

## Association for Information Systems AIS Electronic Library (AISeL)

---

Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013

Wirtschaftsinformatik

---

2013

# Integration von Planungssystemen in der Logistik – Ansatz und Anwendung

Christoph Augenstein

*Universität Leipzig, Institut für Wirtschaftsinformatik, Leipzig, Germany, augenstein@wifa.uni-leipzig.de*

Stefan Mutke

*Universität Leipzig, Institut für Wirtschaftsinformatik, Leipzig, Germany, mutke@wifa.uni-leipzig.de*

André Ludwig

*Universität Leipzig, Institut für Wirtschaftsinformatik, Leipzig, Germany, ludwig@wifa.uni-leipzig.de*

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/wi2013>

---

### Recommended Citation

Augenstein, Christoph; Mutke, Stefan; and Ludwig, André, "Integration von Planungssystemen in der Logistik – Ansatz und Anwendung" (2013). *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013*. 87.

<http://aisel.aisnet.org/wi2013/87>

This material is brought to you by the Wirtschaftsinformatik at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013 by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact [elibrary@aisnet.org](mailto:elibrary@aisnet.org).

# Integration von Planungssystemen in der Logistik – Ansatz und Anwendung

Christoph Augenstein, Stefan Mutke, und André Ludwig

Universität Leipzig, Institut für Wirtschaftsinformatik, Leipzig, Germany  
{augenstein,mutke,ludwig}@wifa.uni-leipzig.de

**Abstract.** Während noch vor wenigen Jahren die meisten Produktions- oder Handelsunternehmen eigene Logistikabteilungen unterhielten, so sind Logistikfunktionen heute weitestgehend an Logistikdienstleister in Kontraktform ausgelagert. Eine der Hauptaufgaben von Logistikdienstleistern liegt in der mehrstufigen Planung logistischer Dienstleistungen für den Kunden. Sie schließt zahlreiche, meist isoliert betrachtete Planungsschritte ein. Für die Logistikplanung stellt dieser Beitrag einen Ansatz zur Integration von Planungssystemen in der Logistik auf Basis der Modellintegration vor. Am Beispiel der Prozessplanung und der Prozesssimulation wird gezeigt wie mit diesem Ansatz Modelle zwischen Planungssystemen konsistent wiederverwendet werden können.

**Keywords:** Logistikplanung, Modellintegration, Modelltransformation, Planungssysteme, Simulation

## 1 Einleitung

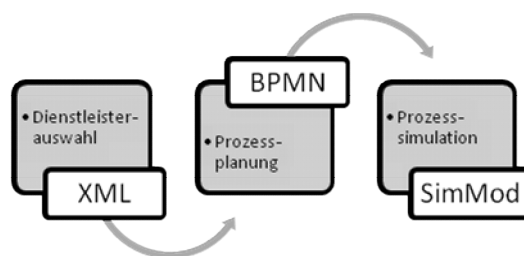
Die Logistik beschäftigt sich mit der zeitlichen und räumlichen Transformation von logistischen Objekten (Material, Personen oder Informationen) und deren bedarfsgerechten Verfügbarkeit [1]. Ihre Hauptaufgabe besteht im effizienten Bereitstellen der richtigen Ware, in der richtigen Menge, in der richtigen Qualität, zur richtigen Zeit, zu den richtigen Kosten, am richtigen Ort (6R-Regel) [2].

Während noch vor wenigen Jahren die meisten Produktions- oder Handelsunternehmen eigene Logistikabteilungen unterhielten, sind Logistikfunktionen heute weitestgehend an Logistikdienstleister (LDL) in Kontraktform ausgelagert. Ausgelagerte und durch LDL in Form von logistischen Dienstleistungen angebotene Logistikfunktionen umfassen dabei die Bereiche Transport, Umschlag, Lagerung aber auch zahlreiche Zusatzbereiche wie Verpackung, Veredelung, Verzollung oder Reifung. Aufgrund unternehmensspezifischer Anforderungen (z. B. nachgefragter Funktionsumfang, Prozesse oder Informationsaustausch) und branchenspezifischer Besonderheiten (z. B. Sicherheitsanforderungen in der Chemiebranche/Gefahrgut oder exakte Rückverfolgbarkeitsanforderung in der Lebensmittelbranche) ist dabei nahezu jede ausgelagerte Dienstleistung in ihrem Funktions-/Leistungsumfang und ihren Geschäftsbedingungen individuell. Die individuellen, aus unterschiedlichen Logistikfunktionen bestehenden logistischen Dienstleistungen werden dabei als Mehrwertlogistik oder

Fourth-Party-Logistics (4PL) bezeichnet [3-4]. So genannte Mehrwert-Logistikdienstleister (Mehrwert-LDL) integrieren und organisieren Teilleistungen unterschiedlicher LDL und bieten diese als kundenspezifische Dienstleistung am Markt an. Sie wählen zusammen mit dem Kunden die jeweils am besten geeigneten LDL zur Leistungserbringung aus, optimieren und steuern den gesamten Güter- und Informationsfluss über alle beteiligten LDL. Mehrwert-LDL fungieren dabei als logistische Generalunternehmer. Sie stellen die zentrale Schnittstelle zwischen dem Kunden und den einbezogenen LDL dar, tragen die Verantwortung für die Leistung und die Qualität der in die Kette integrierten Anbieter.

Eine der Hauptaufgaben von Mehrwert-LDL liegt in der mehrstufigen Planung logistischer Dienstleistungen für den Kunden. Sie schließt zahlreiche, abhängig vom Kunden unterschiedliche Planungsschritte wie die Auswahl von Dienstleistern, die Prozessplanung oder das Aufstellen langfristiger Prognosen zur Planungsabsicherung ein (s. Abbildung 1). Jeder dieser Planungsschritte baut auf eigenen Planungsmethoden und den in ihnen verwendeten Planungssystemen auf. Dadurch können zwar die für den konkreten Planungsschritt relevanten Aspekte der realen Welt abstrahiert werden, es entstehen so jedoch nur isolierte Planungsergebnisse im Gesamtplanungsprozess, die einer isolierten Interpretation unterliegen. In [5] dagegen wurde die Integration der einzelnen Planungsschritte als wesentlicher Faktor hervorgehoben, um den Modellierungsaufwand, die Kosten und die Fehleranfälligkeit gering zu halten.

