

15. Interuniversitäres Doktorandenseminar Wirtschaftsinformatik der Universitäten Chemnitz, Dresden, Freiberg, Halle-Wittenberg, Jena und Leipzig

Rainer Alt, Ulrich Eisenecker, Bogdan Franczyk, Karen Heyden
(Hrsg.)

Heft 8



UNIVERSITÄT LEIPZIG



**Forschungsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik
der Universität Leipzig**

Heft 8

15. Interuniversitäres Doktorandenseminar Wirtschaftsinformatik
der Universitäten Chemnitz, Dresden, Freiberg, Halle-Wittenberg, Jena
und Leipzig

Rainer Alt, Ulrich Eisenecker, Bogdan Franczyk, Karen Heyden (Hrsg.)

Herausgeber	Prof. Dr. Rainer Alt, Prof. Dr. Ulrich Eisenecker, Prof. Dr. Bogdan Franczyk
ISSN	1865-3189
Redaktion	Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität Leipzig
Telefon	(0341) 97 33 720 (0341) 97 33 600
E-Mail	iwi@wifa.uni-leipzig.de
Internet	http://www.iwi.uni-leipzig.de/
Redaktionsschluss	09.12.2011

Inhaltsverzeichnis

Robert Kunkel

Model Driven Logistics Integration Engineering..... 1

Marek Opuszko

**Using Semantic Web Technologies for
Classification Analysis in Social Networks..... 11**

Dirk Schmalzried

RealTime and Anytime Supply Chain Planning 22

Karsten Helbig

**Zeitplanung für Patientenpfade unter Berücksichtigung
von Betten-, Behandlungskapazitäten und Fairnesskriterien..... 34**

Thomas Wöhner

Automatic Editing Rights Management in Wikipedia..... 45

Daniela Lohaus

**Konzeption eines Auswahlverfahrens zur Datenanalyse im
Einzelhandel am Beispiel einer Einkaufsverhaltensanalyse
im Lebensmitteleinzelhandel 53**

Johannes Müller

**Generating Graphical User Interfaces for Software Product
Lines: A Constraint-based Approach..... 64**

Model Driven Logistics Integration Engineering

Robert Kunkel

Universität Leipzig, Grimmaische Straße 12, 04109 Leipzig

kunkel@wifa.uni-leipzig.de

Abstract: Der Logistikdienstleistungssektor ist durch arbeitsteilige sowie kurz-, mittel- und langfristige Zusammenarbeit gekennzeichnet. Insbesondere Fourth Party Logistics (4PL) stehen permanent vor der Aufgabe unterschiedliche Logistikdienstleister und damit auch deren Informationssysteme ad-hoc und medienbruchfrei in unternehmensübergreifende Informationsflüsse zu integrieren. Dieser Beitrag stellt verschiedene logistikspezifische Integrationsvarianten, einen modellgetriebenen Integrationsansatz sowie ein Lösungskonzept auf Basis der Logistik Service Engineering & Management (LSEM)-Plattform vor.

1 Einleitung

Das Managementkonzept und Unternehmensmodell Fourth-Party Logistics (4PL) wurde 1996 vom Beratungsunternehmen Accenture erstmals benannt und definiert. Ein Logistikdienstleister vom Typ 4PL fasst Dienstleistungsangebote verschiedener anderer Logistikdienstleister (LD) zu einer komplexen Gesamtdienstleistung zusammen und koordiniert die Arbeit in den Lieferketten, ohne eigene logistische Ressourcen wie Fuhrpark oder Lagerhaus zu besitzen (vgl. [Bauknight/Miller 2011]). Ein 4PL stellt seine angebotenen Dienstleistungen somit ausschließlich aus den Angeboten von sogenannten Second und Third Party Logistics (ausführende und spezialisierte Logistikunternehmen) zusammen. Als Integrator und Koordinator von Lieferketten stehen dem 4PL ausschließlich Informationssysteme und logistisches Domänenwissen zur Verfügung.

Informationen und der mit ihnen verbundene Informationsfluss sind ein wesentlicher Teil der Logistik. Durch die effiziente Bereitstellung von Informationen zur richtigen Zeit kann der Güterfluss in einer Lieferkette deutlich beschleunigt werden (vgl. [Luo 2010]). In sämtlichen Phasen der Zusammenarbeit, ob Verhandlung, Erstellung und Erbringung von Dienstleistungen oder bei der Abrechnung, müssen Informationen zwischen den LD und dem 4PL ausgetauscht werden. Alle anfallenden Informationen müssen dabei zur Planung, Steuerung und Kontrolle der Lieferkette vom 4PL verarbeitet werden. Um diese Informationsflut beherrschen zu können, wird ein Softwaresystem benötigt, welches die anfallenden Informationen sammelt, aggregiert und verarbeitet. Eine mögliche Lösung dieses Problems wird durch die Logistik Service Engineering and Management (LSEM) Plattform bereitgestellt, welche sich an den Anforderungen des Geschäfts- und des Softwarelevels orientiert (vgl. [Klinkmüller et al. 2011]). Integrationsplattformen, wie die LSEM-Plattform, bieten dem 4PL die Möglichkeit eigene Anwendungssysteme und die seiner Partner einzubinden, um die anfallenden Informationen effizient, performant und über Regeln automatisierbar zu verarbeiten. Im Gegensatz zur innerbetrieblichen Integration oder der Integration zwischen langfristig kooperierenden Unternehmen, erfordern die Spezifika der Logistikbranche verschiedene Arten der Integration. Neben der Teilnahme an mittel- bis langfristigen Kontrakten, muss

es den LD ermöglicht werden, sich auf Basis einzelner Aufträge an den Lieferketten des 4PL zu beteiligen. Zusätzlich verbessert dies einerseits die Akzeptanz der Plattform bei LD und andererseits vergrößert sich die Gruppe der zur Verfügung stehenden LD für den 4PL. Zur Integration von Anwendungssystemen der LD in die Plattform des 4PL müssen neben der Vollintegration (Vollintegration bezeichnet in diesem Beitrag die komplette Integration sämtlicher benötigter Funktionalitäten eines Anwendungssystems) weitere Integrationsarten, welche sich einerseits im Umfang und andererseits im zeitlichen Aufwand zur Einrichtung unterscheiden, zur Verfügung stehen (vgl. [Kunkel et al. 2011] und [Kunkel/Ludwig/Franczyk 2012]).

In diesem Beitrag werden die Spezifika der Integration von LD und deren Anwendungssysteme in eine logistische Plattform betrachtet. Kapitel 2 adressiert den Integrationsansatz, die zugrunde liegende Architektur der LSEM-Plattform, logistikspezifische Integrationsvarianten und die Umsetzung der Varianten mit Hilfe modellgetriebener Verfahren. Abschließend wird in Kapitel 3 ein Fazit gezogen und ein kurzer Ausblick gegeben.

2 Integrationsansatz

Dem 4PL als Integrator von Lieferketten stehen ausschließlich Informationssysteme und logistisches Domänenwissen zur Verfügung, um komplexe Gesamtdienstleistungen von verschiedenen LD zusammenzustellen und die Arbeit in den Lieferketten zu koordinieren. Im nachfolgenden Abschnitt wird die grundlegende Architektur des Integrationsystems vorgestellt; Der Abschnitt 2.1 beschreibt den Aufbau der Integrationsplattform im Detail. Abschnitt 2.2 stellt logistikdomänenspezifische Integrationsarten vor, während im Abschnitt 2.3 auf die Umsetzung dieser durch modellgetriebene Verfahren eingegangen wird.

2.1 Architektur

Die LSEM-Plattform stellt eine Integrationsplattform für einen 4PL dar. Sie wurde innerhalb des Forschungsprojekts Logistik Service Bus (vgl. [Franczyk 2010]) entwickelt und baut auf dem Paradigma der Service-Orientierung auf, das sowohl auf geschäftlicher als auch auf technischer Ebene angewendet wird. Grundsätzlich gliedert sich die LSEM-Plattform in zwei Dimensionen. Zum einen umfasst die Laufzeitumgebung grundlegende Komponenten für die Bereitstellung und die Integration von Softwaresystemen und erlaubt auf dieser Basis die Komposition von Informationsflüssen und das Erstellen neuer Anwendungen. Zum anderen enthält die Werkzeugumgebung Komponenten, die das Konfigurieren und das Arbeiten mit der Laufzeitumgebung ermöglichen. Diese Systeme erlauben dem 4PL die Planung, Steuerung und Kontrolle der Lieferketten. Die in Abbildung 2-1 dargestellte Architektur der LSEM-Plattform (vgl. [Klinkmüller et al. 2011]) baut auf der S3-Referenzarchitektur (vgl. [Arsanjani 2007]) auf und erweitert diese.

Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf die Schichten der zweiten Dimension, welche grundlegende Funktionalitäten für die Erstellung von Integrationskomponenten bereitstellen. Hierbei werden die Integration Schicht, welche typische Enterprise Service Bus Eigenschaften umfasst und somit zentrale Komponenten für das Bereitstellen und Integrieren von Anwendungen bereitstellt, und die Information Architecture Schicht, welche ein kanonisches Datenformat für den Datenaustausch auf der Plattform defi-

niert, benötigt. Eine ausführlichere Beschreibung der LSEM-Plattform und deren Schichten befindet sich in [Klinkmüller et al. 2011].

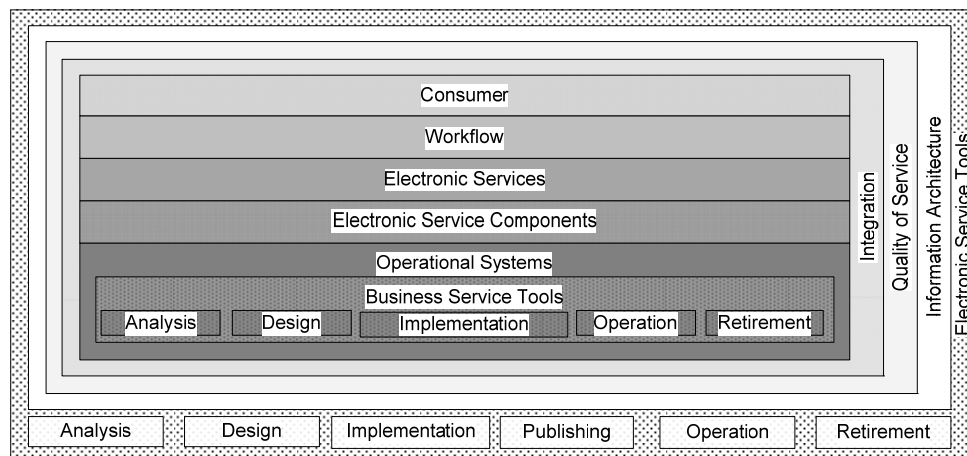


Abbildung 1: Die Architektur der LSEM-Plattform (aufbauend auf [Arsanjani 2007] und [Klinkmüller et al. 2011])

2.2 Integrationsvarianten

Die Zusammenarbeit des 4PL mit verschiedenen LD bedingt, wie in den vorherigen Kapiteln dieses Beitrages dargestellt, die Integration von Anwendungssystemen der LD in die zentrale LSEM-Plattform. Im Gegensatz zur innerbetrieblichen Integration oder der Integration zwischen langfristig kooperierenden Unternehmen, erfordern die Spezifika der Logistikbranche verschiedene Arten der Integration. Neben der Teilnahme an mittel- bis langfristigen Kontrakten, muss es einem LD ermöglicht werden, sich auf Basis einzelner Aufträge an den Lieferketten des 4PL zu beteiligen. Weiterhin wird zur Integration der Anwendungssysteme der LD eine Integrationsumgebung benötigt, welche die Integration nach adaptiven Verfahren (vgl. [Thränert/Kühne 2008], [Erl 2009] und [Kunkel et al. 2011]) ermöglicht. Die Adaption ermöglicht dabei eine nicht-invasive Integration, welche die innere Struktur des Systems und die vorhandenen Schnittstellen nicht verändert. Hierdurch müssen die zu integrierenden Anwendungssysteme nicht angepasst werden.

Zur schrittweisen Integration von Anwendungssystemen der LD wird somit eine Integrationsumgebung benötigt, welche sowohl die unterschiedlichen Integrationsvarianten unterstützt als auch die Anwendungssysteme durch ein adaptives Integrationsverfahren mit Schnittstellen ausstattet. Diese Integrationsumgebung muss hierbei individuell für jeden LD erstellt, konfiguriert und bereitgestellt werden und übernimmt anschließend sämtliche Kommunikationsaufgaben zwischen dem LD und dem 4PL. Die hierzu benötigten Komponenten werden entweder durch die LSEM-Plattform bereitgestellt oder durch diese entwickelt. Durch die zweite Dimension der LSEM-Plattform, welche für die Bereitstellung und die Integration von Softwaresystemen zuständig ist, werden Integrationsumgebungen entwickelt, welche sich in die erste Dimension der LSEM-Plattform einordnen und für die zu integrierenden Anwendungssysteme Integrationslogik und Services erzeugen. Nähere Erläuterungen zur Umsetzung und zur theoretischen Konzeption der Komponenten sind [Klinkmüller et al. 2011], [Hohpe/Woolf/Brown 2010] und [Erl 2009] zu entnehmen. Daten und Informationen können in jedem Anwendungssystem in unterschiedlichen, oftmals proprietären Formaten und Modellen vorliegen. Zur Lösung dieses Problems werden in der Integrationsumgebung Message Translator eingesetzt, welche das vorliegende Format der LD in das kanonische Format

der LSEM-Plattform und zurück übersetzen. Für Anwendungssysteme sollte transparent bleiben, welches Ziel eine gesendete Nachricht hat und über welche Stationen, z.B. Message Translator, sie gesendet wird. Diese Entkopplung von Sender und Empfänger wird über Message Channel erreicht. Zur Weiterleitung von Nachrichten aufgrund des Inhaltes werden Content-based Router eingesetzt, welche über definierte Regeln den Empfänger bestimmen.

Ziel dieses Integrationsvorgehens ist die Integration von verschiedenen LD an die Logistikplattform des 4PL mit Hilfe einer Integrationsplattform. Der Einsatz einer solchen Integrationsplattform ermöglicht es dem 4PL über einheitliche Services mit den LD zu kommunizieren. Hierzu werden auf der LSEM-Plattform für verschiedene Rollen (z.B. Lager, Transport und Umschlag) abstrakte Services definiert, welche durch die LD implementiert und bereitgestellt werden müssen. Weiterhin können für die Services Übertragungstypen und Kommunikationseinstellungen festgelegt werden. Die implementierten Services der Integrationsumgebung können nun von der LSEM-Plattform aufgerufen werden und die Services der LSEM-Plattform können durch die Integrationsplattform genutzt werden. Dies ermöglicht das Umsetzen von One-Way - (z.B. dem Senden von Avis in beide Richtungen) und Request-response - Operations (z.B. Anfrage Transportauftrag). Die ausführliche Beschreibung von Rollen, abstrakten Services, Typen und Kommunikationseinstellungen erfolgt in Abschnitt 2.3. In Abbildung 2-1 sind drei Integrationsvarianten dargestellt, bei welchen sich von links nach rechts jeweils der Integrations- und Automatisierungsgrad, jedoch auch der Integrationsaufwand erhöhen. Die Varianten basieren auf der Arbeit von [Kunkel et al. 2011] und [Kunkel/Ludwig/Franczyk 2012]. Bei allen drei Varianten übernimmt die Integrationsumgebung die Implementierung und Bereitstellung der abstrakten Services sowie die Kommunikation mit der LSEM-Plattform über Message Channel. Variante I stellt den ersten Schritt im Integrationsprozess dar. Die Kommunikation und der Informationsaustausch werden vollständig von der Integrationsumgebung übernommen. Die Integrationsvariante I soll dem LD ad-hoc und ohne weitere Integrationsaufwände und Integrationskosten bereitgestellt werden. Diese Variante ermöglicht es den LD sich kurzfristig an Kontrakten des 4PL zu beteiligen ohne Kosten für die adaptive Integration seiner Anwendungssysteme aufwenden zu müssen. Zur Interaktion zwischen LD und der Integrationsumgebung steht ein Rich Client zur Verfügung, welcher die Kommunikation von Menschen mit den Services der Integrationsumgebung durch Human-Service Interaction (HSI) ermöglicht (vgl. [Shneiderman 1997] und [Dix 2003]). Sämtliche Serviceaufrufe werden dem LD als Aufgaben in menschenlesbarer Form bereitgestellt.

Die in Variante I bereitgestellte Integrationsinfrastruktur ermöglicht es nun in den weiteren Schritten die Anwendungssysteme des LD schrittweise zu integrieren. Neben der kurzfristigen Zusammenarbeit können die LD bei mittel- bis langfristigen Kooperationen den Integrationsgrad erhöhen und somit den Informationsaustausch schrittweise automatisieren. Hierzu können, wie in Variante II dargestellt, einzelne Komponenten des Anwendungssystems adaptiert und die so gewonnenen Schnittstellen mit der Integrationsumgebung integriert werden. Beispielsweise könnte in einem ersten Schritt die Übermittlung von Auftragsanfragen automatisiert werden. Durch das Bereitstellen entsprechender Message Translator und Router werden die Informationen direkt in das Anwendungssystem übertragen. Der Rich Client übernimmt für die integrierten Services anschließend Monitoringfunktionalitäten, für nicht integrierte Services wird weiterhin die Kommunikation über HSI zur Verfügung gestellt.

Die Variante III stellt die Vollintegration des Anwendungssystems dar. Sämtliche Services sind hierbei über entsprechende Message Channel, Translator und Router mit den für das Anwendungssystem bereitgestellten Schnittstellen verbunden. Der Rich Client übernimmt hierbei ausschließlich das Monitoring der Integrationsumgebung. LD können mit Hilfe der dargestellten Varianten je nach Art der Zusammenarbeit über den Integrationsgrad entscheiden, während der Integrationsfortschritt für den 4PL transparent ist, da bei jeder Variante die gleichen Schnittstellen der Plattform unterstützt werden.

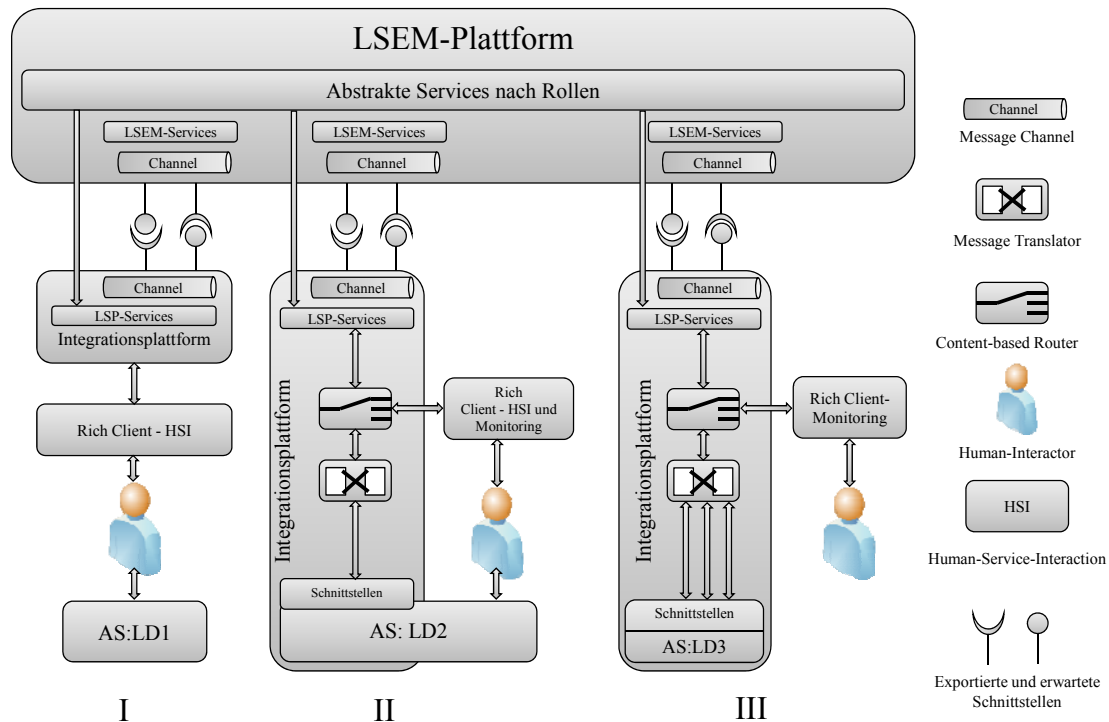


Abbildung 2: Integrationsvarianten (Vgl. [Kunkel et al. 2011] und [Kunkel/Ludwig/Franczyk 2012])

2.3 Modellgetriebene ad-hoc Integration

Die im vorhergehenden Kapitel dargestellten Integrationsarten ermöglichen einem 4PL und den LD, neben mittel- und langfristigen Kontrakten, die Zusammenarbeit in kurzfristigen Kontrakten. Die ad-hoc Zusammenarbeit wird durch die effiziente Bereitstellung der Integrationsumgebung und die Serviceimplementierung durch HSI in Integrationsvariante I ermöglicht, ohne dass für den LD weitere Integrationsaufwände und -kosten entstehen. Für diese effiziente ad-hoc Bereitstellung einer Integrationsumgebung eignen sich vor allem modellgetriebene Verfahren, da diese besondere Stärken aufweisen, wenn mehrere verwandte Produkte entwickelt werden und Teile sich wiederverwenden lassen (vgl. [Stahl et al. 2007] und [Thränert/Kühne 2008]). Mit Hilfe von modellgetriebenen Ansätzen lässt sich die Gesamtkomplexität dieses Integrationsansatzes beherrschen, da Modelle das System auf einer höheren Abstraktionsstufe beschreiben und sich die Komplexität somit auf das Modell selbst (Modellierung durch den 4PL als Logistikdomänenexperte) und auf die Abbildung des Modells auf die Zielsprache, also die Generierung und Interpretation (Modelltransformationen innerhalb der LSEM-Plattform), aufteilen lässt. Beide Teile können getrennt voneinander bearbeitet werden, wodurch beim Modellieren keine technischen Details der Implementierung bekannt sein müssen (vgl. [Stahl et al. 2007]).

