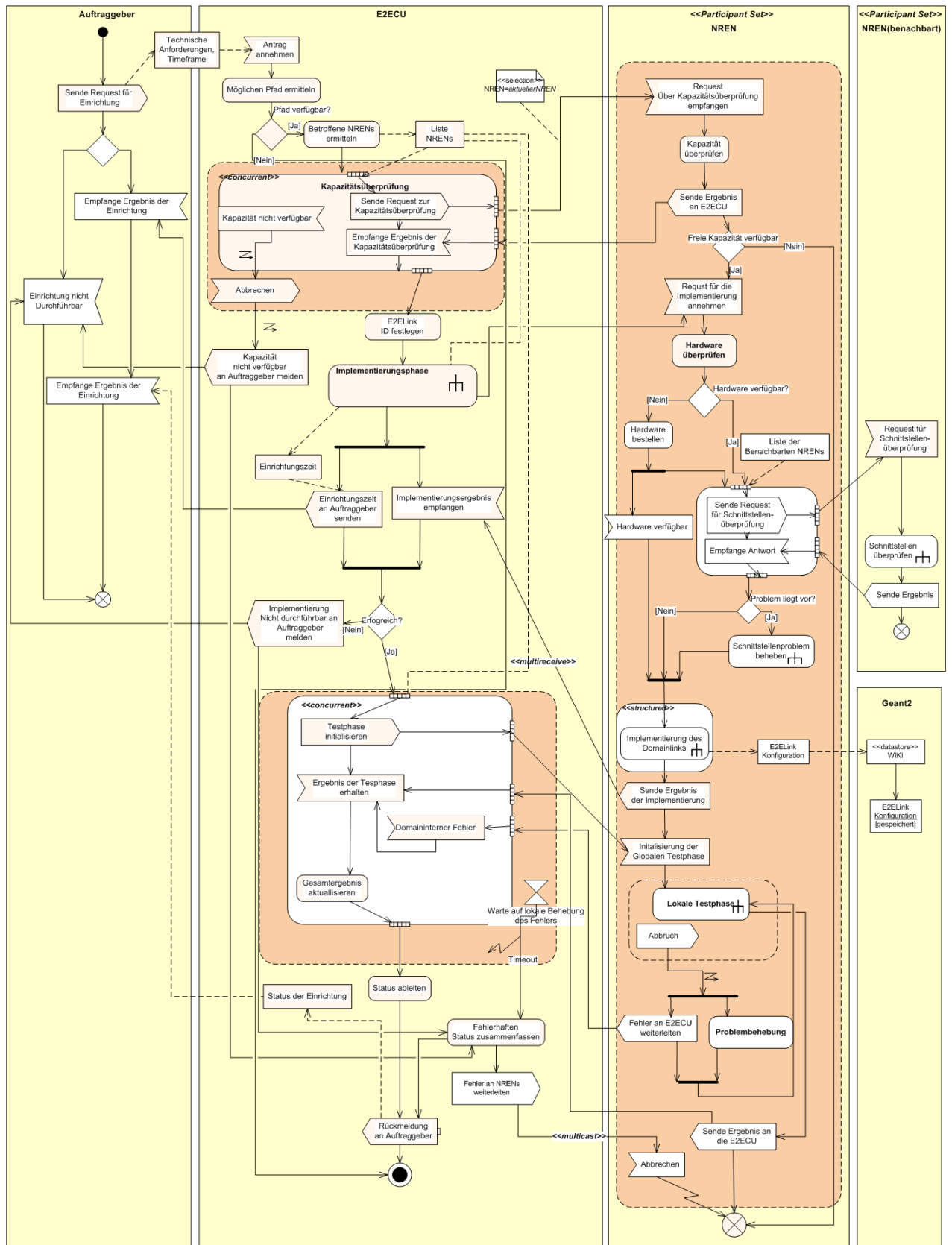


Abbildung 5.9: UML Aktivitätsdiagramm für den Prozess „E2ELink Einrichtung“

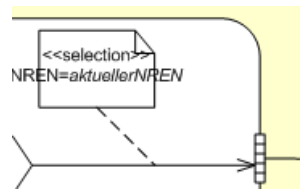


Abbildung 5.10: Beispiel für Referenzierung in UML Aktivitätsdiagramme

Um Platzhalter für zur Designzeit nicht bekannte Aktivitäten oder privaten Workflows darzustellen, können in UML spezielle Symbole wie *zusammengesetzte Aktivitäten* (compound activity) und *strukturierte Aktivitätsknoten* verwendet werden. Im öffentlichen Workflow enthalten diese Elemente keinen Bezug zu einem konkreten Workflow Teilnehmer und sein privater Prozess. Eine Swimlane kann in UML AD nicht als ein leerer abstrakter Prozess, wie in BPMN, dargestellt werden, und muss mindestens eine Aktivität enthalten. Diese Aktivitäten sind dann von allen Workflow Teilnehmer, die durch diesen Platzhalter vertreten sind, auszuführen.

Referenzierungen

Referenzierungen können in UML AD durch den Objektfluss dargestellt werden. Ein Objekt zeigt den Empfänger bzw. den Workflow Akteur, der ein Request, eine Nachricht oder ein Signal von Außen empfängt. Das Objekt zeigt zur Laufzeit den konkreten NREN, dessen privaten Aktivitäten initialisiert werden sollen. Eine andere Möglichkeit eine Referenzierung darzustellen, ist durch den s. g. Selektionsverhalten mittels Artefakten, die mit dem Schlüsselwort <<*selection*>> versehen sind [UMLSS].

Skalierbarkeit Durch die Hierarchisierung der Prozesse in Sub-Aktivitäten, die Verwendung von Platzhaltern und Referenzierungen werden in UML AD größere Modelle bei mehreren involvierten privaten Prozessen übersichtlich dargestellt. Zudem ist das iterative oder gleichzeitige Aufrufen und Ausführen der privaten Prozesse möglich. Hierzu können Mengenverarbeitungsbereiche oder Loop Konstrukte verwendet werden. Sehr große und komplexe Workflow Modelle können durch Konnektoren aufgeteilt werden.

A4 GEWÄHRLEISTUNG DER ENTWURFSAUTONOMIE

Eine Kapselung von Prozessen oder Teilprozessen erfolgt in UML AD durch den Entwurf separater Aktivitätsdiagramme oder durch die Verwendung von Partitionen. Informationsverbergung kann durch die Verwendung von zusammengesetzten Aktivitäten modelliert werden. Deren Inhalt ist dann im öffentlichen Workflow nicht sichtbar, da diese als private Modelle deklariert werden können.

A5 GEWÄHRLEISTUNG DER KOMMUNIKATIONS-AUTONOMIE

In UML AD können alternative Pfade im Ablauf und Entscheidungen durch bedingte Transitionen und durch einen Entscheidungsknoten (decision) modelliert werden. Ein Entscheidungsknoten kann von fremden Prozessen innerhalb des öffentlichen Workflow erreicht werden, da Kontrollfluss zwischen separaten Partitionen erlaubt ist. Dieser kann durch einen isolierten strukturierten Aktivitätenbereich zusätzlich geschützt werden. Die Ablehnung/Ab-

bruch einzelner Kommunikationsdialoge kann modelliert werden, indem es zu den Aktivitäten alternative Pfade eingefügt werden oder diese zu einem Ablaufende (flow end) führen.

A6 GEWÄHRLEISTUNG DER AUSFÜHRUNGSAUTONOMIE

Ein isolierter und unabhängiger Ablauf im Prozess kann durch einen strukturierten Aktivitätenbereich modelliert werden.

A7 GEWÄHRLEISTUNG DER KOOPERATIONSAUTONOMIE

Ein Prozessabbruch kann durch das Ablaufende oder ein Endknoten modelliert werden. Die Anzahl der Endknoten und Knoten zu Ablaufende ist nicht begrenzt und diese können an beliebiger Stelle im privaten Workflow eingefügt werden.

A8 DARSTELLUNG VON ORGANISATIONSEINHEITEN

Organisationseinheiten werden in UML AD ähnlich wie in BPMN durch Partitionen (Swimlanes) dargestellt. In UML AD gibt es jedoch keine Lanes, sondern werden ineinander geschachtelt Partitionen verwendet um eine hierarchische Struktur darzustellen. Unabhängige Organisationen werden durch nebeneinander stehende Partitionen dargestellt.

A9 DARSTELLUNG VON WORKFLOW TEILNEHMERN UND DEREN ROLLEN

Workflow Teilnehmer und deren Rollen werden durch Partionen Partitionen dargestellt. In UML existiert zudem die Möglichkeit Verantwortlichkeiten durch Annotationen direkt innerhalb einer Aktion, darzustellen und auf die Verwendung von Swimlanes zu verzichten.

A10 UNTERSTÜTZUNG GROSSER ANZAHL AN BETEILIGTEN

In UML gibt es zwei Möglichkeiten die Prozessbeteiligte darzustellen: durch Partitionen und durch Angabe der Akteur innerhalb der Aktivität. Prozessteilnehmergruppen lassen sich in UML AD nicht direkt modellieren, da die Partitionen keine Attribute außer *Name* haben. Da die ULM-Spezifikation offen und erweiterbar ist, können prozessspezifischen Stereotypen definiert werden. Stereotypen sind ein wichtiger Bestandteil von UML-Profilen, einem leichtgewichtigen Mechanismus für die Erweiterung des UML-Metamodells. Ein Stereotyp spezifiziert wie eine bereits durch das Metamodell der UML vorgegebene Metaklasse eines Elementes, für eine spezifische Anwendungsdomäne angepasst werden kann [WIKI-ST]. Ein Sterotyp <<**Participant Set**>> könnte z. B. ein entsprechendes Verhalten erläutern. Es wurden für die Szenarioprozesse keine entsprechenden Klassen entworfen, da dies über den Zweck dieser Arbeit hinausgeht.