In vorliegendem Beitrag wird ein Ansatz vorgestellt, mit dem sich heterogene Modelle von Logistikplanungssystemen integrieren lassen. Auf Basis der Modellintegration kann eine ganzheitliche Sicht auf die Planung logistischer Mehrwertdienste hergestellt werden. Zuerst wird ein Überblick über verwandte Ansätze gegeben (Abschnitt 2). Am Beispiel heterogener Planungsmodelle und Leistungsbeschreibungen wird herausgestellt, wie sich Modelle in unterschiedlichen Planungsschritten grundsätzlich aufeinander abbilden und einheitlich wiederverwenden lassen (Abschnitt 3). Die Modellintegration wird am Beispiel der Prozessplanung und der anschließenden Prozesssimulation vorgestellt (Abschnitt 4). Abschließend werden die wesentlichen Elemente der Planung zusammengefasst (Abschnitt 5).



**Abb. 1.** Beispiel einer mehrstufigen Logistikplanung und den darin verwendeten Planungssystemen und Modellen

## 2 Verwandte Ansätze

Die Umsetzung einer integrierten Planung auf Seiten des Mehrwert-LDL führt zur Integration mehrerer Modelle und zu einer Überführung dieser Modelle in Weitere. In diesem Beitrag wird ausgehend von Prozessmodellen und einer formalisierten Beschreibung von Dienstleistern gezeigt, wie diese Modellinformationen integriert und schließlich in ein Simulationsmodell überführt werden. Für die spezifische Aufgabe einer Modellintegration und Transformation im Rahmen der Logistikdomäne sind bislang jedoch keine umfassenden Ansätze bekannt. Dagegen lassen sich verwandte Ansätze für den Bereich der Modellintegration in Arbeiten zur Metamodellierung bzw. Metamodellierungsplattformen sowie Modelltransformationen finden. Für den Ansatz zur Absicherung der Planung mittels einer Simulation sind ebenfalls Modelltransformationen, im Rahmen der Überführung von Prozessmodellen zu Simulationsmodellen, sowie Simulationsansätze für logistische Systeme vorhanden. Nachfolgend werden in drei Sektionen Beispiele für solche Ansätze genannt und kurz beschrieben.

**Metamodellierung.** Metamodellierungsplattformen [6-7] sind Ansätze zur Verwaltung von Metamodellen bzw. deren Modellen u. a. zum Zwecke der Versionierung. Braun und Winter modellieren in ihrem Ansatz schichtenweise eine Unternehmensarchitektur, auf der Metamodelle pro Schicht verwaltet und in einen integrativen Rahmen gebracht werden sollen. Generell wird jedoch nicht die Verbindung verschiedener Metamodelle angestrebt.

**Modelltransformationen.** Modelltransformationen werden in den Bereichen (modellgetriebene) Softwareentwicklung bzw. Softwarearchitekturen verwendet. Einen Überblick über Transformationsarten liefert [8]. Sie sind für diesen Ansatz aus zwei Perspektiven relevant. Zum einen dienen Transformationen dazu Modellkorrespondenzen zwischen unterschiedlichen Modellen zu identifizieren und zu realisieren. Beispiele für diese Art der Nutzung sind sowohl [9] als auch [10], die jeweils für einen multiperspektivischen Ansatz Korrespondenzen zwischen den Perspektiven ermitteln. Erstere definieren übergreifende Aspekte für Softwarearchitekturen sowohl intensional auf Metamodellebene als auch extensional auf Modellebene. Selonen und Kettunen erarbeiteten einen Ansatz für die Softwareentwicklung, um Modelle, auf demselben Metamodell basierend, mittels Regeln miteinander zu verbinden. Schließlich existieren mit [11] und [12] Ansätze, die Softwaremodelle mit Hilfe von UML zueinander in Beziehung setzen.

Zum anderen sind Transformationsansätze auch für die Entwicklung von Transformationsmodellen bei der Überführung von Prozess- in Simulationsmodelle relevant. Sowohl Petsch et al. als auch Kloos et al. stellen in [13-14] ein Transformationsmodell als Zwischenschritt bei der Umwandlung von Prozess- zu Simulationsmodellen vor. Bei beiden Ansätzen wird davon ausgegangen, dass Prozessmodelle ohne Berücksichtigung von Simulationsanforderungen vorhanden sind, um bspw. die Transparenz von Prozessen zu erhöhen, um Mitarbeiter zu schulen und zur Dokumen-

tation für Zertifizierungen. Die Ansätze setzen allerdings voraus, dass die Prozesse als EPK (ereignisgesteuerte Prozessketten) modelliert sind.

**Simulationsansätze.** Es gibt eine Reihe von weitgefächerten Ansätzen die sich mit Simulation bei der Planung von Logistiksystemen befassen. Ingalls diskutiert in [15] den Nutzen von Simulation als Analysemethode zur Untersuchung von Supply Chains. Zudem umfasst die Arbeit eine Auflistung von Vor- und Nachteilen. Ein konkreter Ansatz wird jedoch nicht vorgestellt. Cimino et al. stellt ein allgemeines Simulations-Framework zur Modellierung von Supply Chains vor [16]. Zudem wird in diesem Beitrag ein Überblick über verschiedene ereignisdiskrete Simulationswerkzeuge im Hinblick auf die Anwendungsdomäne und die Nutzung von Programmiersprachen als Alternative zu einer ereignisdiskreten Simulation (EDS) gegeben.

### 3 Integration von Planungssystemen durch Modellintegration

Mit den Modellen in der Logistikplanung (s. Abbildung 1) werden spezifische Informationen eines Dienstes festgehalten. Jedes Planungswerkzeug besitzt zur Modellierung ein Metamodell als formale Basis, um bestimmte Aspekte zu modellieren. Die Ablaufplanung einer Dienstleistung kann beispielsweise in der Prozessmodellierung mit Hilfe der Sprache „Business Process Modeling and Notation“ (BPMN) modelliert werden. Eine logistische Dienstleistung wird dabei sukzessive durch verschiedene Modelle umfänglich beschrieben. Während der Planung werden dadurch Modelle erstellt, die je nach Art disjunkte oder überlappende Informationen beinhalten. Verstärkt wird dieser Zustand dadurch, dass mehrere Personen beteiligt sind, sodass derselbe Sachverhalt einer unterschiedlichen Modellierung (Synonyme, Homonyme, alternative Modellierungsarten) unterworfen sein kann. Gleichzeitig muss gewährleistet werden, dass weitere Werkzeuge im Planungsprozess hinzugefügt werden können und dass die Durchführung der Planung, Steuerung und Kontrolle möglichst effizient geschieht. Das wird ermöglicht, indem bereits modellierte Informationen in anderen Modellen wiederverwendet werden, womit gleichzeitig auch die Problematik der unterschiedlichen Modellierung verringert wird.