2.3.1 Integrationsmodell

Als Ausgangspunkt zur Modellgetriebenen Integration werden vom Domänenexperten, in diesem Fall dem 4PL, die in Abbildung 2-2 dargestellten Modelle beschrieben. Diese gliedern sich in die fünf Teilmodelle Rolle, Workflow, abstrakter Service, Typen und

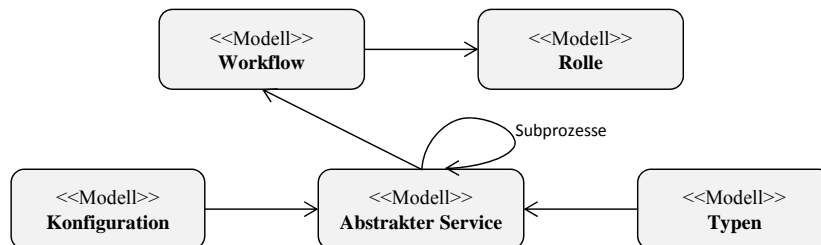


Abbildung 3: Integrationsmodell (in Anlehnung an [Kunkel et al., 2011] und [Kunkel/Ludwig/Franczyk 2012])

Konfiguration. Sämtliche Modelle werden auf technischer, elektronischer Ebene beschrieben. Die Definition dieser Modelle ermöglicht es innerhalb der LSEM-Plattform Prozesse zu erstellen und darin in Workflows zusammengefasste (abstrakte) Services der LD zu nutzen, ohne sich bereits auf einen ausführenden LD festlegen zu müssen. Dies wird ermöglicht da jeder beteiligte LD mit Hilfe der Integrationsumgebung die gleichen für ihn definierten Services implementiert.

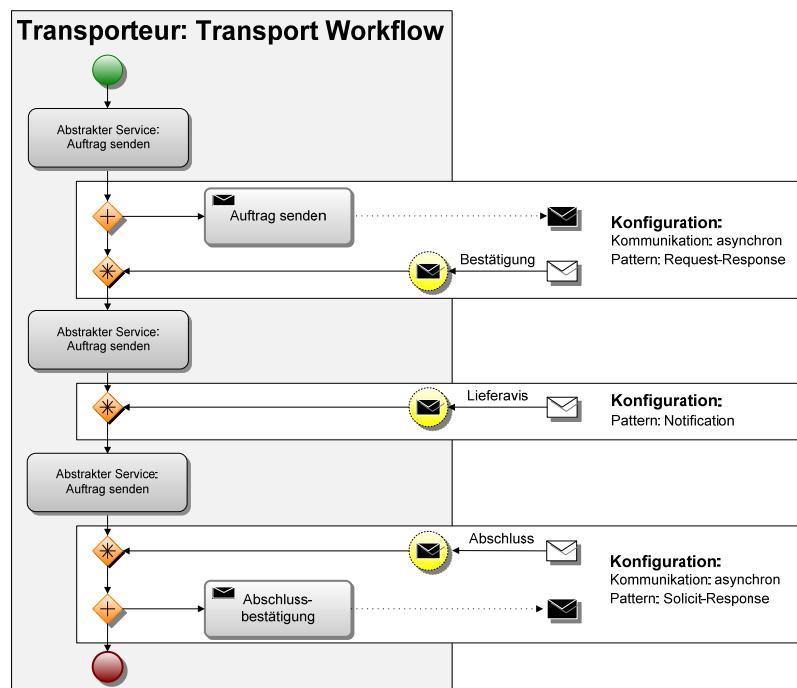


Abbildung 4: Anwendungsbeispiel - Transport Workflow

Im ersten Schritt legt der 4PL Rollen (z.B. Transport- oder Lageranbieter) fest. Diese dienen der Zuordnung zu definierten Workflows, welche durch einen LD implementiert werden müssen. Das Workflow-Modell fasst mehrere abstrakte Services in eine inhaltlich abgeschlossene, zeitlich und sachlogisch zusammenhängende Folge zusammen.

Die Definition eines abstrakten Services enthält die zu implementierenden Serviceoperationen. Für die einzelnen Operationen werden die zu übertragenden Datentypen ausgewählt oder neu modelliert. Die einzelnen Typen werden hierbei mit Hilfe der Extensible Markup Language (XML) beschrieben und können in verschiedenen abstrakten Services wiederverwendet werden. Im Konfigurationsmodell werden Kommunikationsparameter definiert. Beispielsweise werden hier synchrone und asynchrone Aufrufe und Webservice-Kommunikationsarten wie z.B. One-Way-, Request-Response-, Solicit-Response- und Notification unterschieden (vgl. [Weerawarana et al. 2001]). Abbildung 2-3 verdeutlicht das Integrationsmodell am Beispiel vom Transport Workflow, welcher der Rolle Transporteur zugeordnet ist. In der Abbildung werden mehrere abstrakte Services mit verschiedenen Konfigurationen definiert.

Das Integrationsmodell dient im weiteren Vorgehen als Ausgangspunkt zur modellgetriebenen Erstellung einer Integrationsumgebung. Dabei werden je nach Rolle sämtliche Workflows beim LD als konkrete Services implementiert und innerhalb der Integrationsumgebung zur Verfügung gestellt. Dies ermöglicht dem 4PL die Planung von Abläufen durch vordefinierte Workflows und die spätere Instantiierung eines Workflows mit den konkreten Prozessen eines LD.

2.3.2 Modelltransformation zur Generierung der Integrationsumgebung

Zur ad-hoc Bereitstellung der Integrationsumgebung werden Modelltransformationen auf Basis des in Abbildung 2-2 dargestellten LSEM-Integrationsmodells verwendet. Die auf der LSEM-Plattform bereitgestellten Modelle können nun durch modellgetriebene Verfahren in der Integrationsumgebung verwendet werden, um einerseits die Quellmodelle in konkretere Zielintegrationsmodelle (in Abbildung 2-4 im unteren Bereich mit <<Modell>> dargestellt) zu transformieren und andererseits durch Interpretation und Generierung lauffähigen Code zu erzeugen (in Abbildung 2-4 im unteren Bereich mit <<generiert>> dargestellt).

Nach der Auswahl der zu konkretisierenden abstrakten Services über das Rollenkonzept werden in der Integrationsumgebung konkrete Services mit wohldefinierten Schnittstellen und Typen erzeugt. Die so generierten Service-Instanzen (konkreter Service) sind durch die LSEM-Plattform nach der Registrierung aufrufbar und können zur Laufzeit auf der LSEM-Plattform die abstrakten Services, welche in den Prozessen des 4PL verwendet wurden, ersetzen und die Prozesse somit in konkrete, lauffähige Prozesse umwandeln.

Als erster Schritt werden dabei in Abhängigkeit zur gewählten Rolle ein oder mehrere abstrakte Services mit dazugehörigem Typenmodell ausgewählt und in ein Instanzen- und Kompositionsmodell überführt. Für jeden abstrakten Service wird das definierte Konfigurationsmodell in ein Bereitstellungsmodell innerhalb der Integrationsumgebung überführt. Diese Modelle definieren die zu generierenden Services und deren Bereitstellung innerhalb der Integrationsumgebung. Somit können anschließend die konkreten Services, deren Schnittstellen und Typen generiert und mit Hilfe der erstellten Konfigurationen innerhalb von Service-Containern bereitgestellt werden. Das vorgestellte Integrationsmodell unterstützt alle Arten der in Abbildung 2-1 vorgestellten Integrationsvarianten. Zur Anbindung an die Plattform des 4PL steht somit eine Integrationsumgebung zur Verfügung, welche nach der Bereitstellung sämtliche Kommunikation über definierte Services zwischen dem 4PL und den LD übernimmt, wobei noch keinerlei Integration mit den Anwendungssystemen der LD stattfand.

Um die ad-hoc zur Verfügung stehende Integrationsvariante I umsetzen zu können werden daher, wie in Abbildung 2-4 dargestellt, von den konkreten Services, deren Schnittstellen und Typen sowie der erzeugten Konfiguration eine Serviceimplementierung in Form einer Human-Service Interaction generiert. Die Integrationsumgebung mit der Integrationsvariante I kann durch die eingesetzten modellgetriebenen Verfahren unmittelbar zur Verfügung gestellt werden und erlaubt die Interaktion mit den erzeugten Services und die Darstellung der übertragenen Informationen. Um die Varianten II und III im weiteren Verlauf der Zusammenarbeit des 4PL mit dem LD zu unterstützen, werden einzelne Human-Service Interactions durch Integrationslogik ersetzt. Diese Integrationslogik beinhaltet die manuelle Adaption des Anwendungssystems zur Erzeugung von Schnittstellen sowie die manuelle Implementierung der benötigten Message Translator und Router. Durch das schrittweise Ersetzen der Human-Service Interactions durch Integrationslogik kann das Anwendungssystem nach und nach integriert werden.

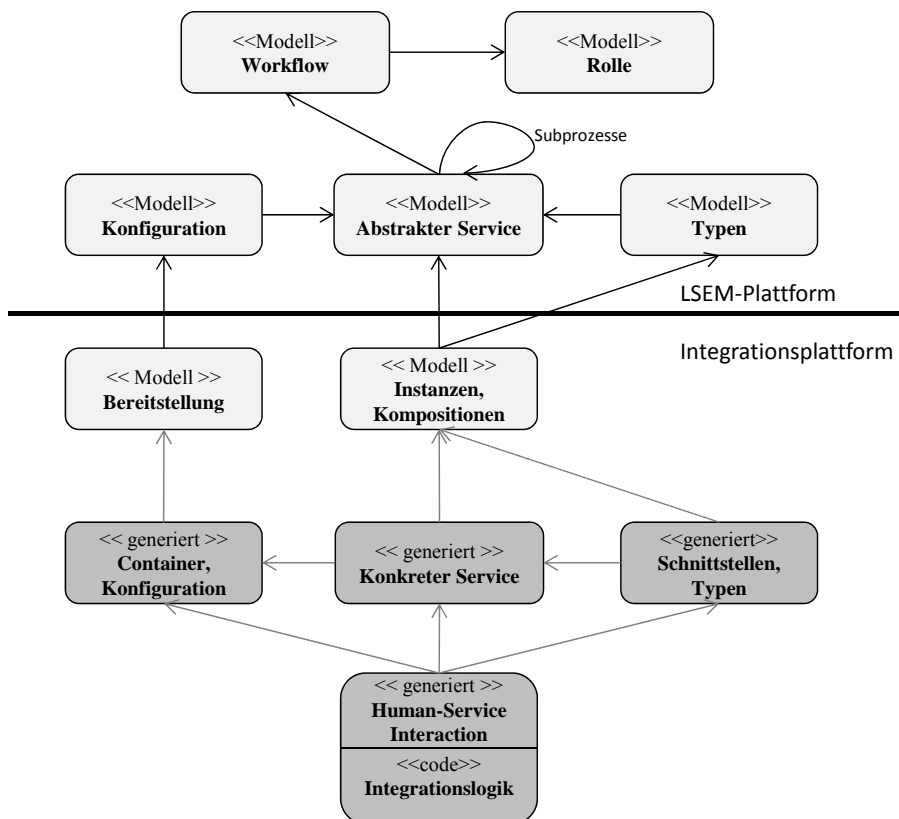


Abbildung 5: Quell- und Zielintegrationenmodelle (in Anlehnung an [Kunkel et al. 2011] und [Kunkel/Ludwig/Franczyk 2012])

3 Zusammenfassung und Ausblick

Der in diesem Beitrag vorgestellte Integrationsansatz bedient die im Logistikdienstleistungssektor vorzufindenden arbeitsteiligen Zusammenarbeiten und bietet eine Möglichkeit neben mittel- und langfristigen Kooperationen auch die kurzfristige Zusammenarbeit mit Hilfe von modellgetriebenen Verfahren zu ermöglichen. Der Informationsaustausch lässt sich durch diesen Ansatz aus Sicht des 4PL unabhängig vom Integrationsgrad und -tiefe, insbesondere bei kurzfristigen Kontrakten durch die ad-hoc In-

tegration, automatisieren. Die vorgestellten logistikspezifischen Integrationsvarianten sowie der Integrationsansatz basieren auf der Logistik Service Engineering & Management (LSEM)-Plattform.

In den nächsten Schritten der Forschungsarbeit sollen die Integrationsvarianten II und III näher betrachtet werden. Hierbei sollen semantische Datenintegrationsverfahren zum Mapping der Datenformate der LSEM-Plattform und der Anwendungssysteme betrachtet werden. Außerdem soll die Sicherheit der zu übertragenden Daten im unternehmensübergreifenden Einsatz betrachtet werden und in einer Lösungskomponente von der Integrationsumgebung bereitgestellt werden. Weitere zu bearbeitende Themen stellen somit die Transparenz des Datenverkehrs, die Datenhoheit auf Seiten der LD sowie Sicherheitsmechanismen dar. In einem weiteren Schritt soll das Konzept anhand von Fallstudien validiert und auf Praxistauglichkeit überprüft werden. Bei dieser Überprüfung sollen zeitliche und aufwandsmäßige Kenngrößen zur Bewertung der verschiedenen Integrationsansätze ermittelt werden. Schließlich soll der vorgestellte Ansatz durch eine geeignete Werkzeugunterstützung, zur Erstellung und Transformation von Modellen sowie zur Generierung von Code, erweitert werden.

Literatur

- Arsanjani, A., et al.: S3: A Service-Oriented Reference Architecture, in: IT Professional 9, S. 10-17, 2007.
- Bauknight, D., Miller, J., Fourth Party Logistics: The Evolution of Supply Chain Outsourcing, in: CALM Supply Chain & Logistics Journal, 2011.
- Dix, A., et al., Human-Computer Interaction, Prentice Hall, Harlow, 2003.
- Erl, T., SOA Design Patterns, Prentice Hall, Upper Saddle River, 2009.
- Franczyk, B., Logistik-Service-Bus - Projekt, 2010, <http://www.lsb-plattform.de>, 11.11.2011.
- Hohpe, G., Woolf, B., Brown, K., Enterprise integration patterns: Designing, building, and deploying messaging solutions, Addison-Wesley, Boston, 2010.
- Klinkmüller, C., et al., The Logistics Service Engineering & Management Platform: Operations, Architecture, Implementation, in: 14th International Conference on Business Information Systems, Poznań, 2011.
- Kunkel, R., et al., Modellgetriebene Integration von Logistik-Informationssystemen in die LSEM-Plattform, 41. GI-Jahrestagung Informatik 2011, Die Rolle von Plattformen für Unternehmensökosysteme, Berlin, 2011.
- Kunkel, R., Ludwig, A., Franczyk, B., Modellgetriebene ad-hoc Integration von Logistikdienstleistern - Integrationsansatz und Prototyp, MKWI 2012, Informationssysteme in Logistik und Verkehr, Braunschweig, 2012 (unveröffentlicht).
- Luo, Z., Service science and logistics informatics. Innovative perspectives, Premier reference source, Business Science Reference, Hershey Pa, 2010.
- Shneiderman, B., Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Boston, 1997.
- Stahl, T., et al., Modellgetriebene Softwareentwicklung. Techniken, Engineering, Management. dpunkt Verlag, Heidelberg, 2007.

Thränert, M., Kühne, S., Model-Driven Integration Engineering zur Integration betrieblicher Anwendungssysteme, in: Fähnrich, K.; Kühne, S.; Thränert, M. (Hrsg.), Model-Driven Integration Engineering. Universität Leipzig Pressestelle, Leipzig, 2008.

Weerawarana, S., et al., Web Services Description Language (WSDL) 1.1., 2001, <http://www.w3.org/TR/wsdl>, 11.11.2011.

Using Semantic Web Technologies for Classification Analysis in Social Networks

Marek Opuszko

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Carl-Zeiss-Straße 3, 07743 Jena

marek.opuszko@uni-jena.de

Abstract: The Semantic Web enables people and computers to interact and exchange information. Based on Semantic Web technologies, different machine learning applications have been designed. Particularly to emphasize is the possibility to create complex metadata descriptions for any problem domain, based on pre-defined ontologies. In this paper we evaluate the use of a semantic similarity measure based on pre-defined ontologies as an input for a classification analysis. A link prediction between actors of a social network is performed, which could serve as a recommendation system. We measure the prediction performance based on an ontology-based metadata modeling as well as a feature vector modeling. The findings demonstrate that the prediction accuracy based on ontology-based metadata is comparable to traditional approaches and shows that data mining using ontology-based metadata can be considered as a very promising approach.

1 Introduction

The vision of the Semantic Web, as coined by [Berners et al. 2001], is a common framework in which data is stored and shared in a machine-processable way¹. The content of the Semantic Web is represented by formal ontologies, providing shared conceptualizations of specific domains [Gruber 1993]. Emerged as an extension from the WWW, this technology provides a universally usable tool to model any problem domain. Although the Semantic Web focuses on data stored on the web, this also implies the simultaneous representation of network and feature vector data (in other words, a flat file) in one consistent data representation in the context of (social) network analysis. Different standards for semantic description have been introduced in the past, including different levels of expressiveness. These standards offer a formal way to specify shared vocabularies that are used to create statements about resources. Possible standards are the Resource Description Framework (RDF) [Klyne et al. 2004], the Resource Description Framework Schema RDF(S) [Brickley et al. 2004] and the Web Ontology Language (OWL) [Smith et al. 2004]. We will rely on the RDF standard in this paper.

Soon after its development, the concept of the Semantic Web led to the emergence of new disciplines, for instance Semantic Web Mining [Berendt et al. 2002, 264]. Furthermore, the possibility to model any problem domain in a flexible, formalized manner, quickly gained attention in the data mining and machine learning community. A short overview of ontology languages for the semantic web to represent knowledge gives [Pulido et al. 2006, 489]. Researchers started exploring how traditional machine

¹ <http://www.w3.org/2001/sw/>

learning techniques may be applied to Semantic Web data [Delteil et al. 2001], [Emde et al. 1996, 122]. The machine learning community has developed a variety of algorithms for different problem domains such as clustering, classification and pattern recognition. Still, the incorporation of all background knowledge available, with other words, the best data representation, is a major issue in data mining [Han et al. 2006, 36]. Semantic Web technologies, in this particular area, promise to enhance the incorporation of all knowledge available. Besides, a growing number of recent decision-making problems have to take into consideration very different kinds of data at once, i.e. (social) network data [Gloor et al 2009, 215].

Nevertheless, Semantic Web data is basically a graph containing all information, whereas traditional machine learning algorithms usually process data in the form of feature vector data, stored in an n -by- p data matrix containing n objects and p variables. In recent research, two approaches have been introduced to exploit the wealth of machine learning algorithms available to process Semantic Web data. One possibility is to pre-process and transform the data to work with traditional methods, i.e. Instance Extraction. Instance extraction is, however, a non-trivial process and requires a lot of domain knowledge. In an RDF graph, for example, all data is interconnected and all relations can be made explicit. [Grimnes et al. 2008, 303] describe the process as the extraction of the relevant subgraph to a single resource. So the question of relevance in the problem domain has to be answered. Another approach is to change existing algorithms to work on graph-based relational data or, if that is not possible, to create new ones. This approach is in fact of growing interest as new data sources in the form of linked data increasingly become available². [Huang et al. 2009] defined a statistical learning framework based on a relational graphical model on which machine learning is possible. Nevertheless, both approaches are costly and non-trivial. Moreover, we can observe that an increasing number of organizations and companies store data in a graph-based relational manner, so a direct utilization of the data is strongly demanded.