Für die Prozesse des Géant2 Szenario wurden die Beteiligten NRENs als Platzhalter (z. B. Partition NREN und Partition NREN benachbart) modelliert, um die Darstellung des öffentlichen Workflow zu vereinfachen und die öffentlichen Aktivitäten von den Privaten abzutrennen. Eine Möglichkeit im grafischen Modell die große Anzahl der Beteiligten anzuzeigen ist durch die Schlüsselwörter <<*multicast*>> und <<*multireceive*>> an den Kanten zwischen den einzelnen Beteiligten. Diese geben an, dass ein Objekt von mehreren Teilnehmer empfangen bzw. an mehrere Teilnehmer gesendet wird. Hier sind jedoch keine asynchronen Empfang und Senden von Nachrichten darstellbar. Die zweite Variante ist die Anwendung von Mengenverarbeitungsbereichen. Der NREN-Prozess wird mehrmals durch

den Koordinator angestoßen. Als Eingabeparameter wird dem Mengenverarbeitungsbereich die Liste der involvierten Partner. Die Instanzen der verschiedenen Beteiligten können dann nebenläufig zueinander verlaufen. Dies wird durch das Schlüsselwort `<<concurrent>>` im Mengenverarbeitungsbereich verdeutlicht.

Das Workflow Pattern „Verzögerte Verteilung“ (Deferred Distribution), das das Verhalten der dynamischen Zuordnung beschreibt, wird von UML AD nicht unterstützt (vgl. BPMN A10). Dies wird in [RAHP06] als Folge der eingeschränkten Spezifikation einer Partition und die fehlende Unterstützung der Abhängigkeiten zwischen Partitionen begründet. Somit ist diese Anforderung nur teilweise erfüllt.

A11 DARSTELLUNG VON INTERAKTIONSMUSTER

In einem Aktivitätsdiagramm kann eine Interaktion durch Aktivitäten und den Nachrichtenfluss modelliert werden. Bei den Beispielprozessen wurden für Interaktionen zwischen den Beteiligten ausschließlich Signal sende/empfangen Aktionen verwendet.

- Die Modellierung der **Send**, **Receive** und **Send /Receive** Interaktionen ist durch die Signal sende/empfangen Aktionen möglich und durch Aktivitäten mit den Schlüsselwörtern `<<send>>` und `<<receive>>` darstellbar.
- Das Interaktionsmuster **One - to - many send** kann durch das mehrfache Senden eines Signals von einem Mengenverarbeitungsbereich aus modelliert werden. Der Sender kann durch den Objektfluss und ein Objekt veranschaulicht werden. Die mehreren Empfänger und Sender können durch die `<<multicast>>` und `<<multireceive>>` am einfachsten interpretiert werden.
- Für die **One - from - many receive** kann durch das mehrfache Empfangen eines Signals innerhalb des Mengenverarbeitungsbereiches modelliert werden. Der Sender kann durch den Objektfluss und ein Objekt veranschaulicht werden. Es besteht noch die Möglichkeit diese Art der Kommunikation durch den Schlüsselwort `<<multireceive>>` darzustellen.

Das Interaktionsmuster One - to - many send/receive, wenn die Anzahl der Beteiligten erst zur Laufzeit bekannt ist, ist in UML AD nur teilweise möglich, bedingt durch das Fehlen eines Konstruktes für Teilnehmergruppen existiert. Eine mögliche Lösung wäre die Definition eines Stereotypen, wie dies im Beispielprozess gezeigt ist. In Abbildung 5.9 ist die Partition NREN um das Stereotyp `<<Participant Set>>` erweitert.

A12 DARSTELLUNG PRIMITIVER KONTROLLFLUSS-KONSTRUKTE

In UML AD sind die Kontrollfluss-Konstrukte wie Joins, Split und Vor- und Nachbedingungen grafisch darstellbar. Eine explizite Darstellung für OR und XOR gibt es nicht. Diese kann durch die Transaktionsbedingungen (guards) definiert werden. AND Join/Split werden durch die Synchronisationsbalken dargestellt.

A13 DARSTELLUNG VON ZEITLICHEN BEDINGUNGEN

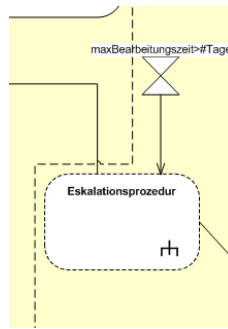


Abbildung 5.11: Eskalation in UML Aktivitätsdiagramme

Eine zeitliche Bedingung kann durch ein *TimeEventAction* Symbol dargestellt werden. Dieses kann die Dauer einer Aktion, das Warten auf ein Ereignis oder der Startpunkt einer Aktion angeben.

A14 DARSTELLUNG VON ESKALATIONEN

Durch Signal sende/empfangen Aktionen und Bedingungen oder durch *TimeEventAction* kann ein Eskalationsverhalten modelliert werden. Diese Arten von Aktionen stellen das Auftreten eines Ereignisses oder Zustand dar und können bestimmte Aktionen oder Aktivitäten anstoßen. Ein Beispiel für eine zeitliche Eskalation ist in Abbildung 5.11 zu sehen.

A15 UNTERSTÜTZUNG VON DATENTRANSFORMATIONEN DURCH DEN DATENFLUSS

Datenfluss wird in UML AD durch Objekt Knoten oder Tokens realisiert. Ein Objekt-Token verhält sich wie ein Kontroll-Token. Kanten zwischen Objekt Knoten repräsentieren den Fluss der Tokens. Wenn der Typ der Zielknoten spezifiziert ist, muss der ankommende Token den gleichen Typ aufweisen, ansonsten ist die Objektflusskante unzulässig. Aus diesem Grund ist es erforderlich während der Prozessmodellierung die Typ-Kompatibilität der Objektknoten zu berücksichtigen [DAH05] oder Transformationsfunktion anzuwenden, die durch den Objektfluss erlaubt sind [WRP32], [WRP33].

A16 ABBILDUNG VON EIGENTUMSVERHÄLTNISSEN

Die Elemente der Informationsperspektive (Ressourcen) wie Software Systeme, Datenbanken, Dokumente können durch Swimlanes, Data Store Knoten oder Artefakte dargestellt werden. Durch die Platzierung innerhalb eines Swimlanes ist es möglich, den Eigentümer einer Ressource zu zeigen. Im Incident Management Prozess ist z. B. die E2ECU der Eigentümer des TTS. Ein Trouble Ticket gehört seinerseits zum TTS.

A17 ABBILDUNG VON ZUGRIFFSRECHTEN

Ein Konstrukt für die Darstellung von Zugriffsrechten in UML AD existiert nicht. Zugriffsrechte in UML AD können durch den Objektfluss, Artefakte und benutzerdefinierten Stereotypen veranschaulicht werden.

A18 AUSWIRKUNGEN VON EREIGNISSEN

Ereignisse werden in UML durch die Signal Aktionen dargestellt. Wenn diese sich in den involvierten Partner unterschiedlich auswirkt, muss das Ereignis als Platzhalter darstellbar

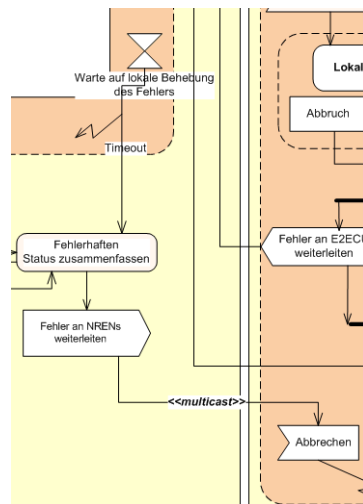


Abbildung 5.12: Ausnahmebehandlung für die Multi-Domain Prozesse

sein. Dies könnte durch ein entsprechendes Stereotyp erreicht werden. Die vom Ereignis angestoßene Aktion oder Aktivität soll unter Umständen auch als Blackbox modellierbar sein.

A19 DARSTELLUNG VON AUSNAHMEBEHANDLUNGSMECHANISMEN UND VERSCHIEDENER AUSNAHMETYPEN

In Aktivitätsdiagrammen kann eine Ausnahmebehandlung durch einen unterbrechbaren Aktivitätsbereich (gestricheltes und abgerundetes Rechteck) dargestellt werden (vgl. Abbildung 5.12). Dieser unterbrechbare Aktivitätsbereich enthält eine oder mehrere Aktivitäten und ein Auslöser (SignalAction), der die Ausnahmesituation beschreibt. Ein unterbrechbarer Aktivitätsbereich wird durch einen Blitzpfeil verlassen, der eine Aktivität aufruft. Die Semantik dieses Mechanismus besagt, dass sobald der Blitzpfeil durchgelaufen wird, alle Aktivitäten innerhalb des Bereiches unterbrochen werden und deren Tokens gelöscht werden [DAH05]. Durch den TimeEventAction kann ein Termin (deadline) modelliert werden. Durch eine SendSignalAction ist es möglich Ressource nicht verfügbar darzustellen. Eine Bedingung kann durch lokale Vor- und Nachbedingungen der SignalAction dargestellt werden. Diese können entweder in natürlicher Sprache ausgedrückt werden als auch in OCL (Object Constraint Language).

A20 WEITERBEHANDLUNG (ROUTING) VON AUSNAHMEN

Eine Ausnahmeweiterbehandlung kann durch sende/empfangen Aktionen innerhalb einer unterbrechbaren Region und den Objektfluss modelliert werden. Es ist allerdings dann nicht sichtbar welche Ausnahme oder Aktivität im privaten Workflow aufgerufen wird (s. A18), sofern sich die Partner nicht über ein gemeinsames Verhalten geeignet haben. Im Prozess E2ELink Einrichtung wird z. B. durch das E2ECU nach einer fehlerhaften Testphase das Abbrechen der privaten Prozesse initialisiert (vgl. Abbildung 5.12).

5.3 Evaluierung von YAWL

5.3.1 Workflow-Modelle der Beispielprozesse

In den nachstehenden Bildern sind die Workflow-Spezifikationen der beiden Beispielprozesse in YAWL abgebildet. Sie bestehen aus mehreren Workflow-Spezifikationen und jede dieser Workflow-Spezifikationen besteht aus einem oder mehreren Workflow-Netzen. Der Incident Management Prozess unterteilt sich in folgenden Spezifikationen:

- die private Workflow-Spezifikation der NRENs: Sie besteht aus den Workflow-Netzen in Abbildung 5.14 und weiteren privaten Netzen, wie z. B. „Interne Bearbeitung“ und „Interne Eskalationsprozedur“.
- die private Workflow-Spezifikation der E2ECU. Sie besteht aus den Workflow-Netzen in Abbildung 5.14 und weiteren privaten Netzen, wie z. B. „Eskalationsprozedur“.
- die private Workflow-Spezifikation eines E2E Link Anwenders bestehend aus einem Workflow-Netz in Abbildung 5.15.
- die Workflow-Spezifikation des öffentlichen Workflows (Abbildung 5.16). Sie entstand durch die Zusammenführung der privaten Workflow-Spezifikationen und enthält die öffentlichen Aktivitäten der Workflow Akteure.