Das durch Augenstein et al. in [17] vorgestellte Service Repository als prototypische Implementierung eines Service Modeling Frameworks (SMF) legt den Grundstein für eine Modellintegration von Planungssystemen. Im Service Repository werden die in Werkzeugen verwendete Modelle zentral verwaltet und auf Metaebene so miteinander verknüpft, dass Informationen aus bestehenden Modellen extrahiert und wiederverwendet werden. Im SMF wird analog zur adaptiven Referenzmodellierung nach [18] jedes Modell als eine Projektion auf ein Gesamtmodell angesehen. Allerdings wird für eine Dienstleistungsbeschreibung nicht die a priori Erstellung eines Referenzmodells bevorzugt, da sich gezeigt hat, dass die Entwicklung eines solchen umfänglichen Dienstleistungsmodells bereits mehrfach (s. z. B. [19-21]) vorangetrieben wurde, ohne jedoch einen Konsens bzgl. des Inhalts zu finden. In [17] wurde dazu auch detailliert die Problematik eines Gesamtmodells für Dienstleistungen diskutiert. Einzelne Modelle einer Dienstleistung werden jeweils als ein Aspekt der Dienstleis-

tung und ein Gesamtmodell dieser Dienstleistung somit als Obermenge der verfügbaren Modelle aufgefasst.

Um Modelle verschiedener Modellierungssprachen miteinander verknüpfen zu können, nutzt das SMF eine Modellhierarchie, wie in Abbildung 2 dargestellt. Da nach [7] die wesentlichen Elemente einer Modellierungssprache ihre Syntax, ihre Semantik und ihre Notation sind, müssen zur Verbindung von Modellen verschiedener Sprachen zumindest Syntax als auch Semantik vereinheitlicht werden. Die Notation als reine Darstellungsform kann für diese Zwecke zunächst vernachlässigt werden. Eine einheitliche Syntax wird im SMF durch ein vorgegebenes Metametamodell erreicht, mit dem alle verwendeten Modellierungssprachen beschrieben sein müssen. Somit wird die Lücke auf syntaktischer Ebene zwischen diesen Sprachen geschlossen und eine gemeinsame Verarbeitung ermöglicht. Der Ansatz und das Repository bauen hierzu auf dem EMOF<sup>1</sup> (Essential Meta Object Facility) kompatiblen Metamodell Ecore<sup>2</sup> der Eclipse Foundation auf.

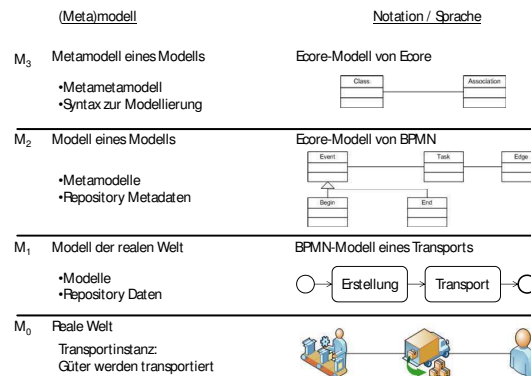


Abb. 2. Modellhierarchie im Repository

Zusätzlich muss auch die semantische Lücke zwischen Modellen mit vergleichsweise hohem Aufwand geschlossen werden. Um ein Modell in ein semantisch äquivalentes Modell zu überführen, werden Transformationsregeln auf der Metaebene definiert. Im Vergleich zu bestehenden Ansätzen der Modelltransformation (s. Abschnitt 2) wird mit dem SMF ein anderer Ansatz zur Modellintegration verfolgt. Bestehende Ansätze der Modell-zu-Modell-Transformation erstellen auf Metaebene Beziehungen zwischen Elementen und führen teilautomatisiert eine Transformation auf Modellebene durch. Problematisch sind die folgenden Aspekte: Zum einen werden Modelle auf Metaebene direkt miteinander verknüpft, sodass bei Hinzunahme eines weiteren Modelltyps zunächst weitere Transformationen definiert werden müssen. Zum anderen können Transformationen nur durch Vergleich der abstrakten Syntax automatisiert durchgeführt werden, so dass ein zusätzlicher manueller Schritt notwendig wird, um eine vollständige Transformation zu gewährleisten (s. hierzu die Etablierung

<sup>1</sup> Siehe hierzu: <http://www.omg.org/mof/>

<sup>2</sup> Siehe hierzu: <http://www.eclipse.org/modeling/emf/?project=emf>

extensionaler Verbindungen bei Romero et al. [9] oder Intermodellkorrespondenzen bei Selunen et al. [10]). Modelltransformationen sind dann sinnvoll, wenn sowohl mit dem Ausgangs- als auch mit dem Zielmodell ein ähnlicher Sachverhalt modelliert werden soll (z. B. die Transformation eines BPMN-Modells in ein BPEL-Modell zur Automatisierung). Das SMF umfasst jedoch Modelle, die unterschiedliche Aspekte einer Dienstleistung betreffen (z. B. Prozess, technische Beschreibungen, Kennzahlen oder Preismodelle). Daher wird die semantische Lücke zwischen Modellen nicht durch die Angabe von Transformationsregeln geschlossen, sondern durch ein separates Modell, das relevante Modellelemente deskriptiv miteinander verbindet. Zusätzlich fließen Elemente der Fachdomäne, in diesem Fall der Logistik, über ein weiteres Modell mit in die Beschreibung der Verbindung ein und erlauben damit eine noch präzisere Beschreibung.