Researchers developed methods to measure the similarity between any two objects in ontology-based metadata to later serve as an input for data mining algorithms e.g. hierarchical clustering. [Maedche et al. 2002, 348] introduced a promising approach by defining a set of similarity measures to compare ontology-based metadata. A generalized framework based on the work of Maedche and Zacharias has been introduced by [Lula et al. 2008]. [Grimnes et al. 2008, 303] investigated on Instance Based Clustering of Semantic Web resources and showed that the ontology-based distance measure introduced by [Maedche et al. 2002, 348] performs well for cluster analysis in comparison to other distance measures, such as Feature Vector Distance Measure and Graph Based Distance Measure. The overall performance is, however, hard to evaluate as it differs according to the quality measure Grimne and colleagues used. Beside the work of [Maedche et al. 2002, 348], other efforts have been made in this area ([Bisson 1995, 236], [Emde et al. 1996, 122]), excluding the use of ontological background knowledge. Nonetheless, the recent development in this field, as just mentioned, shows the potential of this approach. Based on these findings, we will test the semantic similarity measure in a classification analysis and measure its performance. A classification analysis has the significant advantage that the prediction accuracy can be measured directly, thus allowing precise conclusions. After [Maedche et al. 2002, 348] solved one important challenge for performing data mining on Semantic Web data, the question

² See <http://linkeddata.org/> for a very interesting project on that issue.

remains what drawbacks exist in comparison to classical methods that work on feature vector data. Disadvantages of the universal modeling feature, that Semantic Web technologies offer could be loss of accuracy and increased computational time. Furthermore, if the data has to be preprocessed to be handled by traditional methods, additional costly effort is required to transform the data into an adequate format. Besides, new sources of error usually arise when doing so. Moreover, the methods have been mainly tested on data from the Semantic Web background and instances have been extracted from Semantic Web data, whereas this paper follows the opposite approach.

Yet, many other contexts exist where Semantic Web modeling could enhance the performance of traditional methods. One example is Social Networks respectively Social Network Analysis (SNA). Social Media datasets in particular often comprise both (social) network and ego-centered (feature vector) data. Usually both data are treated separately, facing a possible loss of background knowledge leading to a potential lack of analysis accuracy. We want to point out that in this paper we will only focus on the issue of predictive accuracy of the ontology-based similarity measure. We will investigate the usefulness of the ontology-based approach as a source for data mining in the context of SNA in comparison to data modeled as traditional feature vector data. Two real-world datasets comprising both social network and ego-centered data are used. We will further perform a link prediction analysis on both datasets. Link prediction is an important task in network science and has numerous applications in various fields. In the context of social media, link prediction could be used to suggest possible acquaintances in social networks, suggest products for advertisement or propose information artifacts to social media users. [Kautz et al. 1997, 63], for instance, investigated in social networks on how to find companions, assistants or colleagues. However, as link prediction is merely an exemplary task to complete in this paper, we will not illustrate further issues of link prediction here and refer to [Lichtenwalter et al. 2010, 243] for a good overview of the recent development in this field. We will use the baseline predictor common neighbors as reference for a state of the art link prediction method.

In detail, the task we will examine in this paper is to predict a relation between two arbitrary actors of a social network. The prediction will be based on the similarity between those two actors. We will compare the prediction on one hand based on the data modeled as RDF-based metadata using the ontology-based similarity measure proposed by [Maedche et al. 2002, 348] and on the other hand based on a traditional feature vector modeling. The main goal of the paper is to assess the applicability of Semantic Web technologies to support SNA on complex datasets.

2 Dataset

We will use two real world datasets to evaluate our approach. Both datasets comprise network as well as ego centered data of two different online communities. In order to assess the quality of an analysis based on technologies derived from the Semantic Web, we firstly created a flat file (feature vector) representation of both datasets. Secondly, datasets in a RDF representation are created including the modeling of ontologies adequate to the specific problem domains. We will extract a social network from both datasets. These social networks will be used to perform a link prediction between actors of the social networks. The link prediction will rely on semantic similarity measures as well as a traditional feature vector.

The first dataset comprises data of a German beach-volleyball community. The Saxonian Beach Volleyball League provided us with anonymized data of 2262 Players and 359 hobby tournaments in the years 2002 to 2010, gathered from their community website's database. The data for each player comprised gender, geographical location, points achieved in last season and age. Each tournament is characterized by the geographical location, the skill level and the date. Figure 1 shows the resulting ontology including some sample data. The ontologies were created using the FOAF³ and WSG 84⁴ vocabulary to model players' attributes and the relations between them. The figure depicts a sample snapshot of two players and two tournaments and their relations. As seen in Figure 1, players attend tournaments and therefore form a two-mode social network through their attendance. The feature vector, i.e. ego-centered, data has been extracted directly from the player table and includes: *gender, age, geographical location (latitude, longitude), points achieved in last season and overall points*.

As the players form a social network through their participation in tournaments, we transformed the two-mode network into an undirected one-mode network, only considering the players' relationships if they have co-attended a tournament. We will use this player network to evaluate the prediction. The relation between players is weighted with the number of co-attendances. Players without any relation were excluded. The resulting network included 2,175 vertices and 105,922 edges. The network can be characterized as a dense network in the context of social networks with a density of .044 and an average degree of 97.39, meaning that on average, every player has a relation⁵ with nearly 100 other players. An average local clustering coefficient of .727 and a diameter of 5 characterize the network as a small world network as stated by [Watts et al. 1998, 440]. Furthermore, the degree distribution among all vertices depicts a scale-free network, following [Barabási et al. 1999, 509].

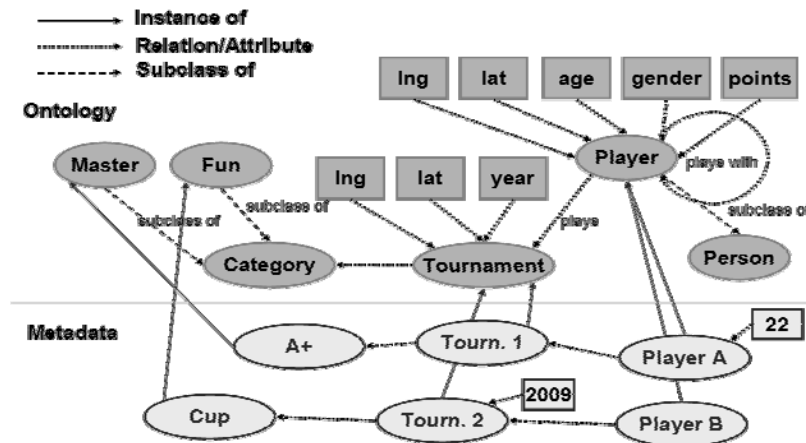


Figure 1: Ontology and example metadata of the dataset used for classification analysis

The second dataset has been extracted from a survey among 692 Facebook users of university freshman, four months after the semester start. We asked the students to grant us access to their personal profiles including their friend list, group memberships,

³ <http://xmlns.com/foaf/0.1/>

⁴ http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos

⁵ The term *relation* in this context does not necessarily mean a social relation. Players in this particular network are related, if they participate in the same tournaments.

event attendances and *like* relations. Facebook users form social relations through becoming a *friend*. To become friends in this context not necessarily means a strong social relationship. The term *acquaintance* is surely more adequate here. Users on Facebook can further join groups where users with common interest can interchange information. Users on Facebook are further able to create and attend events. Typical events are music concerts or cultural events of any kind as well as personal events like private birthday parties. A very interesting concept is the possibility for every Facebook user to “like” any object (referenced through an URL) on the web. Furthermore, the *like* function can be read in two directions. Users show with this function that they actually like something, e.g. movie stars, music bands or writers and books, on the other hand, users simultaneously share the object they like with their friends or with other Facebook users. The second functionality may be interpreted as a recommendation rather than an actual evaluation. As a summary, Facebook likes can be read both, as a set of personal attitudes and interests and also as information that users share among each other. The underlying idea of the decision support system in this work is that users who share similar groups, events and likes, are more likely to be connected as Facebook friends.

Similar to dataset one, users have ego-centered data “gender”, “hometown”, “timezone”, “actual location“, “country” and also relational data like friend relations or memberships in groups and items users like on Facebook. Groups and Likes are further characterized by variables like a unique URL or a name. Likes and Groups further may be attached to a certain category whereas categories can be recursively related to other categories. The categories are derived from the Facebook website and reach from root categories like “Interests“, „Music” or “TV” to sub granular categories like “Local Businesses”. Dataset two comprises 45,108 relations to 24,648 unique Likes. There are further 6,894 memberships in 5,993 unique groups. The social network is formed by the friend relation on Facebook. Based on this user-to-user relation, a social network is created. The network shows 3,028 connections between the 692 users, leading to an average vertex degree (number of friends) of 8.75. The resulting network is less dense than the network in dataset one, showing a higher network diameter with a value of 13, a lower clustering coefficient .349 and a lower general density of .013.

An RDF graph containing all relations has been created for every dataset. The semantic similarity measures following the approach of [Maedche et al. 2002, 348] are calculated based on this RDF graph as a base for the later classification analysis. The Semantic Similarity distance metric is a weighted combination of three dimensions of similarity: taxonomy similarity *TS*, relational similarity *RS* and the attribute similarity *AS*. We refer to [Maedche et al. 2002, 348] for further details on the calculation.

The other metrics included all ego-centered player/user information for a pairing per tuple. For the feature-vector metrics of dataset one, we further added the sum of the overall league points a player achieved so far (separated into three classes according to different regional leagues) and computed possible interaction variables, namely gender difference and age difference. Finally, each tuple in the feature vector metrics comprises the information about the two pairing players/users and the outcome class. Due to the analysis layout, the outcome variable is dichotomous in the form of *L* (*Link*) vs. *NL* (*No Link*), respectively 1 vs. 0. We further calculated the *common neighborhood* as the number of shared neighbors to compare the introduced metrics with a baseline predictor. To finally create a sample for the prediction task of dataset one, randomly 1,000 player pairings have been chosen from the dataset. The 1,000 player pairings included 500 pairings where the two players actually had a relation and 500 pairings where no

relation existed. This forms two groups in our outcome class: L , for an existing link and NL for no existing link. In the sample both groups are equally distributed. Nonetheless, it should be kept in mind that the network showed only 4.4% of all possible links. In real world networks, however, the NL group will be very likely highly overrepresented. Additionally the procedure has been performed for dataset two, here comprising 1,000 user pairings in each group.

3 Classification analysis

Before performing the classification analysis, it is advisable to comprehensively examine the statistical properties of the Semantic Similarity metric. On this account we performed an ANOVA to assess the discriminative power of the metric. We will later perform a binary logistic regression, a discriminant analysis and use a decision tree to evaluate the predictive power of the different data modeling. We decided not to weight the three similarity measures (TS, RS, AS) as proposed by [Maedche et al. 2002, 348] and use all three similarity measures uncombined to get further insight how each element influences the predictive accuracy. Figure 2 shows boxplots of all similarity measures grouped by the outcome class in dataset one.

The plot highlights obvious mean differences for each similarity measure in the outcome class. The relational similarity in particular shows a distinct mean difference, having comparable standard deviation dimensions. Taxonomy similarity also shows a mean difference whereas the standard deviation of both groups is quite similar. The attribute similarity shows a very high standard deviation, possibly leading to false predictions in some regions, if the prediction would rely on this element only. However, the increased weight for the relational similarity when combining all three measures, as proposed by [Maedche et al. 2002, 348], seems reasonable as it promises the highest discriminative power when visually analyzing the boxplots in Figure 2.

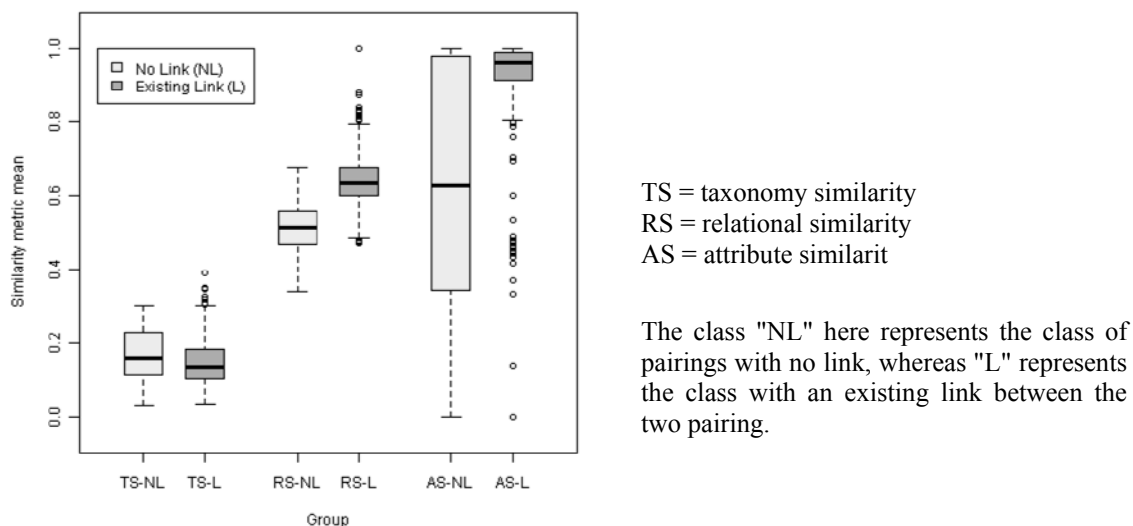


Figure 2: Boxplots of semantic similarity components in outcome class of dataset one players.

The similarities of the Facebook dataset (dataset two) showed a similar result. Taxonomy similarity has been omitted in dataset two as all users showed an identical taxonomy similarity. This is due to the fact that there are practically no taxonomic differences for two users as there are no user classes or categories in dataset two. We will

further omit this attribute in all later steps. To statistically prove the visual impressions, a one-way ANOVA on group differences for each similarity measure was performed. The results depict a significant group difference for every measure. Again, relational similarity *RS* ($M = .52$, $SD = .06$ in group *no link* and $M = .64$, $SD = .08$ in group *link*, dataset one) shows the highest effect size regarding Cohen's *d* (1.76 for dataset one, 1.30 for dataset two) as already assumed by the analysis of the boxplot charts. Worth mentioning is that all similarity measures show a significant mean difference of $p < .001$ in the outcome groups. These findings statistically prove the ability of the semantic similarity measure to discriminate the outcome groups. The high values of Cohen's *d* effect size measure further depict a genuine difference between linked and not linked pairs in terms of their semantic similarity.

After having laid the statistical foundations, the questions of the predictive power of the Semantic Similarity measure is examined. The results are shown in Table 1. First of all, a logistic binary regression (cut value = .5) has been performed for each dataset and all metrics. The regression showed a significant relation for all three predictor variables TS, RS and AS: $p < .001$, $R^2 = .86$ (Nagelkerke), $R^2 = 0.64$ (Cox & Snell) in dataset one. As seen in Table 1 the logistic binary regression leads to a predictive accuracy with 93.6% in dataset one and 79.4% in dataset two. Furthermore, the predictive accuracy is quite similar in both groups. The analysis of the feature-vector data shows a lower predictive accuracy with an overall accuracy of 80.8%.

Accuracy (dataset one)				
Method	Data model	TP	TN	Overall
Logistic binary regression	Feature Vector*	81.6%	79.7%	80.8%
	Semantic Similarity measure	94.6%	92.6%	93.6%
	Common neighbors	96%	95%	95.6%
Discriminant analysis (cross validated)	Feature Vector*	73.3%	87.1%	79.1%
	Semantic Similarity measure	95.8%	89.2%	92.5%
	Common neighbors	98.4%	74.5%	86.4%
Decision Tree (C 4.5) (10Fold cross validated)	Feature Vector	85.3%	81.9%	83.5%
	Semantic Similarity measure	90.0%	90.4%	90.2%
	Common neighbors	98.6%	93.4%	96.09%
Accuracy (dataset two)				
Logistic binary regression	Feature Vector*	44.6%	59.8%	52.2%
	Semantic Similarity measure	70.3%	94.6%	82.4%
	Common neighbors	60.9%	97.9%	79.4%
Discriminant analysis (cross validated)	Feature Vector*	44.5%	59.6%	52.0%
	Semantic Similarity measure	59.6%	98.7%	79.1%
	Common neighbors	60.9%	97.9%	79.4%
Decision Tree (C 4.5) (10Fold cross validated)	Feature Vector*	40.9%	71.0%	55.9%
	Semantic Similarity measure	67.9%	96.8%	82.35%
	Common neighbors	60.9%	97.9%	79.4%

* Due to missing values, not all cases could be included leading to slightly unequal class distributions.

Table 1: Results of class prediction using different prediction methods (TP = True Positive Rate, TN = True Negative Rate)

Again, true positives and true negatives are quite similar distributed. Interestingly, the baseline predictor *common neighbors* outperforms the Semantic Similarity measure in dataset one, especially when using a decision tree classifier. As it is vital to investigate the nature of the relationship of the predictor variable, in particular the elements of the

semantic similarity, a discriminant analysis was conducted. Discriminant analysis is used to examine how to best possible separate a set of groups (here L vs. NL) using several predictors.

Relational similarity RS showed with a structure matrix value of .634, that it is the most important predictor for dataset one in differentiating the two groups, followed by the attribute similarity AS with a value of .385. Again, taxonomy similarity TS seems to have a low contribution to the group differentiating with a value of -.088. As expected, the prediction results of the discriminant analysis are comparable to the binary logistic regression, since both methods are different ways of achieving the same result. It should be noted that within the classification of the feature vector dataset not all instances could be included as the dataset suffered from missing values in several variables. That is also why a decision tree classifier (C 4.5, [Quinlan 1993]) has been tested on both datasets. This classification method shows a the highest predictive accuracy for the common neighborhood metric in dataset one, compared to the other metrics, whereas the logistic regression on the Semantic Similarity metrics leads the highest accuracy in dataset two, as seen in Table 1. In summary, the metrics lead to quite different results in the two datasets, emphasizing the influence of the underlying data. Clearly, the Semantic Similarity seems to benefit from fuller information, i.e. incorporation of background knowledge, which leads to an advantage in prediction accuracy, especially in dataset two. Here, the dataset is characterized by a higher proportion of relational information.

4 Conclusions and future work

In this paper we investigated one important challenge for performing data mining and machine learning directly on Semantic Web data. We created a RDF graph from existing data and computed similarities between instances of that graph. We further calculated traditional metrics to compare both approaches. We evaluated both methods performing a classification analysis in the form of a link prediction between any two actors of a social network, which the data comprised. The results show that the similarity measure based on the RDF graph performs not worthily. We conclude that the incorporation of all available background knowledge yields to an improvement of existing methods. Nevertheless, the results depict that the result heavily rely on the data structure. The results of the baseline predictor common neighborhood also show that Semantic Web technologies not necessarily outperform traditional methods. However, the ontologies used in this paper were rather simple and served to examine a new approach in SNA. In particular the results of dataset two indicate that analyses on highly interrelated data might benefit from Semantic Web technologies.

Another advantage is the expandability of Semantic Web data modeling. New ontologies can be easily attached to already existing metadata. Furthermore, the accessibility to free and comprehensive ontologies is growing rapidly. These ontologies could enhance the analysis process. To give one example, a similarity analysis of customers with hobbies in the field of music or movies, could be improved by music⁶ and movie⁷ ontologies, which move the analysis from treating this information in a way of nominal values to a relational graph, where each instance is interconnected. In a traditional lay-

⁶ <http://musicontology.com/>

⁷ <http://www.movieontology.org/>

out, these values would be mainly compared in the way *equal* or *not equal*⁸, whereas the use of ontologies may offer an answer to *how related* two values are. Additionally, Semantic Web technologies offer possibilities to automatically derive new data from existing one through inference engines.⁹ Since this approach could further improve the predictive power of analyses, it should be considered for future work. Again, we would like to emphasize that the main purpose of the analysis in this paper is not to find the optimal predictor for one specific problem but, to investigate the potential of Semantic Web technologies in the field of machine learning.

Nonetheless, the study revealed several unanswered question and issues in this field. A major disadvantage is the question of interpretability. As seen in the result section, no conclusions can be made, what predictor in the original RDF graph of the Semantic Similarity had the biggest influence on its predictive power. In the case when causal explanations are needed, this inevitably leads to further effort for the analyst. In many areas, however, this is an important issue. Reviewing the analysis in this paper, the results of the semantic similarity measure give almost no explanation what exactly made two players similar, despite the fact that their “relation” to each other had the highest discriminative power. Another issue is the weighted combination of the three components of the similarity measure, proposed by [Maedche et al. 2002, 348]. The results of this study show that it is advisable to treat each component separately. If the problem domain, including the ontology, is more or less static, the optimal weights for a single problem (e.g. classification) could be assessed in an optimization process for a representative sample of metadata, if available. The statistical analyses of the components of the semantic similarity also showed some unexpected results. Further research is necessary to resolve this subject. Moreover, the ontology used in this paper was rather simple in comparison to existing ontologies in other domains. The similarity measure should therefore be evaluated upon complex ontologies and very large datasets to gain a more precise picture. Nonetheless, this paper improved upon past research by showing the potential of Semantic Web technologies as a basis for data mining and machine learning.