Der Prozess E2ELink Einrichtung besteht aus mehreren privaten Workflow-Spezifikationen der einzelnen Workflow Akteure: NRENs (Abbildung 5.18), E2ECU (Abbildung 5.17) und der Auftraggeber (Abbildung 5.20) und dem öffentlichen Workflow in Abbildung 5.21. Bei diesem Prozess ist ein zusätzliches Workflow-Netz für die Rolle des benachbarten NREN während der Einrichtung (Abbildung 5.19) enthalten. Der öffentliche Workflow entstand in diesem Fall auch durch die Zusammenführung der öffentlichen Aktivitäten der privaten Workflow-Spezifikationen. In Abbildung 5.21 ist die Erweiterung der zusammengesetzten Aktivitäten zu den entsprechenden Workflow-Netzen (die grauen abgerundeten Rechtecke) beispielhaft aufgezeigt.

5.3.2 Evaluation

A1 WORKFLOW PARTITIONIERUNG IN PRIVATEN UND ÖFFENTLICHEN WORKFLOWS

Die Workflow Partitionierung erfolgt durch die Modellierung der separaten Workflow-Netze zur Darstellung der privaten Workflows und einen öffentlichen Workflow, der in einem eigenen Workflow-Netz bzw. Spezifikation abgelegt ist.

A2 SICHTBARKEITSTUFEN DER WORKFLOW ELEMENTE

Die Sichtbarkeitsstufe eines Workflow Elementes wird durch die Aufteilung in privaten und öffentlichen Workflows ermöglicht. Als *privat* werden die Elemente interpretiert, die nicht im öffentlichen Workflow enthalten sind. Die Elemente aus dem öffentlichen Workflow sind automatisch als *öffentlich* zu verstehen.