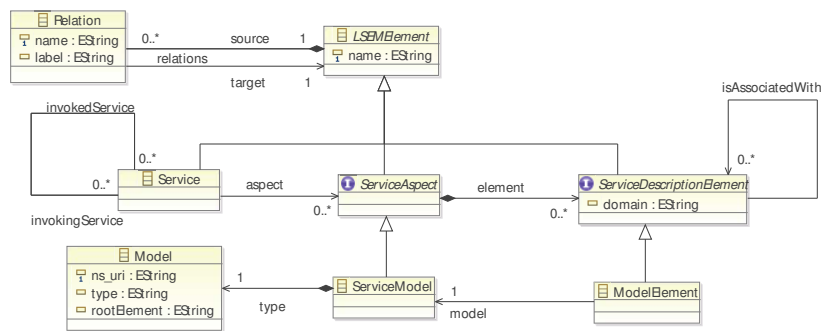
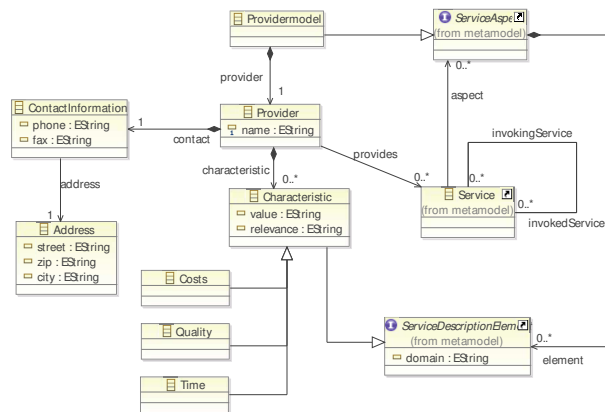


Abb. 3. Basismetamodell (Ausschnitt)

Das Basismetamodell, welches in [17] als Common Service Metamodel (CSM) bezeichnet und in Abb. 3 auszugsweise dargestellt wird, übernimmt die Aufgabe, semantisch ähnliche Modellelemente miteinander zu verbinden. Es beschreibt zum einen die Grundstruktur des SMF, indem Services, Modelle und deren Elemente zueinander in Beziehung gesetzt werden. Zum anderen setzt es die Modelle bzw. deren Elemente über eine zusätzliche Abhängigkeit (ServiceAspect und ServiceDescriptionElement) zueinander in Beziehung. Jedes Modell wird als ein Aspekt einer Dienstleistung und jedes Modellelement, das zu anderen in Beziehung gesetzt werden soll, als ein ServiceDescriptionElement beschrieben.

Am Beispiel eines Dienstleistermetamodells (s. Abbildung 4), welches Kennzahlen zu LDL enthält, soll diese Verbindung näher erläutert werden. Das Modell charakterisiert einen LDL durch die Angabe von Kontaktinformationen, durch Kennzahlen, die zusätzlich in die Kategorien Kosten, Qualität und Zeit eingeteilt werden und durch die Dienste, die er anbietet. Neben den Diensten besitzt das Dienstleistermetamodell zwei weitere Verbindungen (Vererbungsbeziehungen) zum Basismetamodell. Jeder LDL erbringt eine spezifische logistische Funktionalität (z. B. Transport, Umschlag oder Lagerung). Das Modell selbst wird als ein Aspekt (ServiceAspect) eines Dienstes gekennzeichnet und die Elemente, die die Kennzahlen des Dienstleisters im Modell repräsentieren, werden als ServiceDescriptionElement modelliert.



**Abb. 4.** Dienstleistermetamodell

Damit stehen diese Informationen auch anderen Modellen zur Verfügung, im Gegensatz zu den Kontaktinformationen, die ohne weitere Verbindung zum Basismetamodell nur innerhalb eines Dienstleistermodells Verwendung finden. Mit Hilfe des Basismetamodells wird damit auch die semantische Lücke zwischen Modellen im SMF geschlossen. Auf Modellebene semantisch äquivalente Informationen oder Informationen, die in anderen Modellen wiederverwendet werden sollen, werden auf die beschriebene Art gekennzeichnet und stehen im weiteren Verlauf der Planung zur Verfügung. Dazu werden in einem separaten Modell des SMF Beziehungen auf Modell- und Modellelementebene modelliert. Die Beziehungen, die zwischen den Service-DescriptionElementen modelliert werden, steuern dabei die Extraktion der Modellinformation für andere Werkzeuge. Die eingangs geforderten Eigenschaften der Informationswiederverwendung und Erweiterbarkeit werden durch das einheitliche Metamodell und das Basismetamodell erfüllt. Einzige Einschränkung besteht darin, dass nur solche Modelle integriert werden können, deren Metamodelle sich durch das Metametamodell beschreiben lassen.

#### 4 Anwendung am Beispiel der Prozessplanung und -simulation

Die Planung logistischer Mehrwertdienste wird mittels mehrerer Modelle durchgeführt. Eine grobe Planung der einzelnen Teilleistungen und deren zeitlichen Abhängigkeiten werden mit einem Prozess dargestellt. Nach [22] wird ein solcher Prozess als zusammenhängende, abgeschlossene Folge von Tätigkeiten beschrieben, die zur Erfüllung einer betrieblichen Aufgabe notwendig sind. [23] ergänzt, dass diese Tätigkeiten zur Erzeugung eines Produktes oder einer Dienstleistung dienen. Wenngleich hier zunächst die betriebliche Dimension eines Prozesses genannt wird, so werden Prozesse im überbetrieblichen Kontext mit demselben Zweck verwendet. Je nach



Ausrichtung werden Bausteine, die für die Modellierung eines Prozesses relevant sind, funktional oder strukturell beschrieben. [22] fokussiert die funktionale Sicht und nennt daher Funktionen, Ereignisse, Organisationseinheiten, Informationsobjekte und Operatoren als wesentliche Elemente. [23] fokussiert die strukturelle Sicht eines Prozesses, bzw. dessen Ablauf und benennt Ereignisse, Zerlegungen, Sequenzen, Auswahlen und Parallelitäten. Die Prozessmodellierung als Aktivität zur Definition und Beschreibung eines Ablaufs verbindet Ausführende (Organisationseinheiten) mit Ausführungsobjekten (Informationsobjekte) über Aufgaben (Tätigkeiten) und verbindet diese über unterschiedliche Kontrollflüsse miteinander. Anwendungsgebiete bzw. Zweck der Prozessmodellierung sind beispielhaft die Dokumentation, die Vorbereitung zur Automatisierung oder auch die Optimierung. [24] benennt die Simulation zur Untersuchung des Systemverhaltens im Zeitablauf als weiteres Anwendungsgebiet.