⁸ We think most people will agree that „Dirty Dancing“, „Flashdance“ and „Alien“ are non-identical movies, but have different „distances“ from each other.

⁹ Check <http://fowl.sourceforge.net/> or <http://jena.sourceforge.net/inference/> for examples.

Literatur

- Barabási, A.-L., Albert, R., “Emergence of Scaling in Random Networks,” *Science*, vol. 286, Oct. 1999, pp. 509-512.
- Berendt, B., Hotho, A., Gerd, S., “Towards Semantic Web Mining”, In Proceedings of the First International Semantic Web Conference on The Semantic Web, ISWC '02, Springer-Verlag, 2002, pp. 264-278.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O., “The Semantic Web (Berners-Lee et. al 2001),” *Scientific American*, vol. 284, May. 2001, pp. 28-37.
- Bisson, G., “Why and How to Define a Similarity Measure for Object Based Representation Systems”, In *Towards Very Large Knowledge Bases*, IOS Press, 1995, pp. 236-246.
- Brickley, D., Guha, R., McBride, B., *RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema*, W3C Recommendation, 2004.
- Delteil, A., Faron-Zucker, C., Dieng, R., “Learning Ontologies from RDF annotations”, In *IJCAI 2001 Workshop on Ontology Learning, Proceedings of the Second Workshop on Ontology Learning OL 2001, Volume 38 of CEUR Workshop Proceedings*, A. Maedche, S. Staab, C. Nedellec, and E.H. Hovy, eds., CEUR-WS.org, 2001.
- Emde, W., Wettschereck, D., “Relational Instance Based Learning”, In *Machine Learning - Proceedings 13th International Conference on Machine Learning*, L. Saitta, ed., Morgan Kaufmann Publishers, 1996, pp. 122-130.
- Gloor, P.A., Krauss, J., Nann, S., Fischbach, K., Schoder, D., “Web Science 2.0: Identifying Trends through Semantic Social Network Analysis”, In *Computational Science and Engineering, 2009. CSE '09, 2009*, pp. 215-222.
- Grimnes, G., Edwards, P., Preece, A., “Instance Based Clustering of Semantic Web Resources”, In *Proceedings of the 5th European semantic web conference on The semantic web: research and applications ESWC'08*, S. Bechhofer, M. Hauswirth, J. Hoffmann, and M. Koubarakis, eds., Springer Berlin / Heidelberg, 2008, pp. 303-317.
- Gruber, T. R., “Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing”, In Guarino, N., Poli, R., Publishers, K. A., Substantial, I. P., and Gruber, T. R., editors, *In Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Kluwer Academic Publishers, in press. Substantial revision of paper presented at the International Workshop on Formal Ontology, 1993.
- Han, J., Kamber, M., *Data Mining: Concepts and Techniques*, Morgan Kaufmann, 2006, pp. 36-39.
- Huang, Y., Tresp, V., Kriegel, H.-P., “Multivariate prediction for learning in relational graphs”, In *NIPS 2009 Workshop: Analyzing Networks and Learning With Graphs 2009*.
- Kautz, H., Selman, B., Shah, M., “Referral Web: combining social networks and collaborative filtering,” *Commun. ACM*, vol. 40, 1997, pp. 63-65.
- Klyne, G., Carroll, J. J., McBride, B., *RDF Primer*. W3C Recommendation, 2004.

- Lichtenwalter, R.N., Lussier, J.T., Chawla, N.V., “New perspectives and methods in link prediction”, In KDD '10: Proceedings of the 16th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, Washington, DC, USA: ACM, 2010, pp. 243-252.
- Lula, P., Paliwoda-Pkekosz, G., “An ontology-based cluster analysis framework,” In Proceedings of the first international workshop on Ontology-supported business intelligence held in Karlsruhe, Germany, OBI '08. ACM, 2008.
- Maedche, A., Zacharias, V., “Clustering Ontology-Based Metadata in the Semantic Web”, In Proceedings of the 6th European Conference on Principles of Data Mining and Knowledge Discovery PKDD '02, Springer-Verlag, 2002, pp. 348-360.
- Pulido, J.R.G., Ruiz, M.A.G., Herrera, Cabello, Legrand, R., E., S., Elliman, D., “Ontology languages for the semantic web: A never completely updated review,” Know.-Based Syst., vol. 19, 2006, pp. 489-497.
- Quinlan, J.R., C4.5: Programs for Machine Learning (Morgan Kaufmann Series in Machine Learning), Morgan Kaufmann, 1993.
- Smith, M. K., Welty, C., McGuinness, D.L., OWL Web Ontology Language Guide. <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>, W3C Recommendation, 2004.
- Watts, D.J., Strogatz, S.H., “Collective dynamics of ‘small-world’ networks”, Nature, vol. 393, Jun. 1998, pp. 440-442.

RealTime and Anytime Supply Chain Planning

Dirk Schmalzried

OR Soft Jänicke GmbH, Geusaer Straße FH Geb. 104, 06217 Merseburg

Universität Leipzig, Grimmaische Straße 12, 04109 Leipzig

dirk@schmalzried.com

Abstract: Bisher sind die Planungsebenen des Supply Chain Management (SCM) konzeptionell, personell und softwaretechnologisch getrennt und oft hierarchisch organisiert. Geschäftsprozesse definieren die Übergänge von und Rückkopplung zwischen Ebenen grober, strategisch/ taktischer Planung und Ebenen feiner, operationaler Planung. Diese Trennung führt zu konzeptionellen, prozessualen und temporalen sowie zu systemtechnischen Defiziten im Supply Chain Planning (SCP).

Kerngedanken des neuen Konzepts sind, alle heute üblichen Planungsebenen vollständig auf das operative Modell zu gründen die neuen Softwaresysteme vollständig im RAM zu verankern sowie mit neuen Nutzeroberflächen auszustatten, die den Aspekt der virtuellen Aggregation und Disaggregation der Daten zur Laufzeit befördern.

Durch die Ergebnisse der Arbeit wird das den Stand der Technik darstellende Paradigma der sequenziellen, hierarchischen Planung verändert zu einem Konzept einer jederzeit ausführbaren (Anytime) Planung, welche Planungsergebnisse innerhalb sehr kurzer Antwortzeiten (Real-Time) liefert. Durch die schnellen Antworten können zudem ganz neue interaktive, simulationsbasierte Planungsprozesse anstelle bisheriger batch-orientierter Prozesse eingeführt werden. Es werden Vorteile gegenüber dem alten Konzept und die praktische Machbarkeit anhand von Softwarefallstudien bewertet.

1 Einleitung, Motivation und Ziele

Veränderte produktionslogistische Randbedingungen und neue Ziele im SCM erfordern ein Redesign von Supply Chain Planning Systemen. Insbesondere sich schnell wandelnde Bedingungen und Einflußfaktoren wie volatile Rohstoff-, Transport- und sonstige Kosten oder auch Wechselkurse erfordern eine genauere und schnellere Planung.

Neue Produktionstechnologien (wie 3F Factories in Modulbauweise), aber auch die zunehmende Komplexität, Fragilität und Dynamik der Supply Chain Prozesse selbst verstärken den Wunsch nach schnelleren Planungsergebnissen und bewirken zusätzlich den Wunsch nach weitreichender Simulationsfähigkeit in der Supply Chain Planung.

Außerdem sollen durch verschiedene aktuelle Trends, wie serviceorientierte Strukturen, verteilte Planung und Nutzung mobiler Geräte klassisch organisierte Geschäftsprozesse bereits in bestehenden Systemen verbessert werden, ohne Planungskonzepte zu ändern.

Erweiterte technische Möglichkeiten bezüglich Hardware, Datenbanken und Architekturen ermöglichen heute ganz neue SCM-Systeme. Zum Zeitpunkt der Konzeption heutiger SCM-Systeme Mitte der 1990er Jahre musste im Design Rücksicht auf die zum Betrieb der Systeme verfügbare Hardware genommen werden. Die dadurch heute in den Systemen anzutreffende Sequenzialität, die ungenaueren Grobplanungsmodelle, die Modellbrüche an den Modellgrenzen und die daraus entstehenden Defizite waren nicht

nur prozess-, sondern vor allem auch technisch bedingt. Sie können heute aufgrund besserer technischer Möglichkeiten behoben werden. Seit der Designzeit der SCM-Systeme hat sich die verfügbare Rechenleistung mehr als vertausendfacht. Zudem bieten aktuelle Hardwaresysteme die Nutzung von Mehrkern-CPU's (z.B. 16 Kerne auf handelsüblichen PCs) und die Nutzung von GPU's (z.B. hunderte Kerne auf handelsüblichen Grafikkarten). Damit werden parallele Algorithmen preiswert umsetzbar. Die Datenübertragungsraten für externe Festplatten hat sich seit der Designzeit der SCM-Systeme mehr als ver Hundertfacht. Die Nutzung von Flash-Speicher statt konventioneller Festplatten beschleunigt die Datenübertragung um den Faktor 10.000 gegenüber den Werten zur Designzeit der SCM-Systeme.

Es wird die These vertreten, dass heute im SCM verankerte Paradigmen zu Defiziten in Bezug auf Zuverlässigkeit, Aktualität, Machbarkeit und Genauigkeit führen, die wiederum negativ auf die Zielerfüllung des Supply Chain Managements wirken. Die Defizite werden durch umfassende Literaturrecherche belegt und in Anlehnung an die Systematik des Geschäftsprozessmanagements in konzeptuelle Defizite, prozessuale und temporale Defizite und systemtechnische Defizite gegliedert.

Ziel der Arbeit ist, ein neues Planungskonzept und technische Realisierung für künftige SCP-Systeme vorzuschlagen. Dieses Konzept verändert vor allem die strategische und die Produktionsgrobplanung und soll sich dadurch auszeichnen, dass es sowohl jederzeit ausgeführt werden kann und dabei zuverlässige Ergebnisse liefert („Anytime“) als auch dadurch, dass die Planung mit sehr kurzen Antwortzeiten auskommt, welche Simulationen und Variantenvergleiche ermöglichen („Real-Time“). Als Titel der Arbeit wird deshalb „Real Time and Anytime Supply Chain Planning“ vorgeschlagen, selbst wenn „Real-Time“ zumeist mit „garantierten“ statt nur mit „kurzen“ Antwortzeiten assoziiert wird [Kopetz 2011].

Das Real-Time Supply Chain Planning (RT-SCP) soll Unternehmen helfen, zu einem Real-Time-Enterprise (RTE) zu transformieren [Alt et al 2004]. Ein RTE ist definiert als Unternehmen, das Verzögerungen im Management und Ablauf seiner kritischen Geschäftsprozesse abbaut, um seine Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. [Gartner 2002]

Das neue Planungskonzept wird durch Analyse aktueller Quellen aus den Defiziten bestehender Konzepte abgeleitet und softwaretechnisch in Demonstratoren realisiert.

2 Grundlagen des SCM und Einordnung der Arbeit

Der Gegenstand des Supply Chain Managements ist die Gestaltung (strategischer Aspekt), Planung und Koordination (taktischer und operativer Aspekt) sowie Steuerung (operativer Aspekt) von Netzwerken, in denen eine Wertschöpfung durch Produktion, Handel oder Dienstleistung stattfindet. Es umfasst Material-, Informations- und Geldflüsse. Das Ziel des SCM ist das nachhaltige, wirtschaftlich erfolgreiche Agieren der beteiligten Akteure am Markt und kann gegliedert werden in die Zielklassen Bedarfsbefriedigung, Zeit, Qualität, Flexibilität und Margen. Aus der Analyse verschiedener Quellen (etwa 12 Quellen, darunter [Zelewski 2008], [Klaus 2008], [Kurbel 2005]) wurde im Rahmen der wiss. Arbeit eine um Modetrends bereinigte Zieldefinition abgeleitet, an der sich der Erfolg des neuen Planungskonzeptes messen lassen soll:

Ziel des SCM ist die Konzeption, Planung und Steuerung der Logistikkette derart, dass

- durch Kunden verursachte Nachfragen (Bedarfe) an Produkten und verbundenen Leistungen oder Informationen unmittelbar oder mittelbar innerhalb der Grundsätze ethischen kaufmännischen Handelns befriedigt werden,
- zeitlich relevante Bedingungen eingehalten werden, Prozesse in ihrem zeitlichen Ablauf entweder einen Wettbewerbsvorteil darstellen oder bezüglich der Marge wirksam werden,
- Qualitätsanforderungen bezüglich der Produkteigenschaften, der zu erbringenden Dienstleistungen (Service) und der prozessbezogenen Informationen bestmöglich innerhalb der gesetzten Rahmenbedingungen erfüllt werden,
- auf sich wandelnde Bedarfssituationen, sich wandelnde Verfügbarkeiten von Produktionsmitteln und sich wandelnde äußere Rahmenbedingungen unter Zugrundelegung des jeweils besten und aktuellsten Wissens über die Zukunft und der zugehörigen Risiko-/Kostenabwägung mit einer hohen Flexibilität reagiert werden kann, so dass sich im eintretenden Fall einer Veränderung die Wettbewerbsposition des Unternehmens nicht verschlechtert und die Margenziele nicht verfehlt werden,
- eine definierte angestrebte Marge unter gewöhnlichen Umständen nicht unterschritten, die Gesamtmarge unter Abwägung aller weiteren Ziele und Bedingungen maximiert wird und gleichzeitig langfristige Kapitalwertvorgaben erreicht werden.

Innerhalb der fünf funktionalen (horizontalen) Phasen des SCM, nämlich Beschaffung (Supply, Source), Produktion (Production, Make), Distribution (Transportlogistik), Absatz (Demand, Vertrieb, Sales) und Return (Recycle, Rückführung oder Entsorgung) konzentriert sich die Forschung im Rahmen dieser Arbeit auf die Prozesse innerhalb der Produktion, jedoch unter Einbeziehung aller Phasen außer „Return“.

Neben der funktionalen (horizontalen) Gliederung, kann das SCM auch vertikal in drei Ebenen strukturiert werden, die Supply Chain Configuration, Supply Chain Planning und Supply Chain Execution. Im Rahmen dieser Arbeit werden die Prozesse des

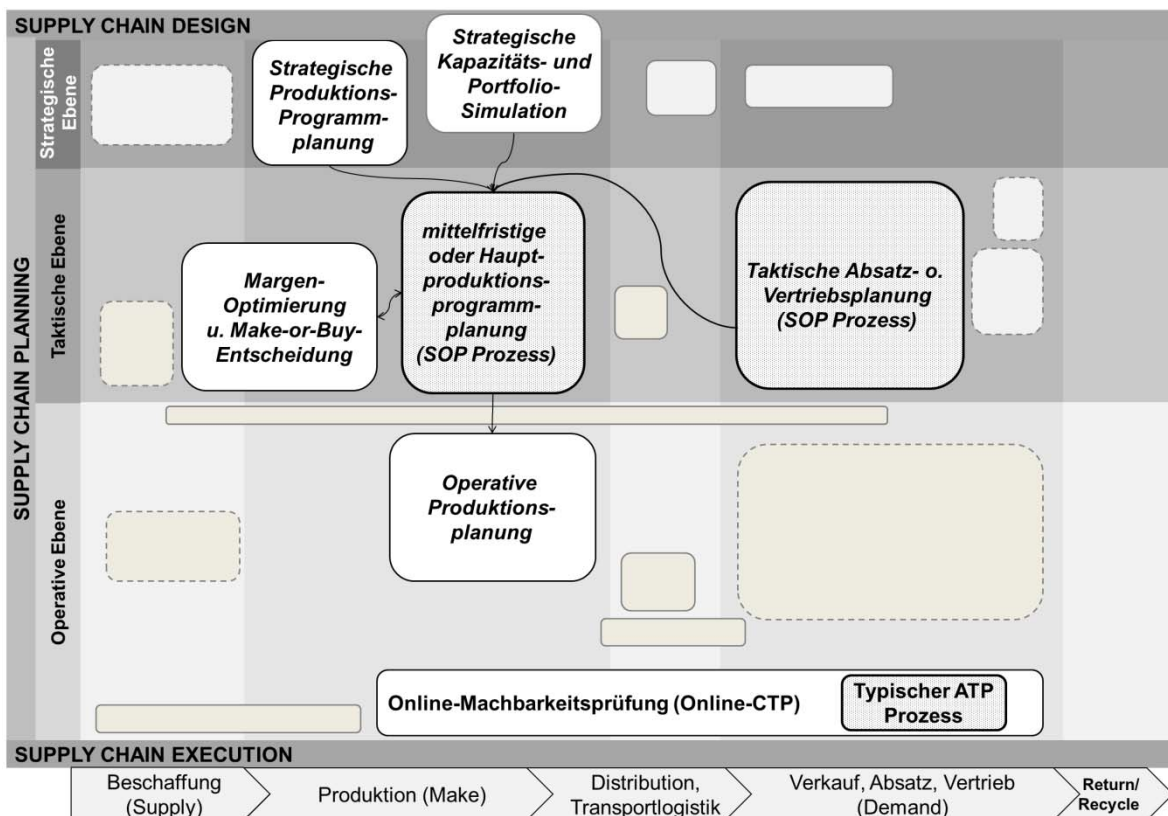


Abbildung 1: Im Rahmen der Arbeit betrachtete SCP Prozesse

Supply Chain Planning mit Berührungspunkten zum Supply Chain Design betrachtet. Bezogen auf die Supply Chain Planung aus der zuvor genannten Gliederung unterscheidet man wiederum die Strategische Planung, die Taktische Planung (Grobplanung) und die Operative Planung (Feinplanung).

In der Arbeit sollen die planerischen Prozesse der Sales and Operations Planning (SOP) derart erweitert werden, dass der Prozess der „Strategischen Kapazitäts- und Portfoliosimulation“, der „Strategischen Produktionsprogrammplanung“, der „Margenoptimierung“ und der Prozess der „Operativen Produktionsplanung“ in einem gemeinsamen Prozess mit den klassischen SOP-Prozessen zusammengefasst werden und daraus zusätzliche Nutzenspotenziale erwachsen. Als zweiter in einem Demonstrator zu realisierender Prozess wird die Erweiterung der klassischen ATP-Prüfung auf eine „Online-Capable-To-Promise-Prüfung“ (CTP, PTP) basierend auf einem RT-SCM betrachtet.

3 Defizite bestehender SCM-Konzepte und -Systeme

Für die Beschreibung eines Real Time Supply Chain Planning Systems wird die Strukturierung des Business Engineerings in Strategische Ebene mit der zugehörigen Geschäftsarchitektur, Prozessebene mit der zugehörigen Prozessarchitektur und Systemebene mit der zugehörigen Applikationsarchitektur genutzt [Österle/Blessing 2005]. Für bestehende Supply Chain Planning Konzepte und Systeme werden in der Literatur entlang dieser Gliederung konzeptionelle-strategische, prozessuale-temporale und systemtechnische Defizite benannt, welche negativ auf die Erfüllung der Ziele des Supply Chain Managements wirken. Aus deren Analyse ergeben sich folgende Erkenntnisse:

Konzeptionelle Defizite sind u.a. hierarchische Planung mit mangelnder Kopplung, semantisch zu grobe Modelle, die fehlende Präsenz strategischer Ziele in der Planung, unterschiedliche Messmethoden und Kennzahlen in der Planung per definitionem, mangelnde Berücksichtigung verteilter Interessen und das Fehlen einer aspektübergreifenden Planung.

Temporale und prozessuale Defizite sind u.a. der isolierte Modulcharakter der Planungsprozesse, mangelnde Aktualität wegen fehlender Rückkopplung oder andersherum sehr häufig auftretende Rückkopplung mit hoher Latenz, mangelnde Aktualität wegen organisatorisch fest definierter Planungszyklen und die verzögerte Pflege relevanter Informationen (Aspekt „Anytime“ – siehe Abb. 2), mangelnde Aktualität und Genauigkeit wegen grober Zeitraster, die lange Planungsdauer und die fehlende Simulationsfähigkeit in Prozessen (Aspekt „Realtime“ – siehe Abb. 2).