5 Evaluierung der Workflow Sprachen

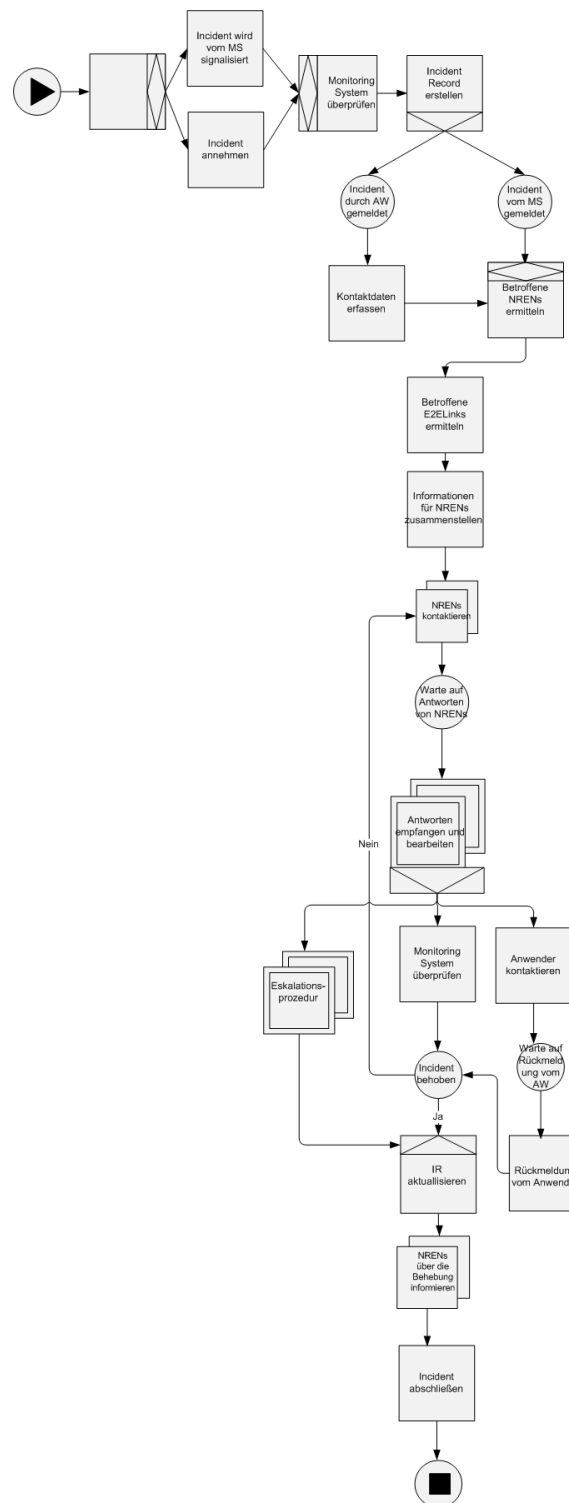


Abbildung 5.13: Incident Management mit YAWL: privater Workflow der E2ECU

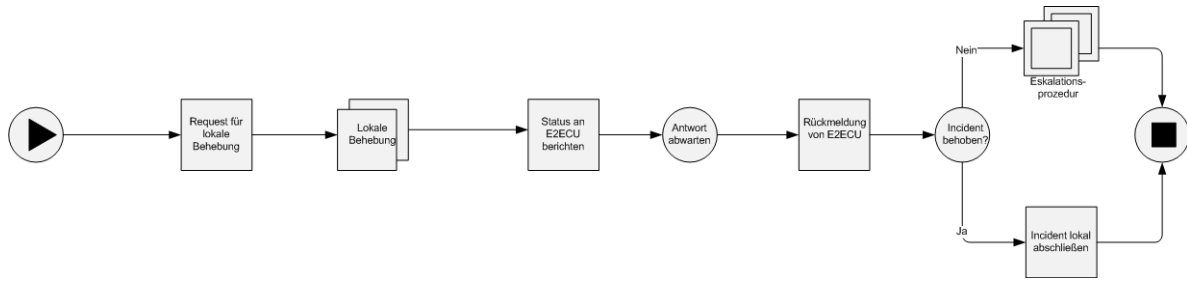


Abbildung 5.14: Incident Management mit YAWL: privater Workflow der NRENs

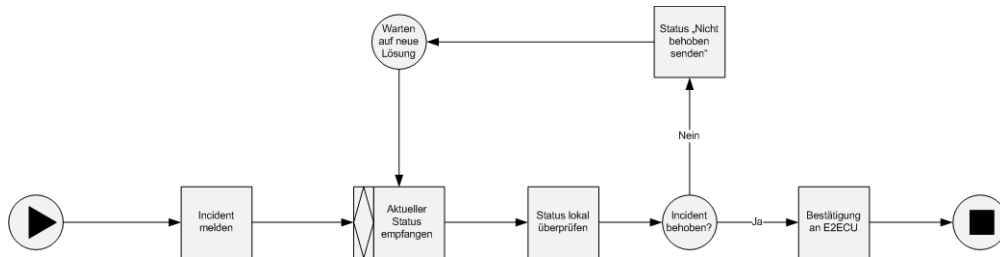


Abbildung 5.15: Incident Management mit YAWL: Anwenderkommunikation

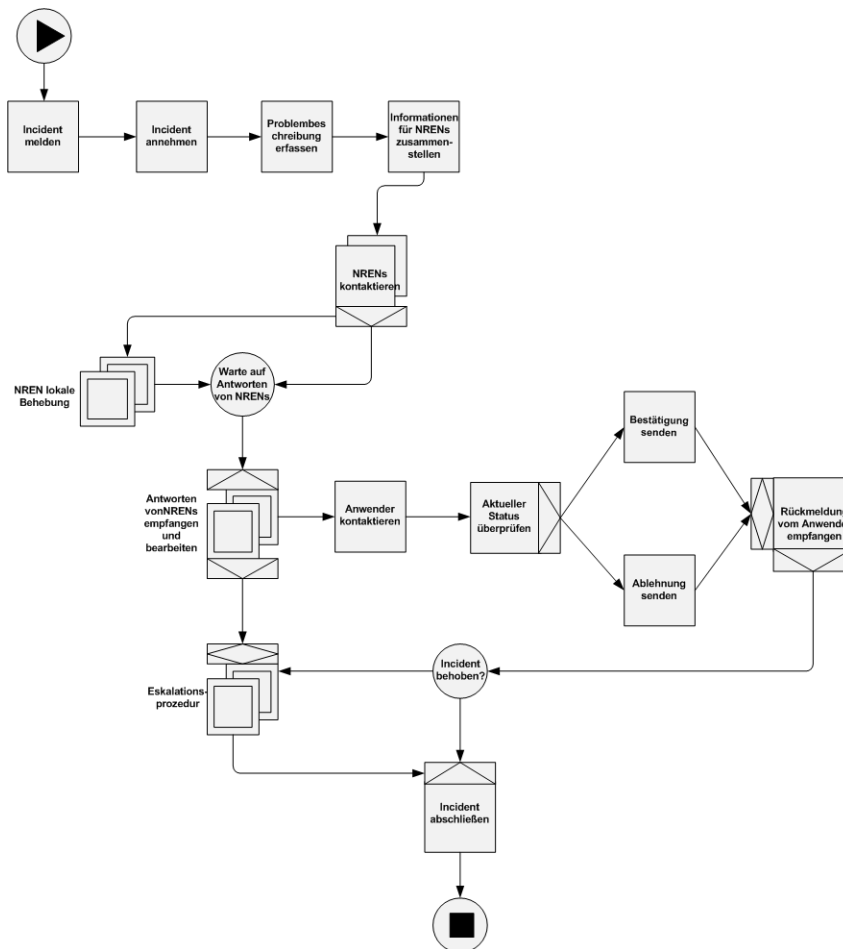


Abbildung 5.16: Incident Management mit YAWL: öffentlicher Workflow

5 Evaluierung der Workflow Sprachen

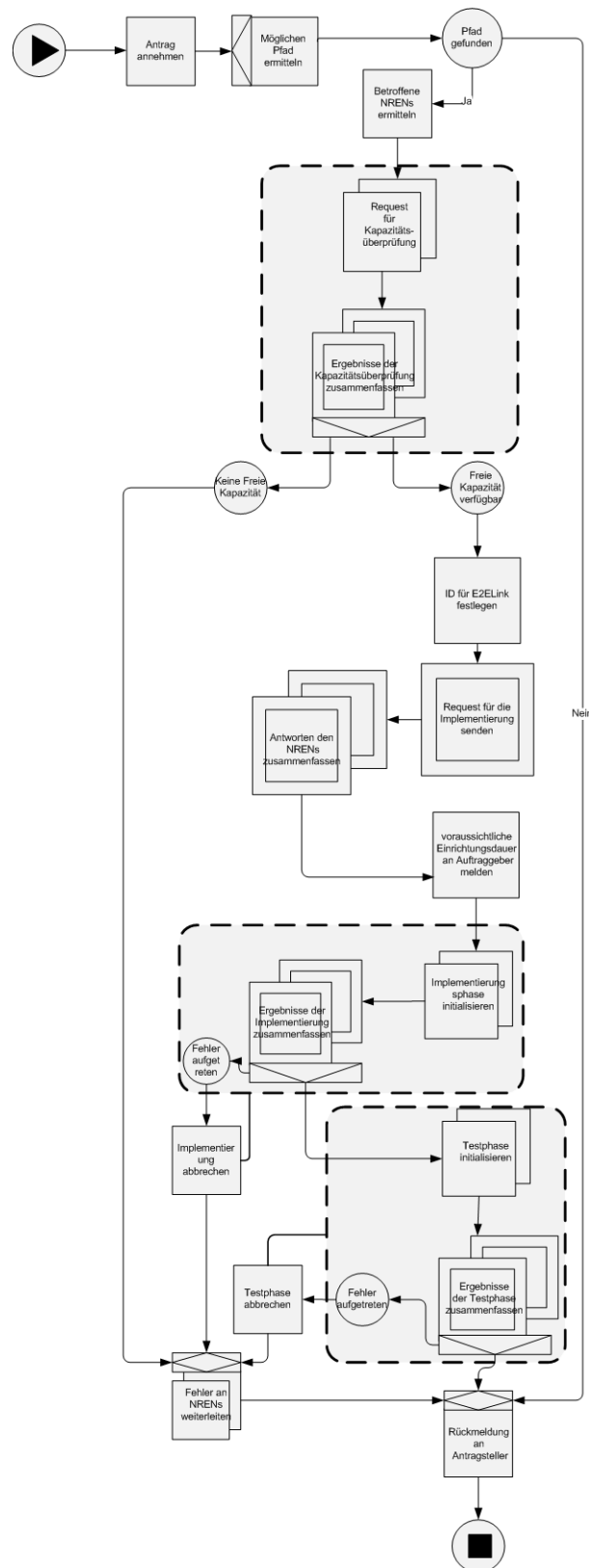


Abbildung 5.17: Einrichtung E2E Links mit YAWL: privater Workflow der E2ECU

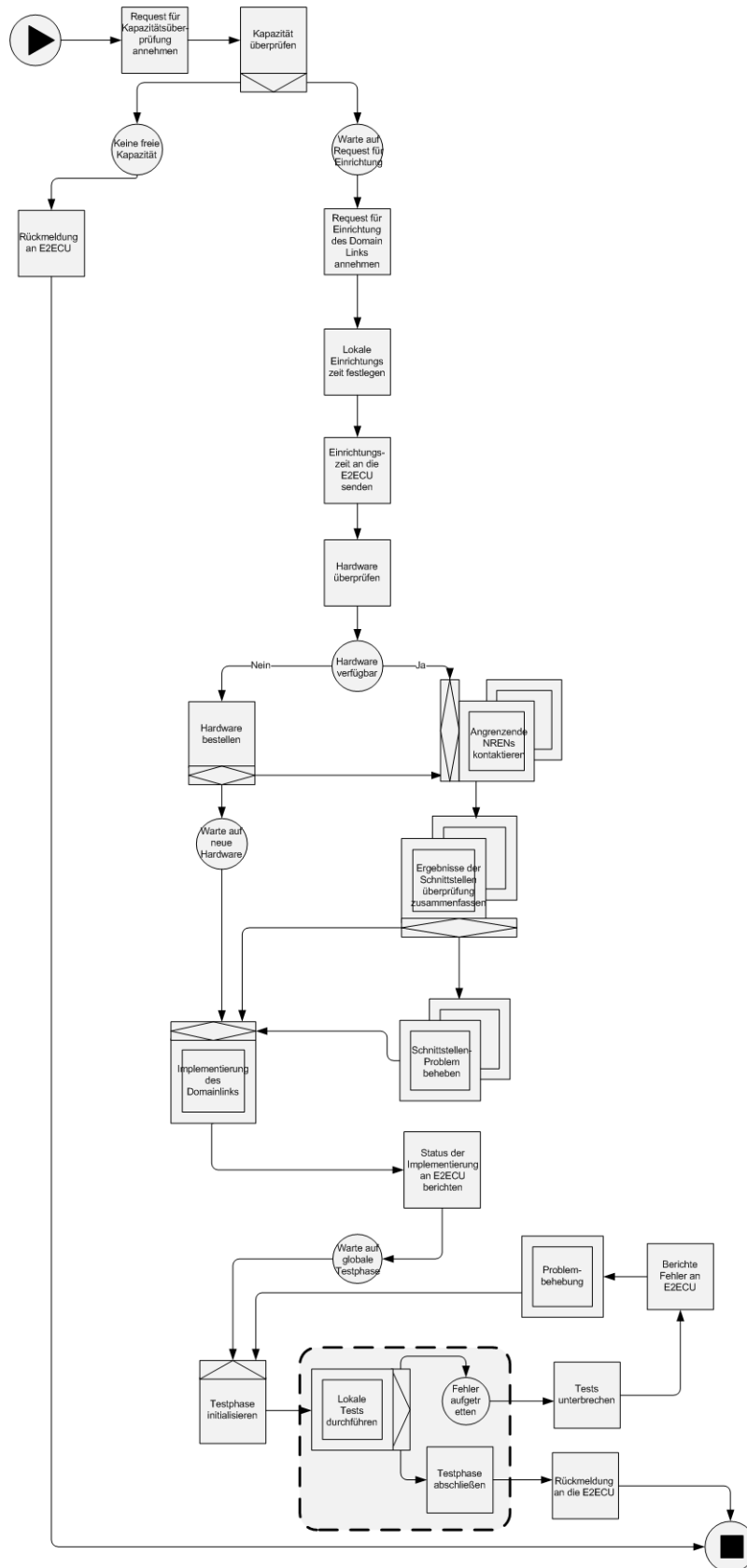


Abbildung 5.18: Einrichtung E2E Links mit YAWL: privater Workflow eines NRENS

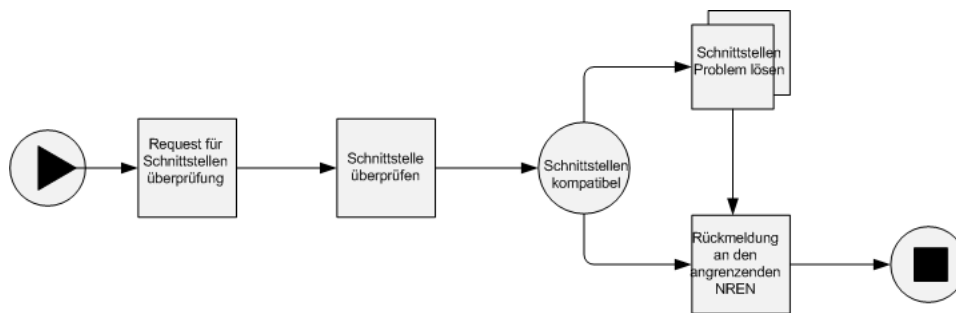


Abbildung 5.19: Einrichtung E2E Links mit YAWL: Workflow eines benachbarten NRENs

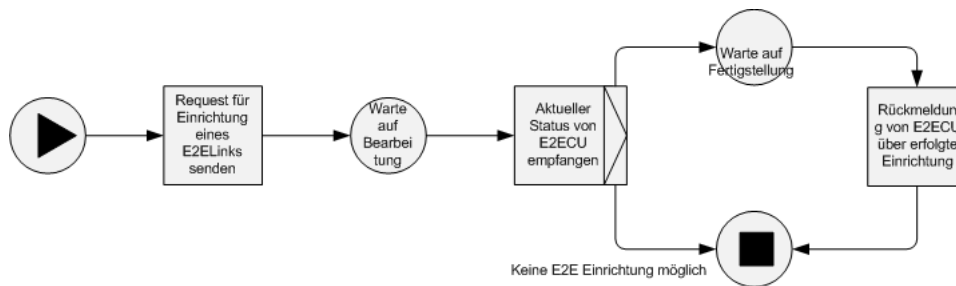


Abbildung 5.20: Einrichtung E2E Links mit YAWL: Anwenderkommunikation

A3 DYNAMISCHE FLEXIBILITÄT

Platzhalter im öffentlichen Workflow können durch zusammengesetzte Tasks dargestellt werden. Deren interner Aufbau ist im öffentlichen Workflow nicht sichtbar.

Mehrfach-instanzierbare Aktivitäten können verwendet werden, wenn mehrere Sub-Workflows der involvierten Partner parallel oder nebenläufig ablaufen. Sie haben folgenden Eigenschaften, die zu belegen sind:

- minimale Anzahl an Instanzen;
- maximale Anzahl an Instanzen;
- Treshold: Ab dieser Anzahl Instanzen wird der Kontrollfuß der nächsten Aktivität übergeben;
- globale Daten-Variablen, die für alle Instanzen sichtbar sind;
- Instanz Daten-Variablen;

Eine **Referenzierung** ist in YAWL grafisch nicht modellierbar. **Skalierbarkeit** In YAWL ist eine hierarchische Gestaltung der Prozesse möglich, um ein übersichtliches Modell zu erreichen. Diese werden in separaten Workflow Netze abgelegt und werden während der Prozessausführung referenziert.