Die Anwendung von Simulationstechniken in der Logistik helfen dem LDL logistische Mehrwertdienstleistungen effizienter zu gestalten. Da sie für eine längere Kontraktdauer konzipiert sind, sind tiefgreifende Änderungen während der Laufzeit sehr kostenintensiv und sehr zeitaufwendig [25]. Somit ist es bereits während der Planungsphase notwendig, Aussagen über das zukünftige Verhalten der Lieferkette zu treffen. Zur methodischen Absicherung der Planung, Steuerung und Überwachung der Material-, und Informationsflüsse haben Simulationstechniken in der Logistik inzwischen einen hohen Stellenwert eingenommen [26]. EDS von Logistiknetzwerken eignen sich, um die Entscheidungsunterstützung innerhalb der Planungsphase zu verbessern, indem mehrere Systemvarianten analysiert werden, die sich in Struktur und Verhalten unterscheiden [27]. Somit kann das System vor der eigentlichen Umsetzung untersucht werden. Eine Simulation benötigt neben dem eigentlichen Modell zusätzlich eine Umgebung, innerhalb der das Modell lauffähig ist. Ein Simulationsmodell wird daher grundsätzlich nur für eine bestimmte Umgebung entwickelt. Sind diese beiden Voraussetzungen gegeben, kann mit einem Simulationsexperiment das Modellverhalten zielgerichtet untersucht werden. Allgemein besteht ein Simulationsmodell aus folgenden Konzepten:

**Tabelle 1.** Konzepte eines Simulationsmodells

<b>Entities</b>	Repräsentiert ein Realwelt-Objekt. Dynamische Entities bewegen sich durch das System (z. B. Produkt, Kunde), statische Entities bedienen andere Entities (z. B. Förderband, Lager)
<b>Events</b>	Ein Event verändert den Zustand eines Simulationssystems. Events sind immer Start und Ende einer Activity oder Delay (z. B. Fracht ist verladen)
<b>Attributes</b>	Attributes charakterisieren Entities (z. B. Bearbeitungszeit, Kapazität, Farbe). Eine Gruppe von Entities kann die gleichen Attributes besitzen und variiert nur in der Ausprägung
<b>Activities</b>	Repräsentiert eine bestimmte Zeitspanne. Die Zeitdauer ist im Vorfeld bekannt (z. B. Bearbeitungszeit einer Maschine)
<b>Delays</b>	Repräsentiert eine unbestimmte Zeitspanne. Diese hängt von den Kombinationen des Systemzustandes ab (z. B. Fracht wartet auf Einlagerung)

Die wesentliche Aufgabenstellung einer Simulation in der Logistik ist die Untersuchung der Transportmengen und Kapazitäten der Teildienstleistungen, um sicherzustellen, dass der Kundenbedarf erfüllt werden kann. So ist es möglich, die Durchläufe der Güter durch das Logistiksystems hinsichtlich der Kapazitäten zu analysieren, um Engpässe frühzeitig identifizieren zu können. Für die Bildung dieser Simulationsmo-

delle werden in der Logistikdomäne hauptsächlich anwendungsorientierte Modellierungskonzepte mit anwendungsnahen Beschreibungsmitteln eingesetzt. Typische Vertreter sind „Bausteinkonzepte“. Diese stellen topologische, organisatorische und/oder informatorische Elemente – zweckmäßig aggregiert und vordefiniert sowie aus Anwendungssicht parametrisierbar – für ein bestimmtes Anwendungsfeld zur Verfügung [26]. In [5] wurden darüber hinaus speziell die Ziele und Anforderungen eines Mehrwert-LDL an einen Simulationsansatz näher diskutiert und die Notwendigkeit eines Ansatzes zur Transformation von Prozess- zu Simulationsmodellen hervorgehoben. Als wichtigste Anforderung wurde die Integration des Simulationsansatzes in den gesamten Planungsprozess herausgestellt. Der Mehrwert des Ansatzes liegt somit in der automatischen Transformation von bestehenden Prozessmodellen zu Simulationsmodellen.

Zwar können Prozessmodelle als Basis für die Erzeugung eines Simulationsmodells verwendet werden, für eine Simulation sind jedoch zusätzliche Informationen als zur reinen Visualisierung der Prozesse notwendig [14]. In [28] wird ein Ansatz zur formalen und semantischen Beschreibung von Dienstleistungen aus der Logistikdomäne unter Verwendung von Konzepten der Serviceorientierung und von Semantic-Web Technologien vorgestellt. Der Ansatz kategorisiert und beschreibt zudem die modularen Logistikdienstleistungen Transport, Umschlag, Lagerung, Mehrwertdienstleistungen, usw. in Form einer Ontologie. Diese wurde im Rahmen der Forschungsarbeit verwendet, um die BPMN Prozessmodelle mit zusätzlichen Informationen zu annotieren. Aktivitätselemente von BPMN repräsentieren Logistikdienstleistungen, die durch die Ontologie mit mehr Informationen angereichert werden. Um diese Idee umzusetzen wurde das BPMN Ecore-Metamodell erweitert (s. Abbildung 5 links). Die identifizierten Elemente und Attribute, die für die Simulation logistischer Prozesse benötigt werden, wurden durch ein eigenes Ecore-Modell umgesetzt und bilden zusammen mit den BPMN Ecore-Modell das logistische BPMN Metamodell. Die rechte Seite in Abbildung 5 zeigt die Umsetzung in einem Editor. Jeder Aktivität (BPMN Task) kann mittels bereitgestellter Annotation der Typ der Dienstleistung sowie die Zeitdauer, Abweichung usw. zugeordnet werden. Zudem kann für „Sequence Flows“ (Kontrollstruktur) nach einem Gateway die Wahrscheinlichkeit des Ablaufs des Pfades zugewiesen werden. Diese Daten werden aus dem Providermodell im Repository bereitgestellt, können aber zudem manuell angegeben werden. Zudem wurde das Simulationswerkzeug angepasst. Wie oben beschrieben wird innerhalb des Ansatzes ein „Bausteinkonzept“ verwendet. So wurden in dem Werkzeug Entitäten mit den dazugehörigen Attributen als Bausteine erstellt und können somit jederzeit wiederverwendet werden. Somit entspricht eine Aktivität im Prozessmodell einem Baustein im Simulationsmodell. Die Ontologie wird als Basis für beide Modelle verwendet.