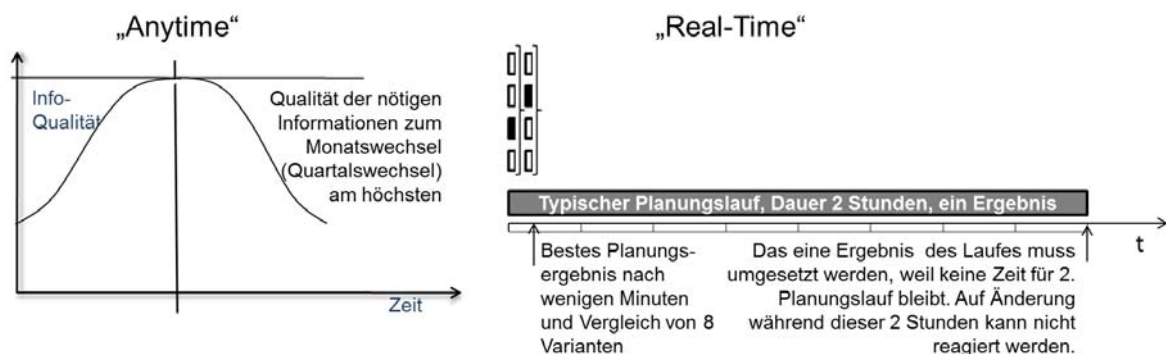


Abbildung 2: Illustration der Aspekte „Anytime“ und „Real-Time“

Informationstechnische Defizite sind u.a. die redundante Datenhaltung in den Systemen, die mangelnde Berücksichtigung überbetrieblicher Aspekte, fehlende simultane Kapazitäts- und Materialplanung, mangelnde Transparenz, schlechte Handhabbarkeit, geringe Performanz und lange Durchlaufzeiten aufgrund grober Modelle.

Die Defizite wirken in unterschiedlicher Weise auf alle in Kapitel 2 aufgeführte Zielklassen des SCM. Zelewski führt mit Blick auf die auch im Kontext von Produktionsplanungssystemen (PPS) auftretenden Defizite aus: [Zelewski 2008] S. 489 „*Folglich bleibt eine große „Spielwiese“ bestehen, auf der weitere moderne PPS-Konzepte darum ringen können, die Unzulänglichkeiten des hierarchisch-sequenziellen PPS-Konzepts auf jeweils neue, überlegene Weise zu überwinden.*“

4 Real Time Supply Chain Planning Systeme

4.1 Lösungsansatz und Methodik

Ausgehend von den analysierten Defiziten bestehender Konzepte und Systeme können wesentliche Merkmale und Eigenschaften von neu zu entwerfenden RT-SCP-Systemen definiert werden. Deren Nützlichkeit wiederum muss daran gemessen werden, inwieweit sie die zuvor analysierten Ziele des SCM befördern. Darüber hinaus werden die Merkmale von RT-SCP-Systemen daraufhin geprüft, ob sie mit allgemeinen Eigenschaften von betrieblichen Real Time Systemen übereinstimmen.

Die Merkmale selbst werden abgeleitet von den aus der Literaturanalyse gewonnen Erkenntnissen zu den Defiziten aktueller Konzepte und Systeme. Die Gliederung der Merkmale erfolgt wieder anhand des Business Process Reengineering. Es wird deutlich, dass gerade im Bereich der temporalen Merkmale basierend auf den neuen zeitlichen Möglichkeiten ganz neue und bessere Planungsprozesse entworfen werden können.

Bei der Realisierung der RT-SCP-Systeme bieten sich über das reine Systemdesign hinaus eine Veränderung bestehender Planungsprozesse (Prozessebene) und eine Definition von Services an (Service-Architektur). Die neuen Systeme wirken zusätzlich auf die Strategie- und Konzeptebene des sie einsetzenden Unternehmens.

Aus dem Design und der Realisierung der Systeme entlang dieser Merkmale erwachsen wiederum Herausforderungen, z.B. aus der einhergehenden wachsenden Datenfülle. Diesen Herausforderungen ist geeignet zu begegnen, damit die neu entworfenen RT-SCP-Systeme auch basierend auf den heute verfügbaren Technologien praktikabel sind.

4.2 Merkmale von RT-SCP-Systemen

4.2.1 Konzeptionelle Merkmale

Die logistische Planung soll intern auf einem einheitlichen Modell, dem Feinplanungsmodell, beruhen. So werden die bisher bestehenden Brüche zwischen Planungsebenen vermieden und in der Folge immer umsetzbare Ergebnisse garantiert. Damit lassen sich nicht nur Hierarchieebenen wie der Grob- und Feinplanung nahtlos verzahnen, sondern auch nebeneinanderstehende Geschäftsbereiche wie Personal-, Qualitätskontroll-, Instandhaltungs- und Produktionsplanung ganzheitlich betrachten. Das Feinplanungsmodell ist das genaueste Modell und bezüglich der Abbildung von Grobplanungsmerkmalen und Grobplanungsprozessen suffizient. Damit sind alle Planungsergebnisse

jederzeit aktuell und ermöglichen so eine jederzeit ausführbare Planung, denn in das Feinplanungsmodell fließen alle relevanten Änderungen mit kürzester Latenz ein.

Die logistische Planung soll in allen Ebenen und Geschäftsbereichen anhand gleichartig definierter Kennzahlen und gleichartiger Methoden gemessen und bewertet werden. Dies gestattet eine prospektive Bewertung der aus der Planung resultierenden Prozesse und eine Einflussnahme im Vorhinein (prospektiv) anstelle einer nachträglichen Bewertung einer eingetretenen Situation (retrospektiv).

Die strategischen Ziele des Unternehmens sollen in allen Planungsebenen und Planungsprozessen transparent sein und Planungsaktionen sollen sich an der Erfüllung der strategischen Ziele messen und prüfen lassen. Entstehen Zielkonflikte aus widerstreitenden Vorgaben, dann sollen Planungssysteme Lösungsangebote ausgehend von strategischen Unternehmenszielen unterbreiten.

Konventionelle SC-Planung	RT-SC-Planung
Getrennte Modelle für Grob- und Feinplanung mit Brüchen	Ein gemeinsames Modell für alle Planungsebenen und Aggregation zur Laufzeit
Keine ganzheitliche Betrachtung von nebeneinanderstehenden Geschäftsbereichen	Aspektübergreifende, ganzheitliche Planung im Konzept verankert
Strategische Ziele nicht in allen Prozessen auf allen Ebenen präsent, verschiedene Kennzahlensysteme möglich	Strategische Ziele auf allen Planungsebenen präsent und ein gemeinsames Kennzahlensystem im Konzept verankert

Tabelle 1: Konzeptionelle Merkmale im Vergleich

4.2.2 Prozessuale und temporale Merkmale

In Übereinstimmung mit der Gründung auf ein einheitliches, detailreiches Modell müssen RT-SCP-Systeme zur Laufzeit semantische Aggregationen aus den Objekthierarchien und zeitliche Aggregationen aus der Betrachtung unterschiedlicher Zeiträume wie Woche, Monat, Quartal basierend auf den gleichen Detaildaten unterstützen. Neben der Aggregation muss natürlich auch die Disaggregation und das Arbeiten auf aggregierten Daten, z.B. durch Verteilungsfunktionen, unterstützt werden.

Zudem sollen die Planungsprozesse inkrementell, also fortlaufend und jederzeit ausführbar sein und basierend auf den jeweils besten verfügbaren Daten bezüglich der Aspekte Genauigkeit und Aktualität operieren.

Typische Planungsprozesse sollen interaktiv anstelle von Batchläufen entworfen werden. Völlig neue, bisher nicht im ERP- oder SCM-Planungskonzept enthaltene Abläufe, sind dann möglich. So kann eine CTP- (capable to promise) und eine PTP- (profitable to promise) Prüfung direkt aus der Kundenauftrags erfassung gestartet und der entsprechende Fertigungsauftrag wenn nötig gleich angelegt werden. Außerdem können Planungsvarianten mit Hilfe automatischer Methoden im Dialog erstellt und beurteilt werden, statt auf die Ergebnisse eines Nachlaufes warten zu müssen.

Weiterhin sollen Planungsprozesse auf Simulation basieren. Während in einem klassischen ERP das Konzept „Simulation“ nicht vorgesehen ist, kann ein klassischer, bisher sequenzieller ERP-Prozess neu definiert werden, so dass wesentliche mögliche Entscheidungsalternativen in einem einzigen Schritt statt nacheinander präsentiert werden.

Durch die Betrachtung einer Eigenschaft als Merkmal des Algorithmus statt des Objekts können Planungsprozesse flexibler gehandhabt werden. Während z.B. im SAP APO der Fintheitsgrad an der Ressource eingestellt wird, kann man durch ein wahlweises Einlasten gegen begrenzte Kapazität oder ein Einlasten gegen unbegrenzte Kapazität unterschiedliche Planungsergebnisse erzielen, ohne die Eigenschaften (Stammdaten) der Ressourcen ändern zu müssen.

Konventionelle SC-Planung	RT-SC-Planung
Prozesse basieren auf vorberechneten Daten wie z.B. Zeitreihen	Gleiche Daten können zur Laufzeit aggregiert und disaggregiert und in verschiedenen Prozessen genutzt werden
Etliche Planungsprozesse (z.B. SOP) können nur zu bestimmten Zeitpunkten ausgeführt werden, weil nur dann die Datenqualität ausreichend ist	Planungsprozesse sollen jederzeit auf der jeweils aktuellen Datenlage ausführbar sein (Anytime)
Typische Planungsabläufe sind als Batch-Läufe konzipiert	... sind interaktiv und mit kurzen Antwortzeiten konzipiert (Realtime)
Simulative Prozesse basieren auf Kopien für Simulationsvarianten	Simulative Objekte und bestätigte Objekte werden gemeinsam geplant

Tabelle 2: Temporale und prozessuale Merkmale im Vergleich

4.2.3 Systemtechnische Merkmale

Wichtigstes systemtechnisches Merkmal der neuen RT-SCP-Systeme ist die Gründung aller Modelle im RAM und der Verzicht jeglicher plattenbasierter Speicherung zur Laufzeit für eine deutlich bessere Performance.

Durch die Ausnutzung moderner Prozessorstrukturen mit vielen parallelen Kernen können Algorithmen beschleunigt werden.

Ein weiteres Merkmal ist die Nutzung einer serviceorientierten Architektur, welche Hardwaretrends wie Cloud Computing unterstützt und zudem die zunehmende Mobilität von Planungsprozessen unterstützt. Mit einer effizienten Datenorganisation muss insbesondere den umfangreichen Datenvolumina begegnet werden und durch geeignete Hilfsstrukturen für kurze Antwortzeiten gesorgt werden.

Nutzerfreundliche, prozessorientierte und schnell erlernbare Oberflächen (UIs) sollen bestehende transaktional orientierte Oberflächen ablösen.

Konventionelle SCM-Systeme	RT-SCP-Systeme
Daten werden sowohl im Hauptspeicher als auch auf Platte gehalten	Alle zur Laufzeit nötigen Daten komplett im RAM gegründet
Zumeist nicht für Multiprozessorsysteme optimiert	Auch Prozesse und Algorithmen für Multiprozessorsysteme ausgelegt
zögerlich in der Anwendung von Service-orientierten Architekturen	SOA-gegründet
Maskenorientierte, transaktionale, objektweise Bedienung	leicht bedien- und erlernbare UIs, z.B. suchmaschinenartige Bedienung

Tabelle 3: Systemtechnische Merkmale im Vergleich

4.3 In der Realisierung zu meisternde Herausforderungen

Das vorgeschlagene Design von RT-SCP-Systemen führt bei der praktischen Umsetzung zu Herausforderungen. Begründet sind diese vor allem in der zu verarbeitenden Datenfülle (Speicherbedarf), in den Anforderungen an die Antwortzeiten (Performanz) und in der neu zu definierenden Interaktivität und daraus resultierend der geforderten Nutzerakzeptanz. Man kann sie strukturieren in Herausforderungen:

- bezüglich der Datengewinnung und Interaktion mit Quellsystemen
- bezüglich Datenorganisation, Informationsfülle und der Aggregationshierarchien
- bezüglich der Darstellung und Präsentation verdichteter Daten
- und der Real-Time-Interaktion auf verdichteter Information.

Damit die analysierten Eigenschaften in praktikablen und erfolgreichen Systemen umgesetzt werden können, muss den entstehenden Herausforderungen begegnet werden. Verschiedene Ideen und Konzepte wie semantisches Zooming, suchmaschinenartige Bedienkonzepte für ERP- und SCM-Systeme und weitere neuartige Nutzeroberflächen sollen dies unterstützen und bezüglich Machbarkeit und Nützlichkeit bewertet werden.

Auf der technischen Ebene werden auch hauptspeicherbasierte spaltenorientierte Datenbanken betrachtet, welche Vor- und Nachteile bieten. Die Nachteile liegen vor allem bei den Schreiboperationen, die ein Sperrkonzept erfordern, welches gerade bei Spaltenorientierung u.U. weitreichende Konsequenzen hat.

5 Demonstratoren und praktische Fallstudien

5.1 Nachweisidee und Erfolgskriterien

Mit Software-Demonstratoren soll gezeigt werden, dass RT-SCP-Systeme mit den zuvor vorgeschlagenen Eigenschaften technisch möglich sind, dass sie zu Verbesserungen gegenüber dem Stand der Technik beitragen und wie sich diese Verbesserungen in Bezug auf die Ziele des SCM messen lassen. Die Bewertung soll erfolgen nach den drei Kriterien „Betriebswirtschaftliche Rentabilität“ und „Empfundene Nützlichkeit“, insbesondere mit Blick auf die Ziele des SCM, sowie „Technische Machbarkeit“.

Der erste Prototyp „Erweiterte SOP-Planung“ vereint Prozesse, die heute noch auf den Ebenen der strategischen Planung, der taktischen Planung und der operativen Planung verteilt liegen. Aus der Zusammenführung ergeben sich nützliche Synergien. Der zweite Prototyp „Online-CTP“ zeigt exemplarisch, welcher Nutzen sich dadurch erzielen lässt, dass typischerweise an anderer Stelle verortete Prozesse in eine Online-CTP- und PTP-Prüfung übertragen werden. An der Softwareentwicklung der Demonstratoren waren verschiedene Mitarbeiter von OR Soft beteiligt.

5.2 Erweiterte SOP-Planung

Derzeit ist die SOP-Planung ein Prozess der taktischen Grobplanung für einen mittelfristigen Horizont, der in Zyklen (einmal im Monat, einmal im Quartal) abläuft, zu denen aktualisierte Daten bereitgestellt werden. Er basiert auf einem vergrößerten Modell, z.B. mit Volumen-Zeit-Bedarfen. Im Ergebnis des Prozesses sollen Mengenaussagen und Kapazitätsaussagen getroffen werden. Die Defizite liegen in mangelnder Aktualität, mangelnder Präzision und Zuverlässigkeit, der Nutzung verschiedener Kennzahlen und ungenügender Verrechnung der taktischen Zahlen mit der aktuellen Feinplanung („frozen period“ statt überlappender Planung).

Grundidee des alternativ vorgeschlagenen Planungsprozesses und seiner Realisierung in einem Demonstrator ist, sowohl operative als auch taktische und strategische Maßnahmen anzubieten (siehe auch Abbildung 1). Anstelle eines groben Modells liegt das operative Modell zugrunde, welches nur vergrößert dargestellt wird. Das strategische Modell muss nicht extra aufgebaut werden, sondern kann aus dem zumeist bestehenden operativen Modell generiert werden. Ressourcenerweiterungen können durch Kopieren bestehender Stammdaten simuliert werden. In der prozessualen Betrachtung werden der SOP-Prozesses auf alle Ebenen der Planung ausgedehnt, die Planung als jederzeit möglicher Regelkreis angenommen und semantische und temporale Aggregationen eingeführt (siehe Abbildung 3). Modifikationen an aggregierten Werten werden regelbasiert in die Detailwerte transformiert.

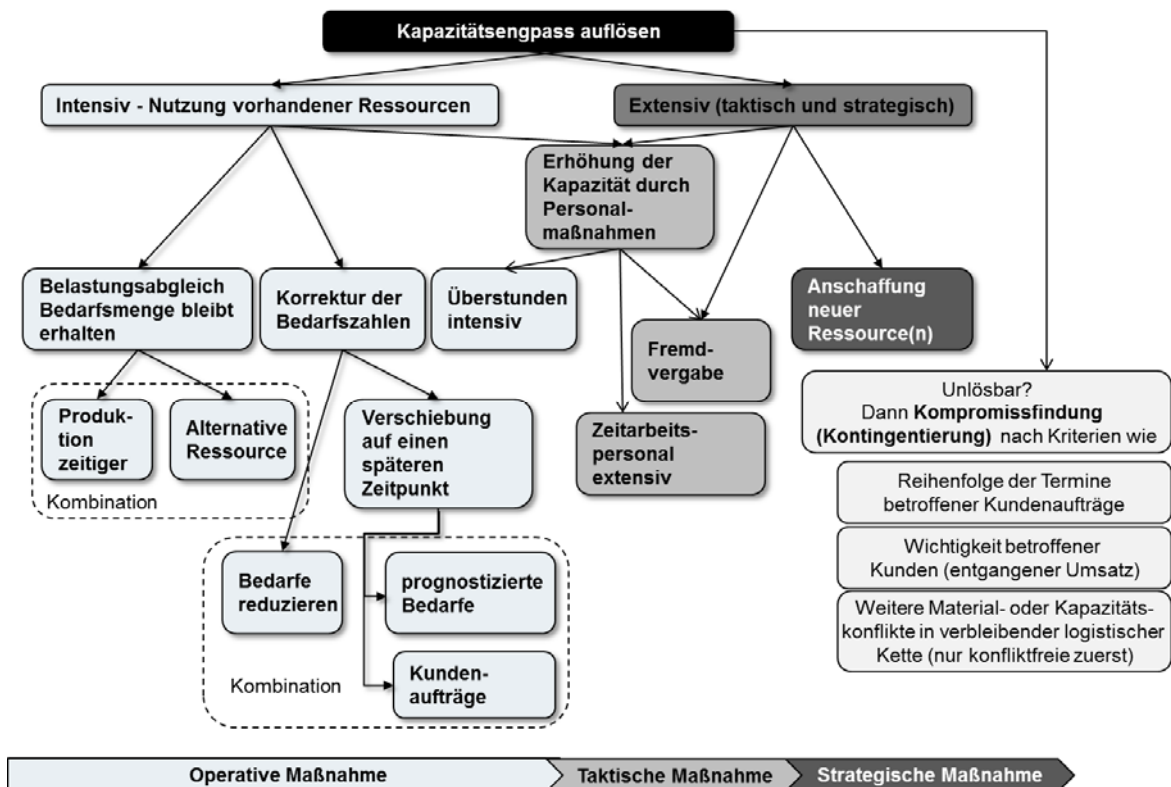


Abbildung 3: Erweiterung des Teilprozesses „Kapazitätsengpass auflösen“ innerhalb des SOP-Prozesses auf operative und strategische Maßnahmen

5.3 Online-CTP und PTP-Prüfung

Derzeit sind Auftragsannahme und Machbarkeitsprüfung in bestehenden SCM- und ERP-Systemen getrennte Prozesse. Die Auftragsannahme erfolgt bisher in Hoheit des Verkaufs und unter Einhaltung von durch die Produktionsplanung vorgegebenen Eckterminen (frühesten Zusagen, frozen period). Die Produktionsplanung plant dann die Produktionsaufträge gegen die Bedarfe aus dem Verkauf. Diese getrennten Prozesse haben die folgenden Defizite:

- Kundenwünsche werden ggf. zu unnötig späten (sicheren) Terminen zugesagt mit der Folge, dass Kunden abspringen. „Chefaufträge“ drängeln sich dazwischen.
- Die echten Kosten eines Kundenauftrags lassen sich zum Zeitpunkt der Annahme nicht bewerten. Ein Auftrag, der aufwendige Umrüstungen erfordert, ist u.U. sehr viel teurer und daher unattraktiv gegenüber einem Auftrag, dessen Menge ohnehin im Überschuss der Normansatzmenge eines anderen Kundenauftrags enthalten ist.

- Stellt sich im Zuge der Produktionsplanung heraus, dass ein zugesagter Auftrag doch nicht rechtzeitig realisierbar ist, wird der Kunde verprellt.

Grundidee des alternativ vorgeschlagenen Prozesses ist, die CTP- und auch die PTP-Prüfung bereits im Prozess der Auftragsannahme zu verankern (siehe auch Abb. 4). So sind zuverlässige Aussagen bezüglich der Machbarkeit direkt bei der Kundenauftragsannahme möglich. Zusätzlich können individuelle Preise je nach Termin, Kontext und Umfang des Auftrags gebildet werden, die sich an den realen Kosten orientieren.