A4 GEWÄHRLEISTUNG DER ENTWURFSAUTONOMIE

Eine Kapselung entspricht in YAWL einer Workflow-Spezifikation oder einem Workflow-Netz. Zur Informationsverbergung können zusammengesetzte Aktivitäten verwendet wer-

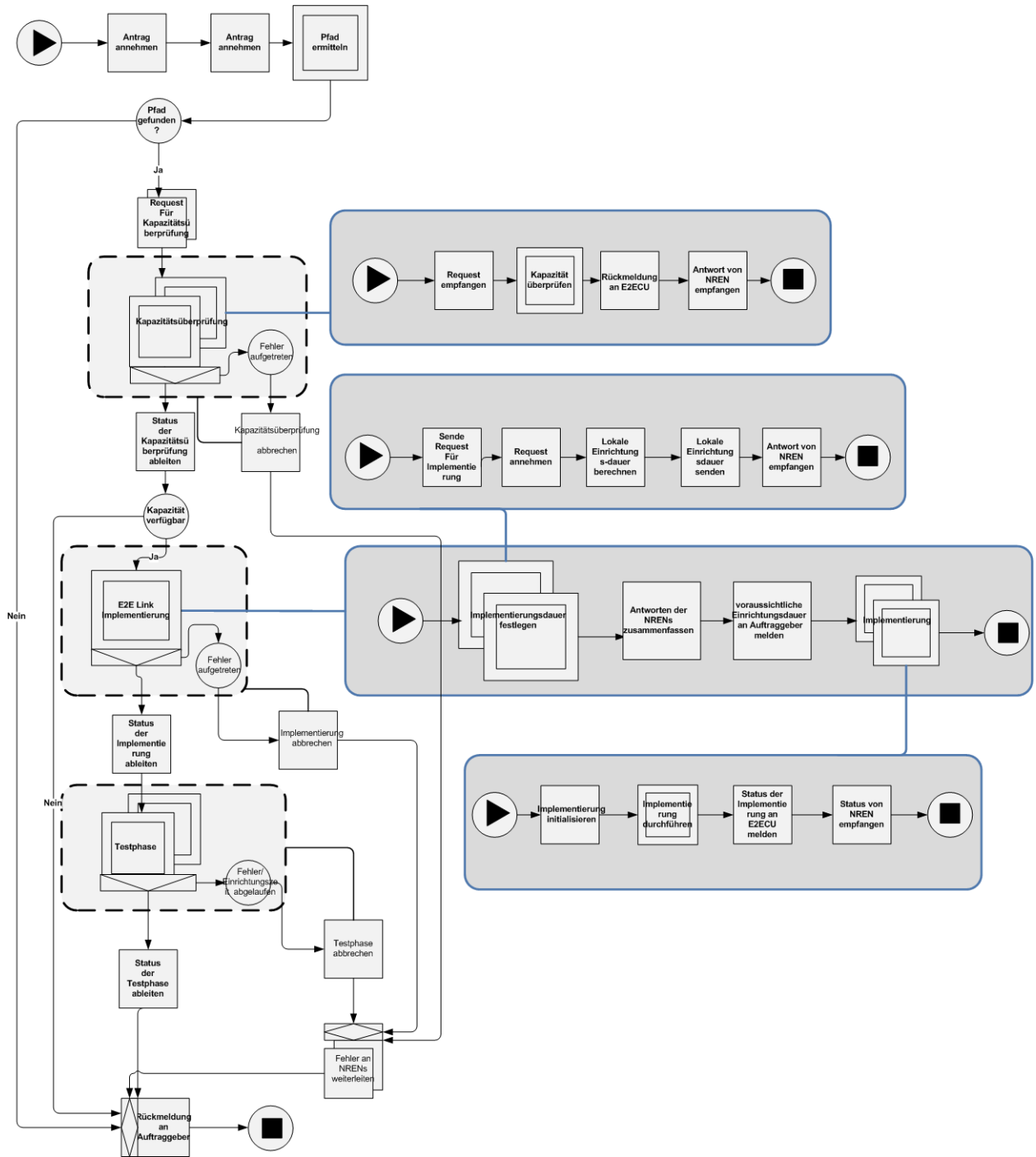


Abbildung 5.21: Einrichtung E2E Links mit YAWL: öffentlicher Workflow

den, deren Workflow-Netze nicht öffentlich sind.

A5 GEWÄHRLEISTUNG DER KOMMUNIKATIONS-AUTONOMIE

Entscheidungen in YAWL können durch die Bedingungsknoten modelliert werden. Alternative Pfade lassen sich durch die OR-/XOR Split Tasks und Bedingungsknoten modellieren.

A6 GEWÄHRLEISTUNG DER AUSFÜHRUNGS-AUTONOMIE

Private Prozessfragmente, die isoliert ablaufen müssen, können vom öffentlichen Workflow ausgeschlossen werden, solange es sichergestellt ist, dass diese im Hintergrund ausführbar und erreichbar sind (z. B. durch Anwendung der Projektionsvererbung nach dem P2P Ansatzes).

A7 GEWÄHRLEISTUNG DER KOOPERATIONS-AUTONOMIE

Ein Partner kann seine Prozessausführung beliebig starten und beenden, da er in jeder seiner Workflow- Netze eine Startbedingung und eine Endbedingung einfügen muss. Dies ist laut der YAWL-Spezifikation erforderlich. Die Start- und Endbedingung kann der Partner aufgrund der Entwurfsautonomie selbstständig modellieren.

A8 DARSTELLUNG VON ORGANISATIONSEINHEITEN

Im Unterschied zu BPMN und Aktivitätsdiagramme existiert in YAWL kein Symbol für die Darstellung von Organisationseinheiten. Die Festlegung des Organisationsmodells entspricht ein Konfigurationsvorgang („Manage Resources“) während der Modellierung und wird in dem YAWL-Designer durchgeführt. Eine Aufteilung der Organisationseinheiten wird durch die separaten YAWL-Netze veranschaulicht.

A9 DARSTELLUNG VON WORKFLOW TEILNEHMERN UND DEREN ROLLEN

Durch den YAWL-Worklist Handler (Ein Service des YAWL-Systems) können Aufgaben bzw. Aktivitäten weiter an Benutzer delegiert werden. Weiterhin können hier Aufgaben angenommen oder das Fertigstellen von Aufgaben signalisiert werden. Rollenzuordnung und Aufgabenverteilung wird durch den Worklist- Handler durchgeführt. Die Task-Dekomposition muss eine bestimmte Menge von Rollen spezifizieren, welche die Instanz einer Aktivität sehen bzw. aus der Worklist nehmen und bearbeiten dürfen [HOR04] Diese Eigenschaften werden nicht in der grafischen Darstellung des YAWL Workflow-Modell übernommen.

A10 UNTERSTÜTZUNG GROSSER ANZAHL AN BETEILIGTEN

Der Modellierungsvorgang wird dennoch durch die Integration der großen Anzahl von einzelnen privaten Workflows zu einem öffentlichen Workflow, erschwert. In den Beispielprozessen wurden die privaten Workflows der NRENs zu einem Schnittstellenprozess zusammengefasst. In diesem Prozess sind alle Aktivitäten enthalten, die von einer bestimmten Anzahl von Partner durchzuführen sind. Im Szenario sind diese Partner die involvierten NRENs zum Zeitpunkt der Prozessausführung. Die partnerbezogenen Aktivitäten werden durch mehrfach-instanziierbare, zusammengesetzte Aktivitäten als Platzhalter modelliert (vgl. Abbildung 5.22). Die Einbeziehung der Workflow Akteure durch das „Manage Resources“ und die Task-Dekomposition ist zur Designzeit möglich. Da keine Referenzierung modellierbar ist und das Workflow Pattern „Verzögerte Verteilung“ in YAWL nicht implementierbar ist, ist diese Anforderung nur schwach erfüllt.



Abbildung 5.22: Incident Management mit YAWL: lokale Behebung

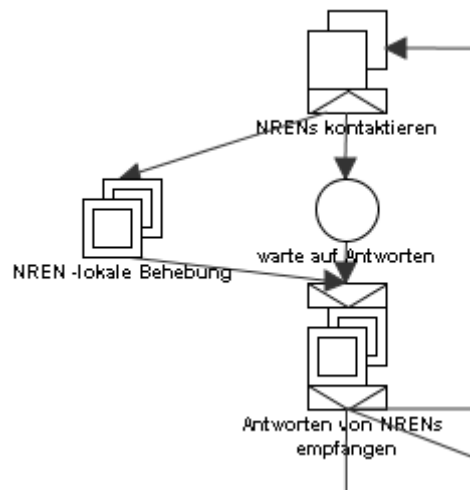


Abbildung 5.23: Interaktion in YAWL

A11 DARSTELLUNG VON INTERAKTIONSMUSTER

Eine Anwendung von Task Variablen in YAWL ist die Übermittlung von Informationen zwischen den Workflow Akteuren. Dadurch werden die *Send*, *Receive* und *Send/Receive* Interaktionen ermöglicht. **One - to - many send**, **One - from - many receive** und **One - to - many send/receive** Interaktionen erfordern zusätzlich den Einsatz von mehrfach-instanzierbaren Aktivitäten. In Abbildung 5.23 ist ein Beispiel für eine **One - to - many send/receive** Interaktion. Die Übergabe der Anzahl der Beteiligten und welche Aktivitäten auszuführen sind, bleibt im Modell nicht sichtbar, sondern in der Task-Dekomposition und in den entsprechenden Netz-Variablen enthalten. Aufgrund der fehlenden dynamischen Referenzierung ist diese Anforderung soeben schwach erfüllt.

A12 DARSTELLUNG PRIMITIVER KONTROLLFLUSS-KONSTRUKTE

YAWL verfügt über die grundlegenden Kontrollfluss-Konstrukte. Sie werden etwas andere Weise als in BPMN und Aktivitätsdiagramme dargestellt. Kontrollknoten- und Aktivitätensymbole werden vereinigt dargestellt. Um den bedingten Kontrollfluss zu verdeutlichen, können Bedingungen zwischen den Aktivitäten verwendet werden, um die Bedingung zu veranschaulichen.

A13 DARSTELLUNG VON ZEITLICHEN BEDINGUNGEN

In YAWL können Netz-Variablen für die zeitbedingte Ausführung verwendet werden. Die Definition der Variable erfolgt in der Task-Dekomposition. Es existieren keine grafischen Symbole zu deren Darstellung.