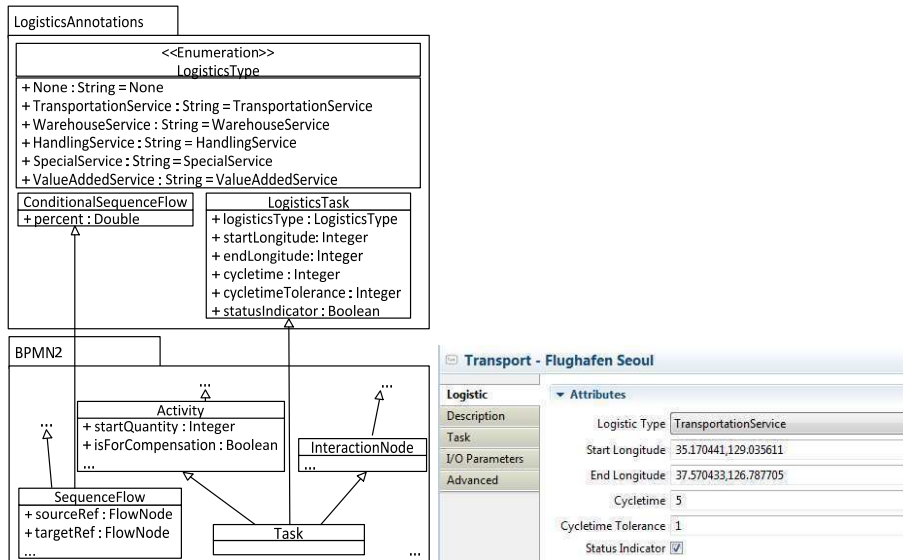


Abb. 5. UML Klassendiagramm der logistischen Elemente, Umsetzung im BPMN Editor

Für die Transformation von Prozessmodellen zu Simulationsmodellen wird eine Modell-zu-Text (M2T) Transformation angewendet. Diese Aufgabe kann durch das Eclipse Projekt Xtext<sup>3</sup> übernommen werden. Abbildung 6 verdeutlicht den Ablauf und zeigt die einzelnen Bestandteile der Transformation.

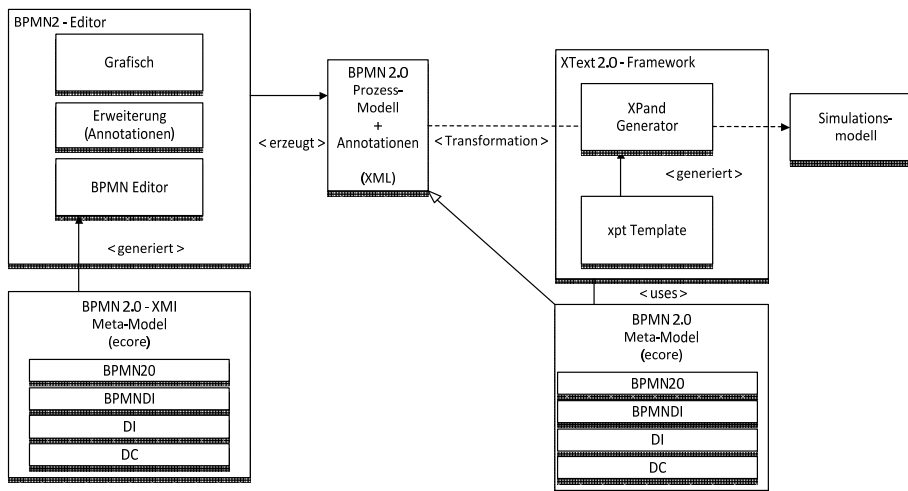


Abb. 6. Transformationsvorgehen vom Prozess- zum Simulationsmodell

<sup>3</sup> <http://www.eclipse.org/Xtext/>

Mit dem BPMN Prozesseditor, dem das logistische Ecore Metamodell zugrunde liegt, wird ein BPMN Prozess modelliert und mit Annotationen angereichert. Das Prozessmodell steht neben der grafischen Repräsentation auch als XML Repräsentation zur Verfügung, welche für die Transformation verwendet wird. Das Xtext Framework nutzt ebenfalls das logistische Ecore Metamodell zur Auswertung des Prozessmodells in XML Repräsentation. Der Xpand Generator wertet die einzelnen Elemente des Quellmodells aus und erzeugt auf Basis eines xpt-Template das Simulationsmodell.

### Beispielszenario

Zum besseren Verständnis der Aktivitäten innerhalb der Grobplanung wird ein mögliches Anwendungsszenario beschrieben. Dabei wird das Zusammenspiel des Service Repository mit den Planungswerkzeugen veranschaulicht. Das nachfolgend beschriebene Szenario fokussiert den Entwicklungsaspekt einer Logistikdienstleistung und beschreibt Schritte und Modelle, die innerhalb der Planungsphase auftreten:

Ein Produktionsunternehmen benötigt für die Endmontage an den Fertigungsbändern diverse Kleinteile (z. B. Schrauben, Befestigungsmaterial, Spritzgusskleinteile, Sicherungen). Aus Kostengründen bezieht es diese von mehreren Anbietern aus Asien. Dazu spezifiziert es Anforderungen (bspw. Art der Güter, durchschnittliche Bestellmengen, spezielle Verpackungen, Lieferzeiten/Durchlaufzeiten, Start-/Zielort, usw.), die beispielhaft in Tabelle 2 (links) definiert sind. Als Generalunternehmer übernimmt ein Mehrwert-LDL die Beschaffungslogistik und führt aufgrund der Kundenanforderung eine Grobplanung der Lieferkette durch (s. Abbildung 7).

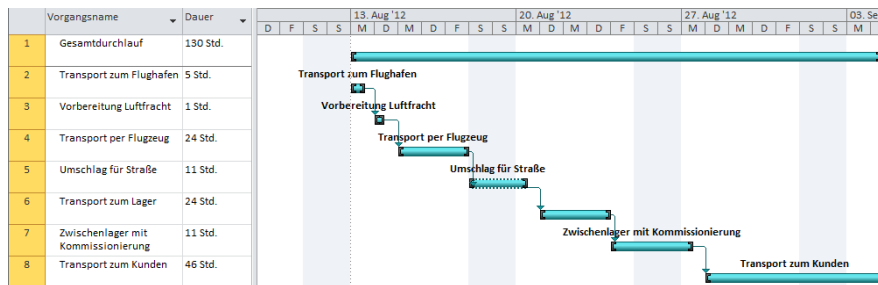


Abb. 7. Zeitliche Grobplanung des Mehrwert-LDL

Im Szenario werden die Kleinteile in zwei Werken hergestellt und anschließend von den Produzenten in den Werken auf Paletten verpackt. Der Mehrwert-LDL ist ab diesem Punkt für die gesamte Logistik bis zum Kunden verantwortlich. Im ersten Schritt muss der Transport vorbereitet werden. Dazu gehören die Zollabwicklung und das Einholen aller benötigten Papiere. Danach werden die Paletten im Werk verladen und zum Flughafen per LKW transportiert. Am Flughafen angekommen, werden die Paletten in spezielle Container luftfrachttauglich verladen und für den Lufttransport vorbereitet. Die Container werden per Flugzeug nach Deutschland transportiert. Am Zielflughafen werden die Kleinteile wieder auf Paletten verpackt und per LKW in ein Zentrallager befördert und nach einer Qualitätsprüfung eingelagert. Aus dem Zentral-

lager werden gemäß der durchschnittlichen Bestellmenge die Zwischenlager an den Produktionsstandorten des Produktionsunternehmens und schließlich die Produktionsbänder „Just in Time“ per LKW beliefert.