Es lassen sich im Bereich der CTP Prüfung (in der Abbildung 4 als dunkelgraues Kästchen „Simulierte Fertigungsaufträge zulässig terminieren“ zu erkennen) zusätzliche Planungsalgorithmen verankern. Diese können z.B. eine Schnittoptimierung enthalten, welche über die Termineinhaltung hinaus auch das Ziel der Reduzierung der Produktionskosten verfolgt. Solche Kosten sind z.B. Werkzeugkosten, Verschnitt (Materialwert) oder Schnittdauer. Im Ergebnis werden die Produktionskosten gesenkt und die Planungssicherheit erhöht. Weil der Prozess komplett in einen bestehenden Auftragsannahmeprozess eingebunden und im Hintergrund abgearbeitet wird, entsteht kein Schulungsaufwand und kaum Aufwand für die technische Infrastruktur.

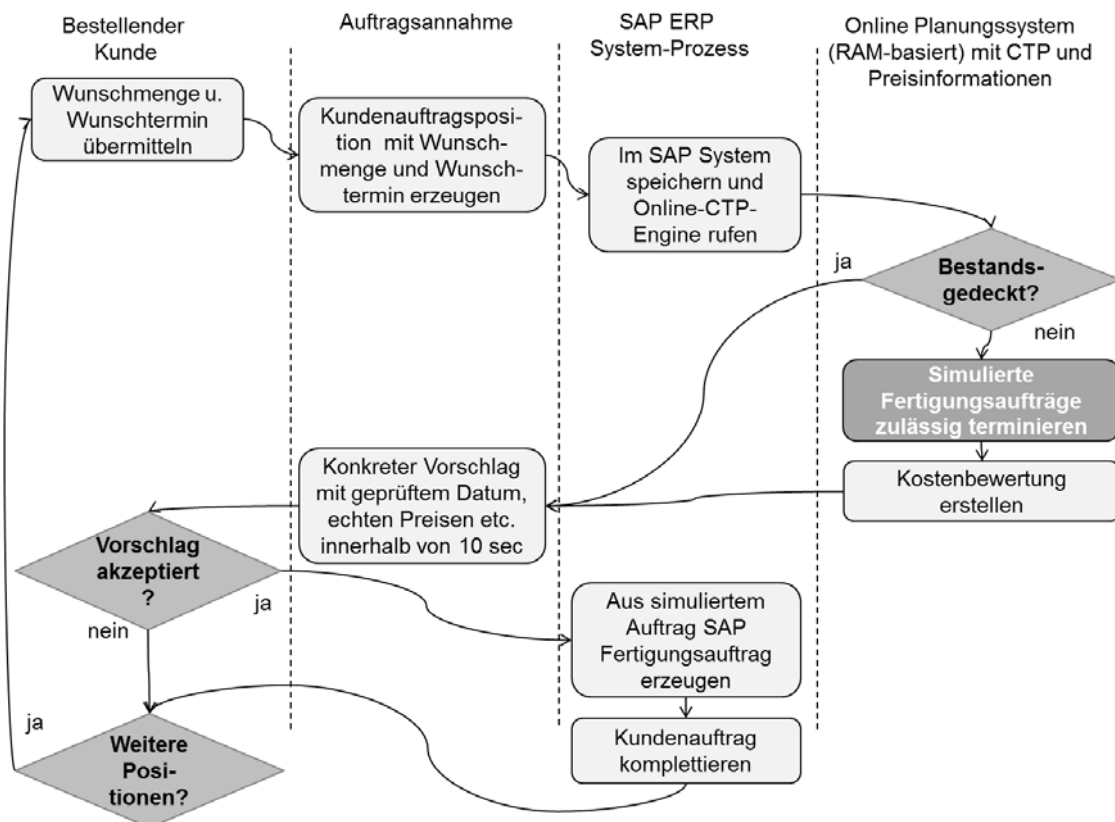


Abbildung 4: Der Online-CTP- und PTP-Prozess in einem RT-SCP-System

6 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgehend von einer um Buzz-Words bereinigten, universellen Definition der Ziele des Supply Chain Managements wurden die in bestehenden Konzepten und Systemen bestehenden Defizite analysiert, klassifiziert und in Beziehung zu den Zielen gesetzt. Weiter wurden wichtige Merkmale neuer RT-SCM-Systeme herausgearbeitet und Lösungsmöglichkeiten zur Überwindung resultierender Herausforderungen aufgezeigt.

Schließlich wurde anhand der Prototypen gezeigt, dass RT-SCP-Systeme die Ziele des SCM befördern, bestehende Defizite beheben und technisch realisierbar sind.

In künftigen Arbeiten könnten darüber hinaus sowohl technische Alternativen untersucht werden, als auch die Merkmale und Prinzipien der RT-SCP auf weitere fachliche und inhaltliche Domänen angewendet werden.

Alternative Architekturalternativen und Lösungsmöglichkeiten könnten z.B. in Form von autonomen, verteilten Systemen oder auch in der Nutzung spaltenorientierter RAM-Datenbanken liegen. Diese wurden nicht näher untersucht. Auch die Ausdehnung des Ortes der Planung hin zum Punkt der Datenerfassung und damit sofortiges Reagieren auf erfasste Daten könnte eine interessante Weiterentwicklung der Arbeit sein.

Fachlich und inhaltlich bietet sich natürlich die Umstellung weiterer Domänen und Geschäftsprozesse auf RT-SCP-Methoden an. Dazu gehören die Ressourcengrobplanung in weiteren Domänen wie der Krankenhausplanung oder die Planung im Projektsystem mit der gleichzeitigen Betrachtung virtueller Prozesse wie Genehmigungsverfahren oder Konstruktionsprozesse im Zusammenspiel mit der Produktionsplanung. Auch die Ausdehnung auf die Bereiche Supply Chain Design und Supply Chain Execution erscheinen erfolgversprechend. So können durch die Kopplung der SC-Planung mit den darunter liegenden MES- und PLS-Ebenen auf der MES-Ebene Informationen und Kennzahlen aus dem RT-SCP-System verfügbar gemacht werden, um dort autonom bessere Entscheidungen zu treffen.

Konventionelle SCM-Systeme	RT-SCP-Systeme
Lange Reaktionszeiten durch zyklische Planungsrunden und lange Planungsdauer	Kurze Reaktionszeiten durch ein einziges, aktuell gepflegtes Modell, Wegfall von Transformationen; jederzeit-Planung
Unzuverlässige Planungsergebnisse der Grobplanung in Bezug auf Aktualität und Genauigkeit	Zuverlässige und genaue Ergebnisse, gerade in Branchen mit langlaufenden logistischen Ketten
Geringe Nutzerfreundlichkeit	Hohe Akzeptanz und Nutzerfreundlichkeit
kaum strategische Ziele	Sehr gute Unterstützung strategischer Ziele

Tabelle 4: Auswahl signifikanter Vorteile von RT-SCP-Systemen

Literatur

Alt, R., Cäsar, M., Leser, F., Österle, H., Puschmann, T., Reichmayr, C., Architektur des Echtzeitunternehmens in: Real-time Business: Lösungen, Potentiale und Herausforderungen des Business Networking, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2004

Gartner Research Note #COM-18-3057,
www.gartner.com/pages/story.php.id.2632.s.8.jsp, 01.10.2002.

Klaus, P., Krieger, W., Gabler Lexikon Logistik, Gabler Verlag, Wiesbaden 2008.

Kopetz, H., Real-Time Systems - Design Principles for Distributed Embedded Applications, Springer Verlag, Berlin, zweite Ausgabe, 2011.

Kurbel, K., Produktionsplanung und –steuerung im Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management, Oldenbourg Wissenschaftsverlag München, sechste Auflage, 2005.

Österle, H; Blessing, D., Ansätze des Business Engineering, in: HMD 241 (2005), Nr. 42, S. 7, 2005.

Zelewski, S., Hohmann, S., Hügens, T., Produktionsplanungs- und –steuerungssysteme – Konzepte und exemplarische Implementierungen mithilfe von SAP R/3, Oldenbourg Wissenschaftsverlag München, 2008.

Zeitplanung für Patientenpfade unter Berücksichtigung von Betten-, Behandlungskapazitäten und Fairnesskriterien

Karsten Helbig

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Universitätsring 3, 06108 Halle

Email: karsten.helbig@wiwi.uni-halle.de

Abstract: The costs of patient care reached a new height. Poor management of patient flows in hospitals lead to unnecessary waiting time, a low degree of capacity utilization and expensive needless treatments. In the beginning of this paper a shortly overview of health care optimization research is shown, which leads to the implementation of interdisciplinary clinical pathways to improve the patient flow. Based on this the structure of scheduling focused clinical pathways is described. After that, a mixed integer linear programming model is shown, which is able to schedule these pathways. In the end the model is verified by an instance of a clinical pathway.

1 Einleitung

Seit der Einführung des DRG (Diagnosis Related Groups) Abrechnungssystems 2003 konnte die durchschnittliche Verweildauer von Patienten in Krankenhäusern von 14 Tagen auf ca. 8 Tage reduziert werden. Gleichzeitig stiegen die Fallzahlen pro Jahr von ca. 14 Mio. 1991 auf 18 Mio. 2010 [Statistisches Bundesamt 2011, 10]. Trotz dieser Erfolge nehmen die Kosten pro Fall seit Jahren zu [Statistisches Bundesamt 2009, 6]. Ein Grund dafür ist die klassische auf Berufsgruppen ausgerichtete Organisationsform von Krankenhäusern. Damit ein Krankenhaus Behandlung- und Versorgungsleistungen erbringen kann, sind eine Vielzahl von Koordinations- und Kommunikationsdienstleistungen nötig. Diese werden durch die große Anzahl an Funktions- und Berufsgruppen deutlich erschwert [Bartz 2006, 9ff].

Schlechte Koordination der Behandlungen und mangelnde Kommunikation unter den Organisationseinheiten können weiterhin zu teuren Doppeluntersuchungen oder unnötigen Wartezeiten für die Patienten führen. Beides erhöht die Kosten und wirkt sich eher negativ auf die Genesung des Patienten aus. Um effizienter wirtschaften zu können und mehr Patienten Zugang zu modernen Behandlungsmethoden zu ermöglichen, muss das Krankenhaus die Koordination und Kommunikation bei Behandlungsabläufen verbessern.

Eine Möglichkeit dieses Ziel zu erreichen ist die Einführung einer interdisziplinären Planung von Patientenpfaden. Dadurch wird es möglich, unnötige Wartezeiten durch fehlende Kapazitäten für Behandlungen zu vermeiden. Weiterhin können die Kapazitäten der nötigen Ressourcen bedarfsgerecht verteilt werden. Die durch die Planung geschaffene Transparenz des Behandlungsablaufes macht es ebenfalls einfacher, auf unvorhergesehene Notfälle zu reagieren und dadurch erforderliche Umplanungen schneller durchführen zu können.

In dieser Arbeit wird ein gemischt-ganzzahliges lineares Planungsmodell für ideal verlaufende interdisziplinäre Patientenpfade vorgestellt. Ziel der Planung ist es, die Wartezeiten der einzelnen Patienten auf ein Minimum zu reduzieren und die nicht vermeidbaren Wartezeiten möglichst fair unter allen Patienten aufzuteilen. Weiterhin soll die Auslastung der vorhandenen Ressourcen zu Beginn des Planungsintervalls möglichst hoch ausfallen, damit möglichst viele freie Kapazitäten in der noch unbekanntem Zukunft vorhanden sind.

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über den Stand der Forschung in der Prozessoptimierung im Krankenhaus gegeben. Anschließend wird auf die Struktur der Patientenpfade, wie sie dieser Arbeit zu Grunde liegen eingegangen. Darauf aufbauend wird das gemischt ganzzahlige Planungsmodell vorgestellt. Anschließend wird auf erste Experimente mit dem Modell eingegangen. Abgeschlossen wird diese Arbeit mit einem Fazit und dem Ausblick auf weitere Forschungen.

2 Stand der Forschung - Prozessoptimierung im Krankenhaus

Peter Drucker bezeichnete Krankenhäuser als: „*the most complex human organization ever devised*“ [Wartzman 2009]. Dieser Eindruck spiegelt sich an der großen Anzahl von Forschungsarbeiten zum Thema Prozessoptimierungen in Krankenhäusern wider. Die erste Pionierarbeit zum Finden von guten Bestellstrategien von Patienten in Arztpraxen und Kliniken wurde von [Welch 1964] veröffentlicht. Seitdem wurden nahezu alle Methoden des Operations Research zur Lösung von Problemstellungen rund um die Krankenhausplanung eingesetzt. Einen ersten Einblick über die beforschten Problemstellungen und die eingesetzten Methoden liefern [Fries 1976], [Page 1982], [Shuman et al. 1974] und [Köhler et al. 1977]. Vergleicht man die klassischen Problemstellungen wie die Suche nach der idealen Bestellstrategie [Welch 1964] oder die Planung von Personal [Trivedi 1981], [Rothstein 1973] mit modernen Ansätzen wie Patientenplanung mit Hilfe von genetischen Algorithmen [Villa et al. 2009], oder Patientensteuerung mit agentenbasierten Verfahren [Paulussen et al. 2006], wird deutlich, dass die primären Zielsetzungen von besserer medizinischer Versorgung, Kostenminimierung und kürzeren Verweildauern der Patienten [Sumer 1982, 115] zwar noch die gleichen sind, aber zunehmend an der Entwicklung integrierter Lösungen gearbeitet wird. Studien zeigen, dass schlechtes Management von Patientenflüssen zu längeren Verweildauern, Engpässen und geringen Ressourcenauslastungen führt. Die Planung wichtiger Ressourcen wie OPs und Betten muss zentralisiert werden. Dadurch kann eine Ressourcenverteilung zwischen den verschiedenen organisatorischen Einheiten eines Krankenhauses realisiert werden [Villa et al. 2009, 160f]. Nennenswerte Leistungsverbesserungen können nur durch eine vollständige Überarbeitung klinischer Kernprozesse geschehen. „Mit Abstand die größte Hebelwirkung verspricht die Etablierung patientenzentrierter Behandlungsabläufe.“ [Salfeld et al. 2009, 49]. Diese Behandlungsabläufe, oder klinische Patientenpfade haben sich als integriertes Managementkonzept für verschiedene Krankheitsbilder bewährt. Eine einheitliche Begriffsdefinition wurde bisher nicht gefunden. Je nach Problemschwerpunkt fallen die Definitionen unterschiedlich aus. Eine Übersicht dazu liefert [Bartz 2006, 37ff]. In dieser Arbeit werden Patientenpfade in Anlehnung an [Roeder/Küttner 2006, 684ff] als multidisziplinärer Plan, der festlegt, welche Behandlungsstationen ein Patient von Aufnahme bis Entlassung durchläuft, verstanden.

In dieser Arbeit dient das Konzept der Patientenpfade zur Formulierung eines gemischt- ganzzahligen linearen Optimierungsmodells zur Lösung des Patientensteuerungsproblems, also der Fragestellung welcher Patient wann welche Behandlung erhalten sollte. Als konzeptionelle Grundlage dient das Modell zur Patientensteuerung von [Schlüchtermann 1990, 171–174].

3 Strukturelle Eigenschaften von Patientenpfaden

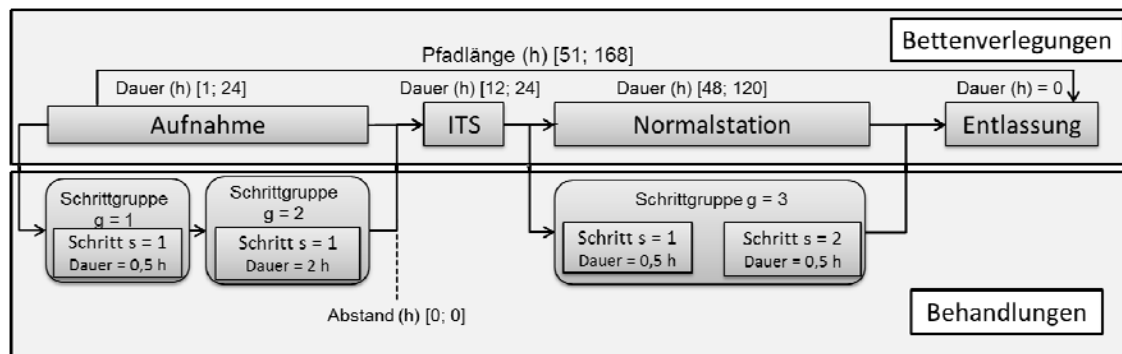


Abbildung 2 – Struktur eines Patientenpfades

Abbildung 1 zeigt exemplarisch die allgemeine Struktur eines auf die Planung ausgerichteten Patientenpfades. Die Struktur beschreibt einen idealen Behandlungsverlauf für eine Krankheit mit allen nötigen Untersuchungen, Operationen und therapeutischen Maßnahmen.

Ein Pfad besteht aus zwei inhaltlichen Ebenen, die miteinander koordiniert werden müssen. In der Ebene der Bettenverlegungen befindet sich eine definierte Folge von Verlegungen in Betten, die ein Patient während seiner Behandlung durchlaufen muss. Die erste Verlegung entspricht der Aufnahme in die Klinik, die letzte der Entlassung. Die Zeit, die der Patient in einem Bett verbringt, liegt zwischen gegebenen Grenzen. Während des gesamten Klinikaufenthalts muss dem Patienten zu jedem Zeitpunkt ein Bett zugewiesen sein. Die Entlassung wird als Punktereignis, ohne Dauer interpretiert. Ab diesem Zeitpunkt endet der Pfad und das belegte Bett steht wieder zur Verfügung.

Auf der Ebene der Behandlungen sind die einzelnen Behandlungsschritte zu finden. Diese werden in Schrittgruppen eingeteilt. Die Schrittgruppen besitzen eine feste vom Pfad vorgegebene Reihenfolge. Zeitliche Mindest- und Maximalabstände können zwischen Gruppen untereinander und Verlegungen und Gruppen gegeben sein. Im Beispiel in Abbildung 1 ist dargestellt, dass nach Schrittgruppe 2 unmittelbar die Verlegung auf die Intensivstation erfolgen muss.

Durch eine Zuordnung der Schrittgruppen zu den Verlegungen wird die Betten- mit der Behandlungsebene verbunden. Dadurch wird erreicht, dass Behandlungen nur dann durchgeführt werden können, wenn sich der Patient auf der entsprechenden Station bzw. an der entsprechenden Stelle im Behandlungspfad befindet. Im obigen Beispiel darf Schrittgruppe 3 nur während des Aufenthalts auf der Normalstation durchgeführt werden.

Da in der Praxis eine Vielzahl von Untersuchungen in beliebiger Reihenfolge durchgeführt werden können, muss auch diese Möglichkeit in die Struktur des Patientenpfades eingehen. Alle Schritte innerhalb einer Schrittgruppe besitzen die Eigenschaft in beliebiger Reihenfolge stattfinden zu können. Im obigen Beispiel trifft dies für alle Behandlungs-

schritte in der Schrittgruppe 3 zu. Zwischen Behandlungsschritten einer Schrittgruppe können ebenfalls zeitliche Mindest- und Maximalabstände auftreten.

Die Pfadlänge erstreckt sich von Beginn der Aufnahme, bis zum Ende der Entlassung. Die minimale und maximale Pfadlänge werden durch die der Krankheit zugeordneten DRG bestimmt.

4 Modell zur Zeitplanung für Patientenpfade

Im Folgenden wird ein gemischt ganzzahliges Modell zur Planung von Patientenpfaden mit einer wie in Kapitel 3 beschriebenen Struktur vorgestellt. In Anlehnung an [Schlüchtermann 1990, 170] werden die Start- und Endzeitpunkte der Verlegungs- und Behandlungsschritte als kontinuierliche Variablen modelliert.

Zur Modellierung der Zeitplanung von Patientenpfaden werden eine Vielzahl von Mengen, Parametern und Variablen benötigt. Um die Lesbarkeit zu erhöhen werden an dieser Stelle die allgemeinen für jede Problemstellung benötigten Mengen und Parameter definiert. Die für eine bestimmte Problemstellung benötigten Modellierungskonzepte werden in den einzelnen Unterkapiteln eingeführt.

Zur Modellierung benötigt wird die Menge aller Patienten P , sowie der Anfang T^S und das Ende des Planungshorizontes T^E . Die Menge aller Ressourcen R setzt sich zusammen aus der Menge aller Räume der Normalstationen R^N , der Menge aller Räume auf Intensivstationen R^{Int} und der Menge aller Behandlungszimmer R^B . Alle Variablen sind stets ≥ 0 .

4.1 Modellierung der Bettenverlegungen

Verlegungen sind die Schritte in einem Patientenpfad, bei denen der Patient ein neues Bett zugewiesen bekommt (siehe Kapitel 3). Um die Verlegungen abbilden zu können, wird die Menge aller Patienten P und die sortierte Menge aller Verlegungen V_p jedes Patienten benötigt. Weiterhin wird die Menge aller Räume R , die sich aus der Menge aller Räume auf Normalstationen R^N und der Menge aller Räume auf Intensivstationen R^{Int} zusammensetzt, benötigt. Die Menge aller für eine Verlegung v zulässigen Betten B_v entspricht allen Betten, die sich in einem für die Verlegung zulässigen Raum R_v befinden.