A14 DARSTELLUNG VON ESKALATIONEN

Eine Eskalation kann durch logische Prädikate innerhalb einer Aktivität mit XOR Split modelliert werden.

A15 UNTERSTÜTZUNG VON DATENTRANSFORMATIONEN DURCH DEN DATENFLUSS

YAWL unterstützt beide Workflow-Patterns bezüglich der Datentransformation durch die Definition einer Transformationsfunktion und somit wird die erforderliche Funktionalität bereitgestellt [WDP04].

A16 ABBILDUNG VON EIGENTUMSVERHÄLTNISSEN

Verwendete Ressourcen wie Datenbanken, Software während des Prozessablaufes und deren Eigentümer werden in den Workflows nicht visualisiert. Sie werden in der Task-Dekomposition und durch entsprechende YAWL Services konfiguriert.

A17 ABBILDUNG VON ZUGRIFFSRECHTEN

Die Erteilung von Zugriffsrechten lässt sich in YAWL durch die Konfigurationsmaske „Manage Resources“ des YAWL-Designers ermöglichen. In der Literatur finden sich keine Hinweise wie diese in der grafischen Darstellung übernommen werden können.

A18 AUSWIRKUNGEN VON EREIGNISSEN

In YAWL existiert keine explizite Symbolik zur Darstellung von Ereignissen, da YAWL Spezifikationen Status-basiert sind. Durch eine Bedingung kann das Warten auf ein Ereignis oder den erfolgten Empfang eines Ereignisses modelliert werden.

A19 DARSTELLUNG VON AUSNAHMEBEHANDLUNGSMECHANISMEN UND VERSCHIEDENER AUSNAHMETYPEN

Die Fehlerbehandlung in YAWL erfolgt durch die *Remove Tokens* Aktivität. Wird diese Aktivität zur Laufzeit eines Prozesses gewählt, so werden alle existierenden Tokens des Prozesses aus dem Bereich des Workflows entfernt, wodurch die aktuelle Ausführung abgebrochen wird. Alle weiteren Aktivitäten, die eine *Remove Tokens* Aktivität danach einleitet, können individuell definiert werden. Transaktionale Verarbeitung von Prozessen muss in YAWL per Hand vom Anwender durch den Einsatz von *Composite Tasks* und *Remove Tokens* Aktivitäten realisiert werden und wird momentan nicht von der YAWL - Engine unterstützt [HOR04]. Die drei Ausnahmetypen Termin, Bedingung und Ressource nicht verfügbar werden von YAWL unterstützt, sind jedoch nicht direkt darstellbar. Es gibt bereits Vorschläge zur Erweiterung der grafischen Notation von YAWL bezüglich der Ausnahmebehandlung [RHAE07].

A20 WEITERBEHANDLUNG (ROUTING) VON AUSNAHMEN

Wenn fehlergefährdete Aktivitäten im öffentlichen Workflow aufgenommen und veröffentlicht werden, müssen diese in einem entsprechenden *Cancellation Set* eingefügt werden. *Remove Token* Aktivitäten können in diesem Fall als mehrfach-insanziierten Aktivitäten zusammengefasst werden. Wenn eine Ausnahme im privaten Workflow auftritt, d. h. innerhalb einer der Aktivitätsinstanzen, muss diese im öffentlichen Workflow entsprechend behandelt werden. Es ist in einem YAWL-Modell nicht sichtbar von welcher Instanz und welcher Task die Ausnahme ausgelöst ist.

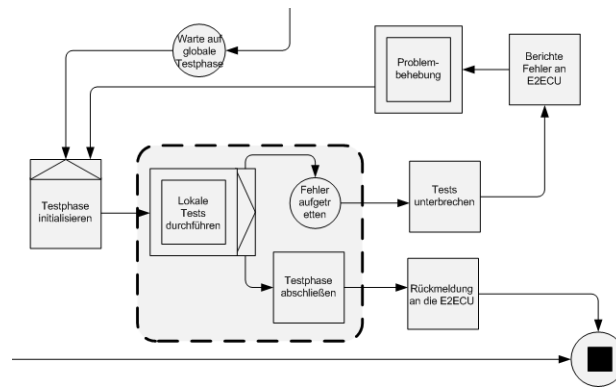


Abbildung 5.24: Ausnahmebehandlung in YAWL

5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

In der Tabelle 5.1 sind noch mal die Anforderungen und wie sie von den Sprachen erfüllt sind, zusammengefasst. Die verwendeten Symbole bei der Bewertung haben folgende Bedeutungen:

- + Anforderung erfüllt.
- Anforderung nicht erfüllt.
- +/- Anforderung teilweise erfüllt.
- +/- Anforderung mangelhaft erfüllt, keine geeignete graphische Darstellung oder Semantik.
- o Keine Aussage möglich.

Keine der Sprachen erfüllt die gestellten Anforderungen vollständig. BPMN und UML AD unterstützen alle Prozessperspektiven aus dem Strukturmodell vom Kapitel 4, jedoch mit Beschränkungen bzgl. der Semantik einer heterarchischen Struktur, Interaktionen zwischen mehreren Beteiligten und Zugriffsrechte. YAWL hat eine relativ kleinere Notationsmenge und scheitert insbesondere bei der Darstellung des Organisationsmodells, der Ressourcen und Daten. In [RHAE07] wurden bereits Erweiterungen der Sprache vorgeschlagen. Die drei Sprachen haben Konstrukte zur Hierarchisierung und Gruppierung von Aktivitäten bzw. Teil-Prozesse. Auf dieser Weise wird die Übersichtlichkeit und Einfachheit in den Modellen zu einem gewissen Grad unterstützt, dennoch ist bei YAWL das Fehlen von Konstrukten zur Abtrennung von Organisationseinheiten nachteilig in Bezug auf diese Eigenschaften.

Anforderung	BPMN	UML AD	YAWL
A1 Workflow Partitionierung	+	+	+
A2 Sichtbarkeitsstufen	+	+	+
A3 Dynamische Flexibilität	+/-	+/-	+/-
A4 Entwurfsautonomie	+	+	+
A5 Kommunikationsautonomie	+	+	+
A6 Ausführungsautonomie	+	+	+
A7 Kooperationsautonomie	+	+	+
A8 Organisationsstruktur	+/-	+/-	+/- -
A9 Workflow Teilnehmern und Rollen	+	+	+/-
A10 Große Anzahl an Beteiligten	+/- -	+/-	+/- -
A11 Interaktionsmuster	+/-	+/-	+/- -
A12 Primitive Kontrollfluss-Konstrukte	+	+	+
A13 Zeitlichen Bedingungen	+	+	+/-
A14 Eskalationen	+	+	+
A15 Datentransformationen	+	+	+
A16 Eigentumsverhältnisse	+	+	+/-
A17 Zugriffsrechte	+/- -	+/- -	○
A18 Ereignisse	+/-	+/-	-
A19 Ausnahmebehandlungsmechanismen	+	+	+
A20 Lokale und globale Ausnahmebehandlung	+/-	+	+/-

Tabelle 5.1: Zusammenfassung der Ergebnisse

6 Fazit

Prozess- und Workflow-Modelle in Multi-Domain Umgebungen bieten ein Mittel zur Darstellung von gemeinsamen Zielen, Aufgaben und betrieblichen Abläufen. Während der Modellierungsphase müssen Vereinbarungen bezüglich der Kooperation getroffen und erfasst werden. Die Komplexität der Prozesse sowie die Autonomie der kooperierenden Partner erfordern die enge Zusammenarbeit bei den Gestaltungs- und Modellierungsaufgaben. Damit die Modelle an den Schnittstellen zusammengesetzt und gemeinsam optimiert werden können, müssen weitere Absprachen über die Verwendung standardisierter Austauschformate und Kommunikationsverlauf getroffen werden [Len01]. Neben der Zusammenarbeit der involvierten Partner ist die Eignung der verwendeten Modellierungssprache ausschlaggebend. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Diplomarbeit eine Evaluation von Workflow-Sprachen zur Prozessmodellierung in Multi-Domain Umgebungen durchgeführt. Als Erstes wurde eine Anforderungsanalyse anhand des vorgestellten Szenarios, diverse Vorarbeiten und das P2P Ansatz, durchgeführt, um grundlegende Anforderungen für die Prozessmodellierung in Multi-Domain Umgebungen abzuleiten. Die gestellten Anforderungen beziehen sich auf die Workflow Partitionierung, Gewährleistung der Autonomie, Koordination der internen Prozesse, Kommunikation und Interaktionen zwischen den kooperierenden Partnern. Die Modellierung der Prozesse in Multi-Domain Umgebungen erfordern aufgrund des verteilten Organisationsmodells eine Vielzahl spezifischer Notationssymbolen und Gestaltungsregeln, um diese Sachverhalte auf eine geeignete Weise darzustellen. Die aufgestellten Anforderungen sind bei allen drei Sprachen mit Einschränkungen erfüllt. Selbst bei einer gelungenen Darstellung mittels Hilfskonstruktionen und zusätzlichen textuellen Erläuterungen in den Modellen erscheint eine spätere Automatisierung der entsprechenden Modelle schwierig, aufgrund der Semi-Formalität der untersuchten Modellierungssprachen. Dies bedeutet, dass einige Notationselemente zwar miteinander kombiniert werden können, diese Hilfskonstrukte haben aber keine eigene Semantik.

Zudem ist die Gewährleistung der Übersichtlichkeit und Verständlichkeit der entstandenen Modelle ein wichtiger Aspekt. Es ist sicherlich keine leichte Aufgabe ein Maßstab oder Norm für Übersichtlichkeit und Verständlichkeit bei solchen komplexen Prozessen aufzusetzen. Grundlegende Forderungen hierzu sind: eine klare Abbildung der Konzepte auf Symbole, nicht zu viele Symbole im Modell, die Notation muss auch leicht per Hand gezeichnet werden können [FVL03]. Diese Anforderungen sind im Multi-Domain-Kontext von den untersuchten Sprachen grundsätzlich erfüllt, jedoch mit Einschränkungen. Diese beziehen sich hauptsächlich auf die große Anzahl der am Prozess beteiligten unabhängigen Partner.