**Tabelle 2.** Kundenanforderung (links), Anforderung an Teildienstleistung (rechts)

<b>Transportgut</b>	<b>Autozubehör</b>	<b>Name der Dienstleistung</b>	<b>Transport Flughafen Seoul 2</b>	<b>Umschlag Luftfracht Flughafen Seoul</b>	<b>Transport Flughafen Berlin</b>
<b>Bestellmenge</b>	1 Palette/36 Std.	<b>Art der Dienstleistung</b>	Transport Straße	Umschlag Luftfracht	Transport Luft
<b>Durchlaufzeit</b>	6 Tage	<b>Durchlaufzeit</b>	5 Std.	1 Std.	24 Std.
<b>Servicegrad</b>	98%	<b>Servicegrad</b>	99,50%	99,80%	99,50%
<b>Produktionsort</b>	Südkorea	<b>Startort</b>	Busan	Seoul	Seoul
<b>Zielort</b>	Kassel (DE), Toledo (ES), Sibiu (RO), Östersund (SW)	<b>Zielort</b>	Seoul	Seoul	Seoul

Die zeitliche Grobplanung ist zugleich die Grundlage für die Identifizierung der Teilleistungen und damit für die Anbietersauswahl. In einem weiteren Schritt werden die Anforderungen des Kunden auf Anforderungen an die Teilleistungen herunter gebrochen (s. Tabelle 2 rechts) und potenzielle Anbieter auf Basis der verfügbaren Dienstleistermodelle ausgewählt. Das Verfahren zum Vergleich der Anforderungen mit den Kapazitäten der Anbieter wird aus Platzgründen nicht näher beschrieben. Im Ergebnis wurde am Ende des Verfahrens zu jedem Teilschritt der Gesamtleistung, dargestellt als Prozessmodell, ein Dienstleister zugeordnet. Ermöglicht wird dies über die in Abschnitt 3 beschriebene Verknüpfung des Dienstleistermetamodells und des Prozessmetamodells mit dem Basismetamodell. Für die anschließende Transformation wird das annotierte und erweiterte Prozessmodell aus dem Repository geladen und mit Hilfe des Generators in das Simulationszielmodell umgewandelt. Das Ergebnis ist ein in Enterprise Dynamics<sup>4</sup> (ED) ausführbares Simulationsmodell der Logistikkette (s. Abbildung 8). Führt der Mehrwert-LDL das Simulationsmodell aus, stellt er fest, dass innerhalb des Prozesses ein Engpass besteht. Die Anforderungen an diese Teilleistung für den Transport vom Flughafen zum Zwischenlager müssen daher nachträglich angepasst werden, da nach Einschwingen des Systems die Auslastung des Dienstleisters demnach 99,8% beträgt und somit das Lager am Flughafen vollläuft.

Mit diesem integrativen Planungsansatz kann der Mehrwert-LDL effizient Abweichungen von den Anforderungen erkennen und über Änderungen im Prozessmodell alternative Simulationsmodelle erzeugen. Durch geänderte Anforderungen kann beispielsweise ein neuer Dienstleister ausgewählt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, eine weitere Dienstleistung und somit einen weiteren Prozessschritt für die Logistikkette zu modellieren. Durch die modellgetriebene Entwicklung des Simulationsmodells mittels eines Generators kann durch die beschriebene Transformation bzw. Erweiterung ein neues Simulationsmodell erzeugt und ausgeführt werden.

<sup>4</sup> incontrol Simulation Solutions – <http://www.incontrolsim.com/>

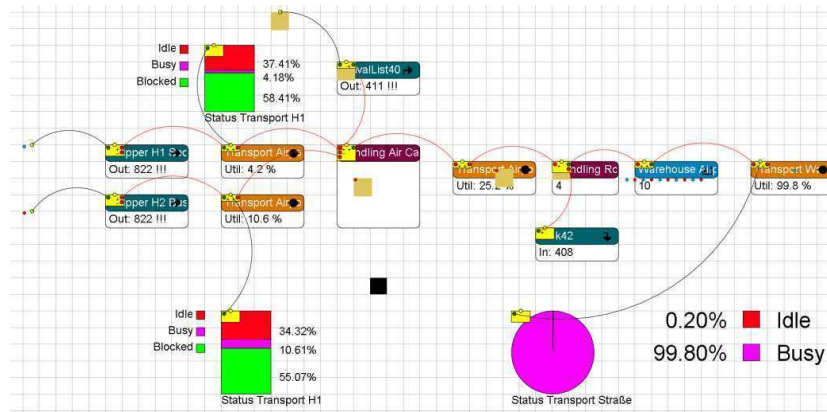


Abb. 8. Simulationsmodell (Ausschnitt) des Beispielszenarios in ED

## 5 Zusammenfassung

Eine der Hauptaufgaben von Mehrwertlogistikdienstleistern liegt in der mehrstufigen Planung logistischer Dienstleistungen für den Kunden. Sie schließt zahlreiche, meist isoliert betrachtete Planungsschritte und Planungssysteme ein. Zur integrierten Logistikplanung stellte dieser Beitrag einen Ansatz zur Integration von Planungssystemen in der Logistik auf Basis der Modellintegration vor. Aus diesem Grund wurde das Service Modeling Framework und das auf dieser Grundlage entwickelte Service Repository vorgestellt. Am Beispiel der Prozessplanung und der Prozesssimulation wurde dargestellt, wie mit diesem Ansatz Modelle zwischen Planungssystemen konsistent wiederverwendet werden können und wie die technische Umsetzung des Lösungsansatzes in diesem Anwendungsfall gestaltet wurde. Dadurch kann mit einem simulationsbasierten Ansatz die Planung so abgesichert werden, dass Anforderungen des Kunden möglichst präzise zugleich aber kosteneffizient eingehalten werden. Die Entwicklung des Simulationsmodells wird durch die im Repository vorgehaltenen Modelle ermöglicht. Die Schwierigkeit der Transformation des Prozessmodells wurde gelöst, indem das existierende BPMN-Metamodell mit Annotationen erweitert wurde, um dann in einem modellgetriebenen Verfahren das Simulationsmodell zu generieren. Wird mit Hilfe der Simulation eine Kombination von Teilleistungen und deren Zuordnung zu Dienstleistern gefunden, so ist damit die Planungsphase abgeschlossen.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) welches im Rahmen des Förderprojekts Logistik Service Engineering und Management (BMBF 03IPT504X) die Erarbeitung dieses Beitrags gefördert hat.