Die variable Dauer, die jeder Patient in einem Bett verbringt, ergibt sich aus der Differenz vom Verlassen und Beziehen des Bettes:

$$bed_dur_{pvb} = bed_out_{pvb} - bed_in_{pvb} \quad \forall p \in P, v \in V_p, b \in B_v \quad (1)$$

Durch die binäre Variable $yBed_{pvb}$ sowie die folgende Formel wird sichergestellt, dass nur genau ein Bett pro Verlegung ausgewählt wird:

$$\sum_{b \in B_v} yBed_{pvb} = 1 \quad \forall p \in P, v \in V_p \quad (2)$$

Zusammen mit Formel (1), der Forderung $bed_dur_{pvb} \geq 0$ und der Formel (3) wird erreicht, dass bed_in_{pvb} , bed_out_{pvb} und bed_dur_{pvb} nur für belegte Betten ≥ 0 werden können. Alle anderen sind gleich 0.

$$bed_out_{pvb} \leq T^E * yBed_{pvb} \quad \forall p \in P, v \in V_p, b \in B_v \quad (3)$$

Um sicherzustellen, dass die Dauer, die ein Patient in einem Bett verbringt nicht die vom Pfad gegebenen Mindest- und Maximallänge verletzt, werden folgende Nebenbedingungen benötigt:

$$bed_dur_{pvb} \leq bed_dur_max_{pv} * yBed_{pvb} \quad \forall p \in P, v \in V_p, b \in B_v \quad (4.1)$$

$$bed_dur_{pvb} \geq bed_dur_min_{pv} * yBed_{pvb} \quad \forall p \in P, v \in V_p, b \in B_v \quad (4.2)$$

Da gemischte Zimmer auf Normalstationen für eine praktikable Lösung nicht in Frage kommen, muss die binäre Hilfsvariable $yGender_{rppv'v'}$ für jeden Raum und jede Patientenverlegungskombination (pv und $p'v'$) zwischen Patienten mit unterschiedlichem Geschlecht eingeführt werden. Mit Hilfe dieser Variable und der Aufteilung der Patienten in männliche (P^M) und weiblichen (P^F), können die folgenden Nebenbedingungen formuliert werden:

$$bed_out_{pvb} \leq bed_in_{p'v'} + T^E * (1 - yGender_{rppv'v'}) \quad \forall p \in P^M, p' \in P^F, v \in V_p, v' \in V_{p'}, r \in R^N, b \in B_{vr} \cup B_{v'r} \quad (5.1)$$

$$\sum_{p \in P^M} \sum_{p' \in P^F} \sum_{v \in V_p} \sum_{v' \in V_{p'}} yGender_{rppv'v'} = 1 \quad \forall r \in R_v^N \cup R_{v'}^N \quad (5.2)$$

Die folgende Nebenbedingung stellt sicher, dass jedem stationärem Patienten bis zur Entlassung (der letzten Verlegung v_n) zu jedem Zeitpunkt ein Bett zugewiesen ist:

$$\sum_{b \in B} bed_out_{pvb} = \sum_{b \in B_v} bed_in_{pv+1b} \quad \forall p \in P, v \in V_p \{v_n\} \quad (6)$$

Weiterhin muss sichergestellt werden, dass sich Verlegungen verschiedener Patienten nicht überschneiden. Dazu wird die binäre Variable $yBedOrder_{ppv'v'b}$ eingeführt. Diese wird 1, wenn die Verlegung v eines Patient p vor der Verlegung v' eines anderen Patienten p' im Bett b stattfindet. Folgende beiden Nebenbedingungen gewährleisten Überschneidungsfreiheit der Verlegungen:

$$bed_out_{pvb} \leq bed_in_{p'v'b} + T^E * (1 - yBedOrder_{ppv'v'b}) \quad \forall p, p' \in P: p \neq p', v \in V_p, v' \in V_{p'}, b \in B_v \quad (7.1)$$

$$yBedOrder_{ppv'v'b} + yBedOrder_{p'v'pvb} = 1 \quad \forall p, p' \in P: p \neq p', v \in V_p, v' \in V_{p'}, b \in B_v \quad (7.2)$$

4.2 Modellierung der Behandlungsebene

In diesem Abschnitt wird die Modellierung der Schrittgruppen und Behandlungsschritte der Behandlungsebene (siehe Kapitel 3) beschrieben. Zuerst wird auf allgemeine Prinzipien der Modellierung eingegangen. Anschließend wird die Modellierung von Behandlungsschrittgruppen mit vom Patientenpfad festgelegter Reihenfolge beschrieben. Anschließend wird auf die Modellierung von Behandlungsschritten mit beliebiger Reihenfolge eingegangen.

Die Variable s_begin_{pgsr} gibt an, wann der Behandlungsschritt s des Patienten p auf der Ressource $r \in R_S^B$ beginnt. Der Index g stellt dabei ein künstliches Konstrukt zur Gruppierung der Behandlungsschritte in die Menge SG_p dar. Mit Hilfe dieses Index können Behandlungsschritte mit und ohne Reihenfolge voneinander unterschieden werden. Alle Schritte, deren Reihenfolge beliebig ist, sind demselben Gruppenindex g zugeordnet.

Die Ressourcen auf denen die einzelnen Behandlungen durchgeführt werden, haben im Gegensatz zu den Betten für die Verlegungen Öffnungszeiten, in denen diese zur Ver-

fügung stehen. Es wird angenommen, dass alle für eine Behandlung nötigen Mittel während der Öffnungszeiten vorhanden sind. Da die einzelnen Ressourcen im Planungszeitraum mehr als ein Öffnungszeitenintervall besitzen können, bezeichnet I_R die Menge aller Öffnungszeitenintervalle der Ressource r . Die Intervalle sind chronologisch nummeriert. Mit Hilfe der binären Hilfsvariable $yInterval_{pgsri}$ und der folgenden Formel wird sichergestellt, dass jeder Behandlungsschritt in genau einem Öffnungszeitenintervall liegt:

$$\sum_{i \in I_r} yInterval_{pgsri} = 1 \quad \forall p \in P, g \in SG_p, s \in S_g, r \in R_s^B \quad (8)$$

Da wie in der Praxis üblich einmal begonnene Behandlungen in den Überstunden beendet werden, genügt eine Nebenbedingung, die sicherstellt, dass alle Behandlungen innerhalb der Öffnungszeiten ot_{ri} beginnen.

$$s_begin_{pgsr} \geq ot_{ri} * yInterval_{pgsri} \quad \forall p \in P, g \in SG_p, s \in S_g, r \in R_s^B, i \in I_r \quad (9)$$

Sind für einen Behandlungsschritt mehrere Ressourcen verfügbar, muss sichergestellt werden, dass genau eine dieser Ressourcen ausgewählt wird. Dies geschieht mit der binären Hilfsvariable $yRes_{pgsr}$, die angibt welcher Schritt s welches Patienten p auf welcher Ressource r ausgeführt wird und der folgenden Nebenbedingung:

$$\sum_{r \in R_s^B} yRes_{pgsr} = 1 \quad \forall p \in P, g \in SG_p, s \in S_g \quad (10)$$

Im Gegensatz zu den Verlegungen wird für die Behandlungsschritte eine feste vorgegebene Dauer s_dur_{pgsr} angenommen. Dadurch muss der Abstand zwischen dem Anfang s_begin_{pgsr} und dem Ende s_end_{pgsr} eines Schrittes genau seiner Dauer entsprechen, wenn der Schritt auf dieser Ressource durchgeführt wird. Folgende Nebenbedingung stellt dies sicher:

$$s_end_{pgsr} - s_begin_{pgsr} = s_dur_{pgsr} * yRes_{pgsr} \quad \forall p \in P, g \in SG_p, s \in S_g, r \in R_s^B \quad (11)$$

Die Gesamtkapazität einer Ressource in einem Öffnungszeiten-Intervall (kap_{ri}) entspricht der Differenz zwischen Anfang ot_{ri} und Ende ct_{ri} der Öffnungszeiten. Die binäre Variable $yKapUse_{ri}$ wird 1, wenn die Ressource r im Intervall i verwendet wird. Die folgende Nebenbedingung stellt sicher, dass die Dauer aller Behandlungsschritte in einem Intervall einer Ressource maximal so viel beträgt, wie Gesamtkapazität vorhanden ist.

$$kap_{ri} * yKapUse_{ri} \geq \sum_{p \in P} \sum_{g \in SG_p} \sum_{s \in S_g} s_dur_{pgsr} * yInterval_{pgsri} \\ \forall r \in R_s^B, i \in I_{Rr} \quad (12)$$

Damit sich die Behandlungen der einzelnen Patienten nicht überschneiden, wird Binärvariable $yOverlap_{pgsp'g's'r}$ eingeführt. Diese wird 1, wenn die Behandlung s der Schrittgruppe g eines Patienten p vor der Behandlung s' der Schrittgruppe g' eines anderen Patienten p' stattfindet. Die folgenden Nebenbedingungen stellen sicher, dass die Behandlung eines Patienten nur nach der Behandlung eines anderen Patienten stattfinden kann:

$$s_end_{pgsr} \leq s_begin_{pgs'r'} + T^E * (1 - yOverlap_{pgsp'g's'r})$$

$$\forall p, p' \in P: p! = p', g \in SG_p, s \in S_g, g' \in SG_{p'}, s' \in S_{g'}, r \in R_s^B \quad (13.1)$$

$$yOverlap_{pgsp'g's'r} + yOverlap_{p'g's'pgsr} = 1$$

$$\forall p, p' \in P: p! = p', g \in SG_p, s \in S_g, g' \in SG_{p'}, s' \in S_{g'}, r \in R_s^B \quad (13.2)$$

4.2.1 Nebenbedingungen für Schrittgruppen mit gegebene Reihenfolge

Um Schritte mit fester Reihenfolge abbilden zu können, wurden die Schrittgruppen SG_p eines Patienten p eingeführt. Diese symbolisieren die Reihenfolgen der Behandlungsschritte eines Patientenpfades (siehe Kapitel 3). Die Ordnung einer Schrittgruppe reicht von 1 bis u . Der Anfang einer Gruppe $s_group_begin_{pg}$ wird durch den kleinsten Startzeitpunkt der Schritte in einer Gruppe s_begin_{pgsr} bestimmt. In Anlehnung an die Modellierungstechniken aus [Suhl/Mellouli 2006, 104f] ergeben sich dazu folgende Nebenbedingungen:

$$s_begin_{pgsr} \geq s_group_begin_{pg} \forall p \in P, g \in SG_p, s \in S_g, r \in R_s^B \quad (14.1)$$

$$s_begin_{pgsr} \leq s_group_begin_{pg} + T^E * (1 - ySBegin_{pgsr})$$

$$\forall p \in P, g \in SG_p, s \in S_g, r \in R_s^B \quad (14.2)$$

$$\sum_{s \in S_g} \sum_{r \in R_s^B} ySBegin_{pgsr} = 1 \forall p \in P, g \in SG_p \quad (14.3)$$

Für das Ende einer Gruppe $s_group_end_{pg}$ von Behandlungsschritten ergibt sich mit derselben Modellierungstechnik analog:

$$s_end_{pgsr} \leq s_group_end_{pg} \forall p \in P, g \in SG_p, s \in S_g, r \in R_s^B \quad (15.1)$$

$$s_end_{pgsr} \geq s_group_end_{pg} + T^E * (1 - ySEND_{pgsr})$$

$$\forall p \in P, g \in SG_p, s \in S_g, r \in R_s^B \quad (15.2)$$

$$\sum_{s \in S_g} \sum_{r \in R_s^B} ySEND_{pgsr} = 1 \forall p \in P, g \in SG_p \quad (15.3)$$

Mit dem Wissen wann eine Schrittgruppe anfängt bzw. endet kann nun die Modellierung der Reihenfolgen in Anlehnung an [Schlüchtermann 1990, 171] erfolgen. Die folgende Nebenbedingung wurde um die Möglichkeit eines Mindestabstandes min_dist_{pg} zwischen den Gruppen erweitert.

$$s_group_end_{pg} \leq s_group_begin_{pg+1} - min_dist_{pg+1} \forall p \in P, g \in SG_p \setminus \{g_u\}, s \in S_g, r \in R_s^B \quad (16)$$

Falls ein Maximalabstand max_dist_{pg} zwischen zwei Gruppen existiert, muss der Anfang der nachfolgenden Gruppe eingeschränkt werden:

$$s_group_begin_{pg+1} \leq s_group_end_{pg} + max_dist_{pg+1} \forall p \in P, g \in SG_p \setminus \{g_u\}, s \in S_g, r \in R_s^B \quad (17)$$

4.2.2 Nebenbedingungen für Behandlungsschritte mit variabler Reihenfolge

Behandlungsschritte mit beliebiger Reihenfolge sind alle derselben Schrittgruppe SG_p zugewiesen (siehe Kapitel 3). In der Lösung des Modells muss eine der möglichen Reihenfolgen ausgewählt werden. Dies wird durch die binäre Hilfsvariable $yOrder_{pgss'}$ erreicht. Diese wird 1, wenn der Schritt s einer Gruppe g eines Patienten p vor einem andren Schritt s' derselben Gruppe durchgeführt wird. Folgende Nebenbedingung stellt sicher, dass genau eine mögliche Reihenfolge gewählt wird:

$$yOrder_{pgss'} + yOrder_{pgs's} = 1 \forall p \in P, g \in SG_p, s, s' \in S_g: s \neq s' \quad (18)$$

Ist eine Reihenfolge ausgewählt, so muss sichergestellt werden, dass sich die Schritte nicht überschneiden. Weiterhin müssen mögliche Mindest- ($\mathit{min_dist}_{pgss'}$) und Maximalabstände ($\mathit{max_dist}_{pgss'}$) zwischen den Schritten s und s' beachtet werden:

$$s_end_{pgsr} + \mathit{min_dist}_{pgss'} \leq s_begin_{pgs'r'} + T^E * (1 - yOrder_{pgss'})$$

$$\forall p \in P, g \in SG_g, r \in R_s^B, r' \in R_{s'}^B, s, s' \in S_g: s \neq s' \quad (19.1)$$

$$s_end_{pgsr} + \mathit{max_dist}_{pgss'} \geq s_begin_{pgs'r'} + T^E * (1 - yOrder_{pgss'})$$

$$\forall p \in P, g \in SG_g, r \in R_s^B, r' \in R_{s'}^B, s, s' \in S_g: s \neq s' \quad (19.2)$$

4.3 Verbindung zwischen Bettenverlegung- und Behandlungsebene

Um sicherzugehen, dass Behandlungen nur dann eingeplant werden, wenn sich der Patient auf der richtigen Station befindet, müssen die Behandlungsschritte mit den Verlegungen gekoppelt werden (siehe Kapitel 3). Der Parameter map_{pgv} wird 1, für einen Patienten p wenn die Behandlungsschrittgruppe g mit der Verlegung v gekoppelt ist. Inhaltlich bedeutet dies, dass alle Schritte dieser Gruppen zwischen dem Zeitpunkt des Beziehen und des Verlassens des Bettes der Verlegung stattfinden müssen. Für diese Fälle muss gelten:

$$s_group_begin_{pg} \geq \mathit{bed_in}_{pvb} - T^E * (1 - y\mathit{Bed}_{pvb}) \forall p \in P, g \in SG_g, s \in S_g, v \in V_p, b \in B_v: \mathit{map}_{pgv} = 1 \quad (20.1)$$

$$s_group_end_{pg} \leq \mathit{bed_out}_{pvb} - T^E * (1 - y\mathit{Bed}_{pvb}) \forall p \in P, g \in SG_g, s \in S_g, v \in V_p, b \in B_v \quad (20.2)$$

Sollte der Patientenpfad vorsehen, dass die Verlegung unmittelbar vor bzw. nach der Behandlungsschrittgruppe stattfindet muss, so sind für diese Fälle folgende Nebenbedingungen zu ergänzen.

$$s_group_begin_{pg} = \mathit{bed_out}_{pvb} \forall p \in P, g \in SG_g, s \in S_g, v \in V_p, b \in B_v \quad (21.1)$$

$$s_group_end_{pg} = \mathit{bed_in}_{pvb} \forall p \in P, g \in SG_g, s \in S_g, v \in V_p, b \in B_v \quad (21.2)$$

4.4 Modellierung der Zielfunktion

Wie u.a. in [Sumer 1982, 115] und [Paulussen et al. 2006, 255ff] gefordert, besteht das Ziel der Patientenplanung primär in der Minimierung der Verweildauer eines Patienten. Da eine Minimierung der durchschnittlichen Verweildauer zu einer unfairen Verteilung von Wartezeit führen kann, wird die Minimierung der maximalen Abweichung der Mindestverweildauer als ein Zielkriterium gewählt.

Um dies zu erreichen, muss die minimale Verweildauer für jeden Patientenpfad $\mathit{minStayTime}_p$ bestimmt werden. Diese ergibt sich aus dem Maximum der Summe der Behandlungsdauern sowie der Mindestabstände der Behandlungen und der Summe der Mindestdauern der Verlegungen.

Die tatsächliche Dauer der Behandlung ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Endzeitpunkt des letzten (last_p) und dem Anfangszeitpunkt des ersten Schrittes (first_p) des Behandlungspfades. Um diese beiden Variablen mit den Verlegungen und den Behandlungsschritten zu verknüpfen sind folgende Nebenbedingungen nötig:

Zeitplanung für Patientenpfade unter Berücksichtigung von Betten-, Behandlungskapazitäten und Fairness-kriterien

$$s_group_begin_{pg} \geq first_p \forall p \in P, g \in SG_p (22.1)$$

$$bed_in_{pvb} \geq first_p \forall p \in P, v \in V_p, b \in B_v (22.2)$$

$$s_group_end_{pg} \leq last_p \forall p \in P, g \in SG_p (22.3)$$

$$bed_out_{pvb} \leq last_p \forall p \in P, v \in V_p, b \in B_v (22.4)$$

Die Abweichung der Mindestverweildauer eines Patienten $delay_p$ ergibt sich aus:

$$last_p - first_p = minStayTime_p + delay_p \forall p \in P (23)$$

In Anlehnung an die Formulierung für eine min-max-Zielfunktion wie in [Suhl/Mellouli 2006, 104f] beschrieben, wird noch folgende Nebenbedingung benötigt:

$$delay_p \leq OverAllDelay (24)$$

Das sekundäre Ziel der Patientenplanung ist eine möglichst hohe Auslastung der Kapazitäten. Um dieses Ziel zu erreichen, sollten Patienten und Ressourcenverwendungen so früh wie möglich im Planungsintervall eingeplant werden. Um dies zu erreichen wird die Zielfunktion um den Endzeitpunkt des letzten Behandlungsschrittes ($last_p$) und die Nutzung der Ressource im Intervall i erweitert. Je nach Präferenz können die einzelnen Ziele mit den Faktoren d , l und k_i gewichtet werden.

Abschließend ergibt sich die Zielfunktion:

$$z = \min (d * OverAllDelay + l * \sum_{p \in P} last_p + k_i * \sum_{r \in RB} \sum_{i \in IR} yKapUse_{ri}) (25)$$

5 Experimente mit dem Modell

Das Basismodell konnte mit vereinfachten Annahmen für größere Probleminstanzen mit bis zu 64 Patienten und einem Planungszeitraum von 100 Tagen in weniger als zwei Minuten mit Hilfe des Standard-Solvers CLPEX 12.1 auf einem Intel Core 2 Duo CPU mit 2.39 GHz und 3 GB RAM gelöst werden. Erste Tests des Gesamtmodells wurden mit dem in Abbildung 1 dargestellten Patientenpfad durchgeführt. Jeder Behandlungsschritt besitzt in der Testinstanz vier mögliche Ressourcen. Für die normalen Verlegungen gibt es 23 mögliche Betten. Die Intensivstation besitzt 2 Betten. Die minimale Pfaddauer beträgt 51 h. Anhand kleiner Modelleinstanzen mit 2 – 4 Patienten und einem Planungshorizont von 14 Tagen konnte gezeigt werden, dass das Modell die strukturellen Bedingungen des Patientenpfades sowie die Anforderungen an eine umsetzbare Lösung im Krankenhausalltag einhalten konnte. Die Tests zeigten außerdem, dass die bisherige Formulierung ein stark symmetrisches Modell ergibt, was das Finden einer optimalen Lösung bei zunehmender Modellgröße erschwert. Bei einer starken Gewichtung des Kapazitätszieles (siehe Formel 25) konnte die Symmetrie etwas verringert werden. Dadurch konnten auch für größere Instanzen Lösungen in angemessener Zeit gefunden werden.