Literaturverzeichnis

- [AADH03] VAN DER AALST, W.M.P., ALDRED, L., DUMAS, M. und TER HOFSTEDE, A.H.M. : *Design and implementation of the YAWL system*. QUT Technical Report, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia, 2003.
- [AAH02] VAN DER AALST, W.M.P. und TER HOFSTEDE, A.H.M.: *YAWL: Yet Another Workflow Language*, 2002. http://is.tm.tue.nl/research/patterns/download/yawl_qut_report_FIT-TR-2002-06.pdf; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [AAL00] AALST, W.M.P. VAN DER: *Workflow Verification: Finding Control-Flow Errors Using Petri-Net-Based Techniques*.
- [Aal97] AALST, W.M.P. VAN DER: *The Application of Petri Nets to Workflow Management*, 1997. <http://www.wis.win.tue.nl/>; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [AAW01] VAN DER AALST, W.M.P. und WESKE, M: *The P2P Approach to Interorganizational Workflows*, 2001. <http://bpt.hpi.uni-potsdam.de/pub/Public/PaperArchive/caise2001.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [AH02] VAN DER AALST, WIL und VAN HEE, KEES : *Workflow Management Models, Methods, and Systems*. The MIT Press; 1st edition , ISBN 0-262-01189-1, 2002.
- [AHKB03] VAN DER AALST, W.M.P., TER HOFSTEDE, A.H.M., KIEPUSZEWSKI, B. und BARROS, A.P.: *Workflow Patterns*. <http://www.workflowpatterns.com/documentation/documents/wfs-pat-2002.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [BDH05] BARROS, A., DUMAS, M. und TER HOFSTEDE, A.H.M.: *Service Interaction Patterns*, 2005. http://www.workflowpatterns.com/documentation/documents/serviceinteraction_BPM05.pdf; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [BK02] BECKER, JÖRG und KNACKSTEDT, RALF: *Referenzmodellierung 2002 Methoden-Modelle-Erfahrungen*. Arbeitsbericht, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2002. <http://www.wi.uni-muenster.de/inst/arbber/ab90.pdf>; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [BKKR03] BERNAUER, MARTIN, KRAMLER, GERHARD, KAPPEL, GERTI und RETSCHITZEGGER, WERNER: *Specification of Interorganizational Workflows- A Comparison of Approaches*, 2003. TU Linz; <ftp://ftp.ifs.uni-linz.ac.at/pub/publications/2003/0403.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.

- [BM07] BRADFORD, LINDSAY und DUMAS, MARLON: *Getting Started with YAWL*, 2007. <http://yawlfoundation.org/yawldocs/GettingStartedWithYAWL.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [BN01] MARKUS BON, NORBERT RITTER: *Interoperable Workflows*, 2001. http://www.dvs.informatik.uni-kl.de/staff/Bon/Papiere/2001-04-18_Bericht-DC_Interoperable-Wf.pdf; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [BPM06] WOHEDE, P., VAN DER AALST, W.M.P., DUMAS, N., TER HOFSTEDÉ, A.H.M. und RUSSELL, N.: *On the Suitability of BPMN for Business Process Modelling*.
- [Bra02] BRAUN, CHRISTIAN: *Entwicklung eines Workflow-Management-Systems basierend auf UML-Aktivitätsdiagrammen*. Diplomarbeit, LMU München, 2002.
- [COLNET] COLOGNE NETWORK CONSULTING CNC GMBH: *Service Management*. <http://www.koeln-net.com/aksm/texte/itil-historie.html>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [DAH05] DUMAS, MARLON, VAN DER AALST, W.M.P. und TER HOFSTEDÉ, A.H.M.: *Process-Aware Information Systems: Bridging People and Software Through Process Technology*. Wiley, ISBN: 978-0-471-66306-5, 2005.
- [Dec06] DECKER, GERO: *Process Choreographies in Service-oriented Environments*. Masterarbeit, 2006. <http://bpt.hpi.uni-potsdam.de/pub/Public/GeroDecker/servicechoreographies.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [DEL07] *Deliverable DN3.0.5: Processes and Provision of Point-to-Point Services in GÉANT2*, August 2007.
- [Det04] DETHLEFSEN, MARTIN: *Prozesse - Definition und Prozessarten*, 2004. <http://www.it-academy.cc/article/1238/Prozesse+Definition+und+Prozessarten.html>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [Die03] DIEDERICHS, GUNNAR: *Praktische Relevanz von Prozess-Spezialisierung*, 2003. http://www1.uni-hamburg.de/IWI/Sem_WI_WS0304/arbeiten/Thema6.pdf; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [DP07] DECKER, GERO und PUHLMANN, FRANK: *Extending BPMN for Modeling Complex Choreographies*, 2007. <http://frapu.de/pdf/coopis2007-bpmn.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [EBEL 06] EBEL, NADIN: *ITIL-Basis-Zertifizierung. Grundlagenwissen und Zertifizierungsvorbereitung für die ITIL Foundation-Prüfung*. Addison-Wesley, München, ISBN 978-3827323521, 2006.
- [Els06] ELSÄSSER, WOLFGANG: *ITIL einführen und umsetzen*. Hanser Fachbuchverlag; Auflage: 2., ISBN-10: 3446406085, 2006.

- [Fre04] FREUND, JACOB: *Geschäftsprozesse vs. Workflows*, 2004. <http://www.bpm-guide.de/articles/3>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [FVL03] ULRICH, FRANK und VAN LAAK, BODO: *Anforderungen an Sprachen zur Modellierung von Geschäftsprozessen*, 2003. <http://www.uni-koblenz.de/~iwi/publicfiles/Arbeitsberichte/Nr34.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [GEANT2] *GÉANT2 Webseite*. <http://www.geant2.net/>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [GEATOP] *GÉANT2 Topology*. <http://www.geant2.net/server/show/nav.00d007009>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [GGA99] GEHRING, HERMANN und GADATSCH, ANDREAS: *Ein Rahmenkonzept für die Modellierung von Geschäftsprozessen und Workflows*. Fachbereichsbericht Nr. 274, FernUniversität Hagen, 1999. http://www.fernuni-hagen.de/www2bonsai/WINF/inhalte/hg_p15.htm; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [GL-INF] *UML- und OO-Glossar: Informationsverbergung*. Universität Rostock; <http://wwwswt.informatik.uni-rostock.de/deutsch/Projekte/RoseTutorial/node104.html>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [GL-INT] *The Taxonomie Guide: Interoperability*. Universität Toronto, Canada; <http://plc.fis.utoronto.ca/tgdemo/Glossary.asp>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [Gro05] GROND, GURDIN: *YAWL*. <http://www.iks.inf.ethz.ch/education/ws05/seminar/yawl.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008, 2005.
- [HMDGL] *HMD-Glossar*. http://hmd.dpunkt.de/glossar/glossar_256.html; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [HOK] ARMIN HALLER, OREN, EYAL und KOTINURMI PAAVO: *An Ontology to Relate Choreographies to Workflow Models*.
- [HOR04] HORAK, BENJAMIN: *Komposition und Choreographie von Diensten: Sprachen und Frameworks zur Spezifikation von Geschäfts und Koordinationsprotokollen für e-Business*, 2004. <http://wwwdvs.informatik.uni-kl.de/courses/seminar/SS2004/bhoraka.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [HSW97] HOLTEN, ROLAND, STRIEMER, RÜDIGER und WESKE, MATHIAS: *Beschreibung und Analyse von Vorgehensmodellen zur Entwicklung von betrieblichen Workflow-Anwendungen*, 1997. <http://www.gi-ev.de/fileadmin/gliederungen/fg-wi-vm/Ws1997/Tagungsband/hsw.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [INF-3845] LIST, BEATE und BIRGIT KORHERR: *An Evaluation of Conceptual Business Process Modelling Language*. In: *Proceedings of the 21st ACM Symposium on Applied Computing*, Seiten 1532 – 1539, 2006.

- [ITIL2] *ITIL Service Delivery*. Van Haren Publishing, ISBN-10: 0113309562, 2006.
- [ITS02] BON, JAN, KEMMERLING GEORGES PONDMAN DICK VAN: *IT Service Management. Eine Einführung*. Van Haren Publishing, ISBN-10:9080671355, 2002.
- [ITSGL] GALLEN, UNIVERSITÄT ST.: *Glossar: IT-Service*. <http://www.cciim.ch/glossar/begriffserlaeuterung/?type=0&uid=11&cHash=d4510c92d1>; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [Jar03] JARZ, EWALD M.: *Skriptum Geschäftsprozesse*, 2003. <http://www.fh-kufstein.ac.at/wi/ejarz/downloads/SkriptumGeschaeftsprozesse.pdf>;Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [JB96] JABLONSKI, STEFAN und BUSSLER, CHRISTOPH: *Workflow management: modeling concepts, architecture and implementation*. Internat. Thomson Computer Press, London, ISBN 1-85032-222-8, 1996.
- [JBS97] JABLONSKI, STEFAN , BÖHM, MARKUS und SCHULZE, WOLFGANG : *Workflow-Management*. Dpunkt Verlag, ISBN-10: 392099373X, 1997.
- [Joc05] JOCHIM, KRISTINA: *Semantikbeschreibung von Abläufen mit Petri-Netzen*. Seminararbeit, Universität Karlsruhe, 2005. <http://www.ipd.uni-karlsruhe.de/~oosem/S2D2/material/10-JochimK.pdf>; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [Jus06] JUSSEN, LUDGER: *Domänenspezifische Sprachen für betriebliche Abläufe - Vor- und Nachteile am Beispiel von BPMN*. Seminararbeit, GRIN Verlag, ISBN: 3638769135, 2006.
- [Koc97] KOCH, STEFAN: *Von der Unternehmensmodellierung zum Workflow Management: Integrationsmöglichkeiten am Beispiel von ARIS, Process Weaver und ComponentWare*, 1997. Diplomarbeit, Universität Wien; <http://www.wi.wu-wien.ac.at/~koch/forschung/dipl/index.html>; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [LD99] FRANK LEYMANN und DIETER ROLLER: *Production Workflow: Concepts and Techniques*. Prentice Hall, ISBN: 0-13-021753-0, 1999.
- [Len01] LENNERZ, CHRISTIAN: *E-Business Modeling: Analyse von Methoden zur Beschreibung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse*. Diplomarbeit, Universität des Saarlandes, 2001. http://www.lennerz.de/diplom_bwl.pdf; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [Loe05] LÖSCHNIGG, MARKUS: *XML in Workflow-Management-Systemen*. Magisterarbeit, TU Graz.
- [LSKA02] LUO,ZONGWEI, SHETH, AMIT, KOCHU, KRYS und ARPINAR, BUDAK: *Exception Handling for Conflict Resolution in Cross-Organizational Workflows*, 2002. <http://lsdis.cs.uga.edu/library/download/LSKA02-TR.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.