## Literatur

1. Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H.: Handbuch Logistik. Springer, Berlin Heidelberg (2008)
2. ten Hompel, M., Schmidt, T., Nagel, L.: Materialflusssysteme: Förder- und Lagertechnik. Springer, Berlin Heidelberg (2007)
3. Schmitt, A.: 4PL-Providing-TM als strategische Option für Kontraktlogistikdienstleister: eine konzeptionell-empirische Betrachtung. Dt. Univ.-Verl, Wiesbaden (2006)
4. Nissen, V., Bothe, M.: Fourth Party Logistics - Ein Überblick. Logistik Management 4 (1), 16-25 (2002)
5. Mutke, S., Klinkmüller, C., Ludwig, A., Franczyk, B.: Towards an Integrated Simulation Approach for Planning Logistics Service Systems. In: Daniel, F., Barkaoui, K., Dustdar, S. (eds.): BPM 2011 Workshops. LNBIP, Vol. 99, pp. 306-317. Springer, Berlin Heidelberg (2012)
6. Braun, C., Winter, R.: A Comprehensive Enterprise Architecture Metamodel and Its Implementation Using a Metamodeling Platform. In: Desel, J., Frank, U. (eds.): Enterprise Modelling and Information Systems Architectures Workshop 2005. LNI, Vol. P-75, pp. 64-79. GI, Bonn (2005)
7. Karagiannis, D., Kühn, H.: Metamodelling Platforms. In: Bauknecht, K., Tjoa, A., Quirchmayr, G., (eds.): E-Commerce and Web Technologies. LNCS, Vol. 2455, pp. 451-464. Springer, Berlin Heidelberg (2002)
8. Czarnecki, K., Helsen, S.: Classification of Model Transformation Approaches. In: Bettin, J., van Emde, G., Agrawal, A., Willink, E., Bezivin, J., (eds.), 2<sup>nd</sup> OOPSLA Workshop on Generative Techniques in the context of Model Driven Architecture, Anaheim, USA, pp. 1-17 (2003)
9. Romero, J.R., Jaén, J.I., Vallecillo, A.: Realizing Correspondences in Multi-viewpoint Specifications. In: IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC 2009) pp. 163-172. IEEE (2009)
10. Selonen, P., Kettunen, M.: Metamodel-based inference of inter-model correspondence. In: Krikhaar, R., Verhoef, C., Di Lucca, G.A. (eds.): 11<sup>th</sup> European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR '07), pp. 71-80. IEEE (2007)
11. Akehurst, D.H.: Model Translation: A UML-based specification technique and active implementation approach. University of Kent, Kent (2000)
12. Anwar, A., Dkaki, T., Ebersold, S., Coulette, B., Nassar, M.: A Formal Approach to Model Composition Applied to VUML. In: 16<sup>th</sup> IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS 2011), pp. 188-197. IEEE (2011)
13. Petsch, M., Schorcht, H., Nissen, V., Himmelreich, K.: Ein Transformationsmodell zur Überführung von Prozessmodellen in eine Simulationsumgebung. In: Loos, P., Nüttgens, M., Turowski, K., Werth, D. (eds.): Modellierung betrieblicher Informationssysteme - Modellierung zwischen SOA und Compliance Management. Köllen (2008)
14. Kloos, O., Schorcht, H., Petsch, M., Nissen, V.: Dienstleistungsmodellierung als Grundlage für eine Simulation. In: Dienstleistungsmodellierung 2010. Physica (2010)
15. Ingalls, R.G.: The value of simulation in modeling supply chains. In: WSC '98 Proceedings, pp. 1371-1376. IEEE Computer Society Press (1998)
16. Cimino, A., Longo, F., Mirabelli, G.: A general simulation framework for supply chain modeling: state of the art and case study. Arxiv (2010)
17. Augenstein, C., Ludwig, A., Franczyk, B.: Integration of service models – preliminary results for consistent logistics service management. In: SRII Global Conference, pp. 100-109. IEEE (2012)

18. Delfmann, P.: Adaptive Referenzmodellierung: Methodische Konzepte zur Konstruktion und Anwendung wiederverwendungsorientierter Informationsmodelle. Logos, Berlin (2006)
19. Cardoso, J., Barros, A., May, N., Kylau, U.: Towards a Unified Service Description Language for the Internet of Services: Requirements and First Developments. In: IEEE International Conference on Services Computing, pp. 602-609. IEEE (2010)
20. Walkerdine, J., Hutchinson, J., Sawyer, P., Dobson, G., Onditi, V.: A Faceted Approach to Service Specification. In: 2<sup>nd</sup> International Conference on Internet and Web Applications and Services (ICIW 07). IEEE Computer Society (2007)
21. Weigand, H., Johannesson, P., Andersson, B., Berholtz, M.: Value-Based Service Modeling and Design: Toward a Unified View of Services. In: Advanced Information Systems Engineering. LNCS, Vol. 5565, pp. 410-424. Springer (2009)
22. Staud, J.L.: Geschäftsprozessanalyse: Ereignisgesteuerte Prozessketten und objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung für Betriebswirtschaftliche Standardsoftware. Springer (2006)
23. Richter- von Hagen, C., Stucky, W.: Business-Process- und Workflow-Management: Prozessverbesserung durch Prozess-Management. Teubner, Stuttgart (2004)
24. Rosemann, M., Schwegmann, A., Delfmann, P.: Vorbereitung der Prozessmodellierung. In: Becker, J., (ed.): Prozessmanagement: ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Springer, Berlin (2003)
25. Alves, G., Roßmann, J., Wischniewski, R.: A discrete-event-simulation approach for logistic systems with real time resource routing and VR integration. In: International Conference on Computational Systems Engineering (ICCSE 2009), World Academy of Science, Engineering and Technology WASET, pp. 476-481 (2009)
26. Kuhn, A., Wenzel, S.: Simulation logistischer Systeme. In: Arnold, D., Furmans, K., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H., (eds.): Handbuch der Logistik. Springer, Berlin Heidelberg (2008)
27. Richtlinie, V.: 3633: Simulation von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen, Grundlagen, Beuth (2000)
28. Hoxha, J., Scheuermann, A., Bloehdorn, S.: An Approach to Formal and Semantic Representation of Logistics Services. In: ECAI 2010, pp. 73-78 (2010)