- [Mar02] MARJANOVIC, OLIVERA: *Supporting Coordination in Dynamic Virtual Enterprises*, 2002. <http://domino.fov.uni-mb.si/>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [MDAH] LEIPZIG, UNIVERSITÄT: *Mehrrechner-Datenbanksysteme: Autonomie und Heterogenität*. <http://dbs.uni-leipzig.de/buecher/mrddb/mrddb-105.html#HEADING105-0>; Letzter Abruf:12.04.2008.
- [MeBe 00] MENDE, ULRICH und BERTHOLD, ANDREAS: *SAP Business Workflow: Konzept, Anwendung, Entwicklung*. Addison-Wesley, München, ISBN-10: 3827314836, 2000.
- [MNH] BONN, MARKUS, RITTER, NORBERT und STEIERT, HANS-PETER: *Modellierung und Abwicklung von Datenflüssen in unternehmensübergreifenden Prozessen*.
- [MRZ-HW] BON, MARKUS , RITTER, NORBERT und ZIMMERMANN, JÜRGEN: *Interoperabilität heterogener Workflows*. Universität Kiel; <http://www.is.informatik.uni-kiel.de/~hjk/wsgdb00/Paper/Bon.ps>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [MUE97] MÜLLER, THOMAS: *Virtuelle Organisationskonzept, Theoriebasis, Möglichkeiten und Grenzen*. Diskussionsbeitrag, Universität Konstanz, 1997. http://w3.ub.uni-konstanz.de/v13/volltexte/1999/293/pdf/293_1.pdf; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [Ogc07] OGC: *Official Introduction to the ITIL Service Lifecycle Book*. Stationery Office Books, ISBN-10: 0113310617, 2007.
- [Par02] PARGFRIEDER, KARIN: *Interorganizational Workflow Management Concepts, Requirements and Approaches*. Diplomarbeit, Johannes Kepler Universität Linz, 2002.
- [Pen03] PENDER, TOM: *UML Bible*. Wiley Publishing, Inc., ISBN-10: 0764526049, 2003.
- [Pfl05] PFLEGER, BERNHARD: *Evaluation von Werkzeugen zur Unterstützung der ITIL Service Management Prozesse*. Diplomarbeit, LMU München, 2005. <http://www.nm.ifi.lmu.de/pub/Diplomarbeiten/pfle05/>; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [POH05] HALLER, SIMEON PETKOV EYAL OREN ARMIN: *Aspects in Workflow Management*, 2005. <http://www.deri.ie/fileadmin/documents/DERI-TR-2005-04-10.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [RAHP06] RUSSELL, N. , VAN DER AALST, WIL M.P., TER HOFSTEDÉ, A.H.M. und WOHEDE, PETIA : *On the Suitability of UML 2.0 Activity Diagrams for Business Process Modelling*, 2006. <http://www.workflowpatterns.com/documentation/documents/UMLEvalAPCCM.pdf>; Letzter Abruf:11.04.2008.

- [Rei98] REIHLEN, MARKUS: *Die Heterarchie als postbürokratisches Organisationsmodell der Zukunft?* Arbeitsbericht, Universität Köln, 1998. <http://www.spl.uni-koeln.de/fileadmin/documents/arbeitsberichte/arbb-96.pdf>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [RHAE07] RUSSELL, NICK, TER HOFSTEDÉ, ARTHUR H.M. , VAN DER AALST, WIL M.P. und EDMOND, DAVID : *newYAWL: Achieving Comprehensive Patterns Support in Workflow for the Control-Flow, Data and Resource Perspectives*, 2007. <http://is.tm.tue.nl/staff/wvdaalst/BPMcenter/reports/2007/BPM-07-05.pdf>; Letzter Abruf:12.04.2008.
- [Sch05] SCHAFFERER, MARKUS: *Evaluation von Notationen zur Geschäftsprozessmodellierung*, 2005. http://iig.uit.at/dokumente/bsc_schafferer.pdf; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [SIA05] SI ALHIR, SINAN: *UML in a Nutshell*. O'Reilly Media, ISBN 1-56592-448-7, 2006.
- [Sieg 08] SIEGEL, JON DR.: *BPMN unter der Lupe*, 2008. http://www.sigs.de/publications/os/2008/01/OMG_OS_01_08.pdf; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [SSRGF] SOLBERG, A., SIMMONDS, D., REDDY, R., GHOSH S. und FRANCE, R.: *Using Aspect Oriented Techniques to Support Separation of Concerns in Model Driven Development*. <http://www.cs.colostate.edu/puml/pub/COMPSAC05.pdf>;Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [UMLSS] GROUP, OBJECT MANAGEMENT: *UML 2.0 Superstructure Specification*, 2004. <http://www.omg.org/cgi-bin/apps/doc?ptc/04-10-02.pdf>; Letzter Abruf:11.04.2008.
- [VD06] VASKO, MARTIN und DUSTDAR, SCHAHRAM: *A view based analysis of workflow modeling languages*. TU Wien, 2006. <http://www.infosys.tuwien.ac.at/Staff/sd/papers/>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [WDP04] RUSSELL, N., TER HOFSTEDÉ, A.H.M., EDMOND, D. und VAN DER AALST, W.M.P.: *Workflow Data Patterns*. QUT Technical report, Queensland University of Technology, Brisbane, 2004. <http://www.workflowpatterns.com/patterns/data/index.php>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [WFP] *Workflow Patterns: Exception Handling Patterns*. <http://www.workflowpatterns.com/patterns/exception/index.php>;Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [Whi04] WHITE, STEPHEN A.: *Business Process Modeling Notation*. BPMI.org, 2004. <http://www.bpmn.org/Documents/>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [Wic99] WICKINGHOFF, CONSTANTIN: *Performance Measurement in der Logistik: Grundlagen, Konzepte und Ansatzpunkte einer Bewertung logistischer Prozesse*, 1999. Arbeitsbericht, Universität Köln;

- <http://www.spl.uni-koeln.de/fileadmin/documents/arbeitsberichte/arbb-100.pdf>; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [Wiki a] WIKIPEDIA, DIE FREIE ENZYKLOPÄDIE: *UML*. <http://de.wikipedia.org/wiki/UML>; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [Wiki b] WIKIPEDIA, DIE FREIE ENZYKLOPÄDIE: *UML Aktivitätsdiagramm*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Aktivit%E4tsdiagramm>; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [WIKI-BP] WIKIPEDIA, DIE FREIE ENZYKLOPÄDIE: *Business Process Modeling Notation*. http://de.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Modeling_Notation; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [WIKI-GS] WIKIPEDIA, DIE FREIE ENZYKLOPÄDIE: *Geschäftsprozessmodellierung*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Gesch%E4ftsprozessmodellierung>; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [WIKI-HET] WIKIPEDIA, DIE FREIE ENZYKLOPÄDIE: *Heterarchie*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Heterarchie>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [WIKI-KI] WIKIPEDIA, DIE FREIE ENZYKLOPÄDIE: *Datenkapselung (Programmierung)*. [http://de.wikipedia.org/wiki/Datenkapselung_\(Programmierung\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Datenkapselung_(Programmierung)); Letzter Abruf:10.04.2008.
- [WIKI-SK] WIKIPEDIA, DIE FREIE ENZYKLOPÄDIE: *Skalierbarkeit*. <http://de.wikipedia.org/wiki/Skalierbarkeit>; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [WIKI-ST] WIKIPEDIA, DIE FREIE ENZYKLOPÄDIE: *Stereotyp*. [http://de.wikipedia.org/wiki/Stereotyp_\(UML\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Stereotyp_(UML)); Letzter Abruf:11.04.2008.
- [Wit05] WITTGES, HOLGER: *Verbindung von Geschäftsprozessmodellierung und Workflow-Implementierung*. Deutscher Universitätsverlag, ISBN 3-8244-8310-6, S. 27-33, 2005.
- [WMC4] COALITION, WORKFLOW MANAGEMENT: *Reference Model Interface 4 Workflow Interoperability*. http://www.wfmc.org/standards/docs/article_key_to_ecommerce.PDF; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [WMC99] WORK GROUP 1: *Workflow Management Coalition Interface 1: Process Definition Interchange Process Model*, 1999. http://www.huihoo.org/jfox/jfoxflow/specification/05.Interface1_The_Process_Definition_Interchange_Q\&A_and_Examples.pdf; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [WMFGL99] WORKFLOW MANAGEMENT COALITION: *Terminology and Glossary*, 1999. http://www.huihoo.org/jfox/jfoxflow/specification/03.Terminology_Glossary.pdf; Letzter Abruf:10.04.2008.
- [WMGLOSS] *Das Mobile Glossar für Workflow Management*. <http://www6.informatik.uni-erlangen.de/research/projects/mobile/glossary.shtml>; Letzter Abruf:10.04.2008.

- [WRP3] WORKFLOW PATTERNS: *Pattern 3 - Deferred Distribution*. <http://www.workflowpatterns.com/patterns/data/mechanisms/wdp33.php>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [WRP32] WORKFLOW PATTERNS: *Pattern 32 - Data Transformation - Input*. <http://www.workflowpatterns.com/patterns/data/mechanisms/wdp32.php>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [WRP33] WORKFLOW PATTERNS: *Pattern 33 - Data Transformation - Output*. <http://www.workflowpatterns.com/patterns/data/mechanisms/wdp33.php>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [YAW06] BRADFORD, LINDSAY, KNEIPP, SEAN: *YAWL Editor 1.4 User Manual*, 2006. http://sourceforge.net/docman/display_doc.php?docid=26939&group_id=114611; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [YAWLF] FOUNDATION, YAWL: *YAWL Components*. <http://www.yawlfoundation.org/product/components.php>; Letzter Abruf: 10.04.2008.
- [YHE2E] YAMPOLSKIY, MARK und HAMM, MATTHIAS K. : *Management of Multidomain End-to-End Links - A Federated Approach for the Pan-European Research Network Géant 2*. Deutsches Forschungsnetz (DFN).