Ziel weiterer Forschung wird es sein, die Rechenzeit des Modells durch Vermeidung von Symmetrie, vereinfachten Modellannahmen und besseren Modellierungen auch für praxisrelevante Patientenzahlen auf ein akzeptables Maß zu reduzieren.

6 Fazit und Ausblick

In der Arbeit wurde gezeigt, dass eine Möglichkeit zur Erhöhung der Koordination von Patientenflüssen im Einsatz von interdisziplinären Patientenpfaden besteht. Weiterhin wurde ein Pfadkonzept vorgestellt, das sich für die Patientenplanung eignet. Darauf aufbauend wurde ein gemischt-ganzzahliges lineares Optimierungsmodell vorgestellt, das die Struktur von Patientenpfaden unter der Einhaltung praxisrelevanter Anforderungen abbilden kann. Mit Hilfe von kleinen Modellinstanzen konnte das Modell in ersten Experimenten verifiziert werden.

Schwerpunkt für zukünftige Forschung ist die Validierung des Modells mit Hilfe von Patientenpfaden, Ressourcenprofilen und Patientenzahlen aus der Praxis, sowie das Erforschen von Maßnahmen zur Verringerung der Lösungszeit. Ebenfalls interessant für weitere Untersuchungen sind Modellerweiterungen, durch die das Personal sowie externe Dienstleister in die Planung von Patientenflüssen einbezogen werden. Besonders letzteres hat großes Potential, Zeit und Kosten weiter zu senken, indem die Koordination und Kommunikation zwischen Klinik und Dienstleistern verbessert wird.

Literatur

- Aggarwal, S.C., A focussed review of scheduling in services. *European Journal of Operational Research* 9.2 (1982): 114-121.
- Fries, B. E., *Bibliography of Operations Research in Health-Care Systems*, *Operations Research* 24.5 (1976): pp. 801-814.
- Köhler, C. O., Wagner, G., und Wolber, U. Patient scheduling-(Bibliography), *Methods of Information in Medicine* 16 (1977): 112-115.
- Bartz, M., *Patientenpfade: Ein Instrument zur Prozessoptimierung im Krankenhaus*, Saarbrücken : VDM, Verl. Müller, 2006.
- Page, B., *Methoden der Modellbildung in der Gesundheitssystemforschung*, Berlin [u.a.]: Springer, 1982.
- Paulussen, T. et al., Agent-based Patient Scheduling in Hospitals. *Multiagent Engineering - Theory and Applications in Enterprises*, Hg von. Spaniol Kirn, Herzog, Lockemann, Springer, 2006. 255-275.
- Roeder, N., und Küttner, T., Behandlungspfade im Licht von Kosteneffekten im Rahmen des DRG-Systems, in: *Der Internist* 47 (2006): 684-689. 29 Sep. 2011.
- Rothstein, M., Hospital manpower shift scheduling by mathematical programming, *Health Services Research* 8.1 (1973): 60-66.
- Salfeld, R. et al., *Modernes Krankenhausmanagement: Konzepte und Lösungen*. Springer, 2009.
- Schlüchtermann, J., *Patientensteuerung: am Beispiel der Radiologie eines Krankenhauses*, Bergisch Gladbach [u.a.], 1990.
- Shuman, L.J., Wolfe, H., Dixon Speas Jr., R., The Role of Operations Research in Regional Health Planning, *Operations Research* 22.2 (1974): pp. 234-248.
- Statistisches Bundesamt, *Grunddaten der Krankenhäuser - FS 12 R. 6.1.1 Fachserie 12 Reihe 6.1.1 - 2010*. 22 Nov. 2011.

Zeitplanung für Patientenpfade unter Berücksichtigung von Betten-, Behandlungskapazitäten und Fairness-kriterien

Statistisches Bundesamt, Kostennachweis der Krankenhäuser - FS 12 R. 6.3 Fachserie 12 Reihe 6.3 - 2009. 22 Feb. 2011.

Suhl, Leena, und Taïeb Mellouli. Optimierungssysteme: Modelle, Verfahren, Software, Anwendungen, Springer, 2006.

Trivedi, V.M., A Mixed-Integer Goal Programming Model for Nursing Service Budgetting, Operations Research 29.5 (1981): 1019-1034.

Villa, S., Barbieri, M., Lega, F. Restructuring patient flow logistics around patient care needs: implications and practicalities from three critical cases, Health Care Management Science 12.2 (2009): 155-165.

Wartzman, R., Solving the Health-Care Conundrum, BusinessWeek: Managing 15 Mai 2009. 4 Dez. 2011.

Welch, J. D., Appointment Systems in Hospital Outpatient Departments, OR 15.3 (1964): pp. 224-232.

Automatic Editing Rights Management in Wikipedia

Thomas Wöhner

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Universitätsring 3, 06108 Halle

thomas.woehner@wiwi.uni-halle.de

Abstract: The free online encyclopedia Wikipedia is one of the most successful collaborative web projects. It is based on an open editing model, which allows everyone to edit the articles directly in the web browser. As a result of the open concept, undesirable contributions like vandalism cannot be ruled out. These contributions reduce the article quality temporarily, consume system resources and cause effort for correcting. To address these problems, this paper introduces an approach for automatic editing rights management in Wikipedia that assigns editing rights according to the reputation of the author and the quality of the article to be edited. The analysis shows that this approach reduces undesirable contributions significantly while valuable contributions are nearly unaffected.

1 Introduction

The free online encyclopedia Wikipedia is one of the most successful and famous collaborative web projects. It consists of more than 17 million encyclopedic articles in more than 270 languages overall [Wikipedia 2011]. The main characteristic of Wikipedia is the wiki concept, which allows everyone to edit the articles directly in the web browser [Cunningham/Leuf 2001]. Contributions are published without any control [Wikipedia 2011]. On the one hand, this open editing model attracts many voluntary web users who maintain and update the content of Wikipedia. On the other hand, undesirable edits like vandalism or spam cannot be ruled out [Denning et al. 2005]. Such edits harm Wikipedia in different ways: firstly, the article quality is reduced temporarily, secondly, system resources are consumed unnecessarily and thirdly, effort for correcting the articles is required. To avoid undesirable edits, Wikipedia administrators are able to ban malicious users or protect frequently vandalized articles from editing. However, these methods do not prevent undesirable edits effectively. A detailed analysis of the editing process in Wikipedia shows that about one third of the contributions in Wikipedia is short-lived and therefore can be judged as undesirable.

For that reason, many scientific papers have addressed problems with the quality of Wikipedia's content over the past few years. Some of these publications are involved in automatic detection of vandalism in Wikipedia (e.g. [Potthast et al. 2008], [Priedhorsky et al. 2007], [Smets et al. 2008], [Viégas et al. 2004]) These approaches can be used by Wikipedia bots to revert vandalism automatically. Further publications focus on the development of metrics for an automatic quality assessment to improve the quality transparency in Wikipedia (e.g. [Blumenstock 2008], [Dondio/Barrett 2007], [Lih 2004], [Lim 2006], [Wöhner/Peters 2009], [Zeng et al 2006]). [Javanmardi et al. 2010], [Adler et al. 2007] as well as [Wöhner et al. 2011] analyze approaches for an automatic reputation assessment in order to evaluate the editing behavior of Wikipedia authors. However, the main focus of currently known approaches is the detection and the revision of vandalized articles, but they are not suitable to prevent undesirable edits.

Therefore, in this paper, a models for an automatic editing rights management (ERM) to prevent undesirable contributions is introduced. The editing rights are assigned according to the reputation of authors and the quality of articles to be edited. The approach is evaluated by means of a simulation on the basis of the Wikipedia dataset.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 introduces the formal notation that is used to model Wikipedia and describes an approach to detect undesirable contributions. Section 3 provides the models for ERM and Section 4 evaluates this approach. The evaluation includes a description of the evaluation method and a discussion of the results. Finally, Section 5 presents a conclusion of the findings and shortly discusses the future work.

2 Transient and Persistent Contributions

In this paper undesirable contributions to Wikipedia articles are identified by a new approach that is based on the discrimination between persistent and transient contributions. This approach has been already discussed in a previous study in more detail [Wöhner et al. 2011]. Persistent contributions outlast a significant period of time Δt without being reverted. Therefore, it can be assumed that these contributions are accepted by the Wikipedia Community and improve the article quality. In contrast, transient contributions are rejected by the Community within the same period of time Δt . Hence, the contributions can be assessed as undesirable and do not contribute to the advancement of Wikipedia. Since contributions such as vandalism or spam are generally reverted within a very short period of time (three minutes) [Viégas et al. 2004], these edits are captured by the transient contributions.

The calculation method for persistent and transient contributions is exemplified in Figure 1.

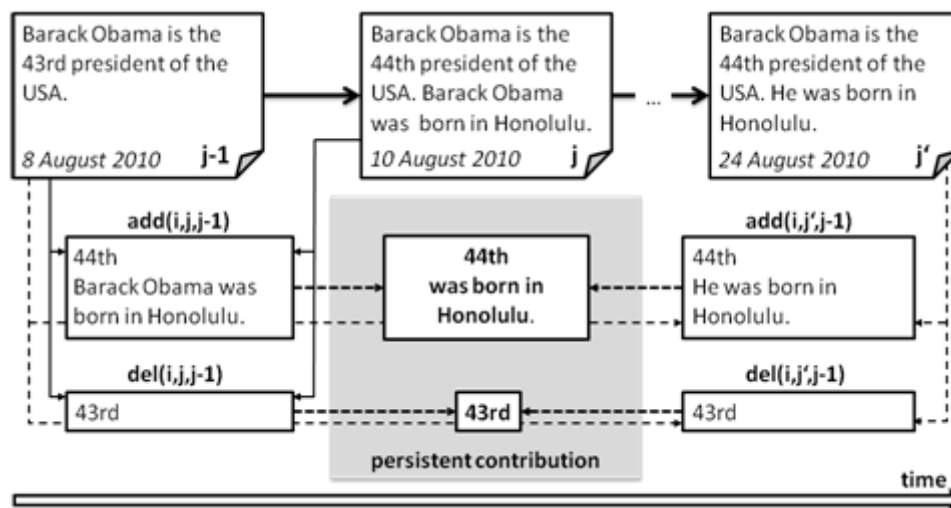


Figure 1: Determination of persistent contributions

The computation is based on different text comparisons. In order to calculate text differences the common Hunt and McIlroy algorithm [Hunt/McIlroy 1975] is used on word level. In this context a word denotes the sequence of characters between two whitespaces. At first, for a given version j of article i both the deleted text $del(i,j,j-1)$ and the added text $add(i,j,j-1)$ in comparison to the predecessor version $j-1$ is calculated. Subsequently, the difference texts $del(i,j',j-1)$ and $add(i,j',j-1)$ are determined,

where j' is the most recent successor that exists after the time interval Δt . These two difference texts describe the modification of the article within Δt .

Afterwards, the common texts between $add(i,j,j-1)$ and $add(i,j',j-1)$ as well as between $del(i,j,j-1)$ and $del(i,j',j-1)$ is determined. This comparison calculates the portion of the contribution which is contained in the total article modifications done within Δt . This portion is classified as persistent and the remaining portion as transient. The number of characters of the persistent contribution is referred to as $pers(i,j)$, while $trans(i,j)$ denotes the number of characters of the transient contribution. The efficiency $eff(i,j)$ describes the percentage of persistently changed characters in version j of article i .

In the experiments the time interval Δt of two weeks is used. An empirical analysis described in a previous publication shows that the time interval of two weeks is the most suitable one [Wöhner et al. 2011].

3 Editing Rights Management

The goal of ERM is to decide automatically whether or not a given author is permitted to edit a given article. The intention is to block transient contributions while persistent contributions are permitted. However, both sub-goals cannot be simultaneously achieved perfectly, since most of the edits in Wikipedia comprise persistent as well as transient contributions. A tradeoff between blocked transient contributions and permitted persistent contributions can be achieved by parameterizing the ERM. The suggested approach for ERM combines two models: the reputation based ERM and the quality based ERM. Both models are deduced from findings of previous studies ([Wöhner/Peters 2009] and [Wöhner et al. 2011])

3.1 Reputation based Editing Rights Management

Reputation based ERM assigns editing rights based on the reputation of the author. Hence, according to the knowledge about the author's reputation it can be distinguished between the informed reputation based ERM and the uninformed reputation based ERM.

3.1.1 Informed Reputation based Editing Rights Management

The informed reputation based ERM is employed for all authors who have already contributed to Wikipedia before and thus their reputation can be assessed by means of their previous edits. A significant metric for reputation assessment is the average efficiency avg_a^{eff} of the contributions done by the given author a [Wöhner et al. 2011]. Therefore, within the informed reputation based ERM an author a is blocked if avg_a^{eff} is less than a given threshold efficiency eff^e . The parameter eff^e defines the strictness of the ERM and determines the relation between the permitted persistent contributions and the blocked transient contributions.

3.1.2 Uninformed Reputation based Editing Rights Management

Numerous edits in Wikipedia are performed by authors whose reputation is unknown. This includes anonymous edits as well as the first edits of registered users. For these contributions, the editing rights are deduced from the number of characters to be deleted $|del(i,j)|$ and the number of characters to be added $|add(i,j)|$.

Rules for the uninformed reputation based ERM can be identified by using machine learning algorithms on the basis of edits with an already known efficiency. In this work, the rule-based classification algorithm Repeated Incremental Pruning to Produce Error Reduction (RIPPER) [Cohen 1995] is applied to classify low-efficient ($eff < eff^t$) and high-efficient edits ($eff \geq eff^t$). In this way, typical patterns of $|del(i,j)|$ and $|add(i,j)|$ of low efficient edits are identified. Based on these patterns the editing rights are assigned.

However, the obtained rules depend on the defined strictness of the ERM (eff^t) and cannot be defined generally.

3.2 Quality based Editing Rights Management

An isolated use of the reputation based ERM results in a very strict assignment of editing rights, since authors whose first edit is of low efficiency are excluded from further contributions. To overcome this problem the reputation based ERM is combined with the quality based ERM. The quality based ERM defines editing rights with respect to the quality of the article. While low-quality articles can be edited without any restrictions, the editing rights for high-quality articles are assigned by means of the reputation based ERM.

The advantage of this approach is that low-reputation authors can improve their reputation by contributing to low-quality articles. In that case, potential undesirable edits cause only less harm since the articles are already of low quality. Furthermore, a previous study shows that with increasing maturity and quality of articles, transient contributions become more frequent since the acceptance for new contributions within the Wikipedia community declines [Wöhner/Peters 2009]. Hence, the editing rights for this relevant part of Wikipedia are controlled by the quality based ERM.

A previous study on quality assessment shows that the sum of the persistent contributions sum^{pers}_i of a given article i is a suitable quality indicator [Wöhner/Peters 2009] that can be used for ERM. Thus, using the quality based ERM, an article i can be edited without restrictions if sum^{pers}_i is less than a given threshold $sum^{\tau, pers}_i$; otherwise the editing rights are assigned by the reputation based ERM.

Figure 2 summarizes the complete set of rules that combines the quality based and the reputation based ERM.

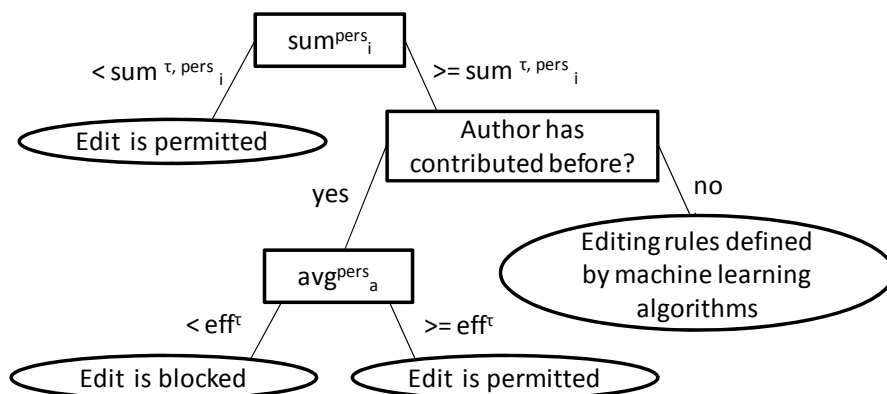


Figure 2: Decision tree for ERM

4 Evaluation

In this section, the evaluation method is described first and subsequently the results of the evaluation of the described approach for ERM are discussed.

4.1 Evaluation Method

The proposed ERM has been evaluated by means of a simulation on the basis of the data of the German Wikipedia from *21st January 2008*. To reduce the complexity of the simulation a small representative data sample of Wikipedia has been selected. The complete E-Business category including all sub-categories has been chosen. This data sample contains 258 articles and 22,040 article versions in total. 9,610 edits are performed by anonymous users; the remaining edits are done by 2,889 registered users. Since a complete category is used, it can be assumed that articles are edited by a quite closed user community so that the number of authors with unknown reputation is reduced.

The evaluation is performed in several steps. Firstly, for all article versions i, j of the data sample $pers(i, j)$ and $trans(i, j)$ is calculated as described above. Subsequently, the development of the articles within the data sample is simulated under the assumption that ERM is employed. For this purpose, all article versions are sorted by the creation date and it is decided sequentially whether or not a given edit is permitted according to the ERM. While doing so, the respective average efficiency of the authors avg^{pers}_a and the sum of the persistent contributions of the articles sum^{pers}_i is calculated continuously to determine both the current author reputation and the article quality. This calculation does not consider edits that were blocked by the ERM. According to the amount of the permitted persistent contribution sum^{pers} and the permitted transient contribution sum^{trans} within the simulation the effectiveness of the ERM can be assessed.

For the evaluation the ERM is parametrized with the aim to block edits with an efficiency $eff(i, j)$ of less than 50%. The remaining edits should be permitted. Accordingly, the threshold efficiency is defined as $eff^f = 0.5$.

The computation of the rule set for the uninformed reputation based ERM should not be based on the same data sample that is used for the evaluation of the ERM. Otherwise, there is the risk of overfitting. Therefore, the total available dataset is used to randomly select 10,000 edits of low efficiency and 10,000 edits of high efficiency done by anonymous authors or registered users performing their first edit. The classification rules obtained by the RIPPER algorithm, presented in Table 1, are applied for the uninformed reputation based ERM.

	Condition	Decision
1	$ del(i, j) < 10 \ \& \ add(i, j) > 13$	Blocking
2	$ del(i, j) > 481 \ \& \ add(i, j) < 305$	Blocking
3	Else	Permitting

Table 2: Rules for uninformed reputation based ERM

Within the quality based ERM, a threshold quality of $sum^{\tau, pers}_i = 5,000$ is used for each article. This parameter has been determined experimentally as follows: the simulation described above is rerun, *ceteris paribus*; and sum^{pers}_i is increased by 500 in each run,

starting at $sum_i^{\tau,pers} = 500$ to $sum_i^{\tau,pers} = 50,000$. We obtained the maximum difference of sum^{trans} and sum^{pers} at $sum_i^{\tau,pers} = 5,000$.

In a practical implementation in Wikipedia this parameter would be defined in advance and could be estimated on the basis of past experience. Another more precise option is to apply a user driven approach. Thus, for example, administrators could decide for each article separately when it should be controlled by ERM. However, such an approach can be evaluated in the live system of Wikipedia only.

4.2 Results and Discussion

Table 2 presents the results of the simulation and compares the original development of the articles in Wikipedia with the development applying ERM.

	Original	ERM
sum^{pers}	6,250,896	5,475,196 (87.6%)
sum^{trans}	3,288,820	999,828 (30.3%)

Table 3: Persistent and transient contributions using ERM

The analysis shows that the ERM effectively prevents undesirable edits. 70% of the transient contribution is prevented, whereas only 13% of the persistent contribution is blocked. The results indicate that articles evolve in a similar way applying ERM, whereas undesirable edits are reduced considerably and therefore the damage for Wikipedia is limited.

Table 3 illustrates the accuracy of the ERM and shows how low efficient and high efficient edits are assessed by the ERM. In total, 77% of the edits are assessed correctly by the ERM. Especially high efficient edits are predicted correctly. The true positive rate amounts to 88.3%. In contrast, the weakness of the suggested ERM is the prediction of low efficient edits, since 63.8% are permitted falsely (false positive rate).

	Blocked	Permitted
Low efficient	1,719	3,032
High efficient	2,027	15,262

Table 4: Accuracy of ERM

However, a detailed analysis shows that especially short contributions with an efficiency of just under 50% are misclassified. Large contributions with a particularly low efficiency are classified correctly with a higher probability. Thus, 311 of the 471 edits that consist of more than 500 characters and having an efficiency of less than 20% are blocked correctly.

In the final analysis, the efficiency of blocked and permitted edits is compared. The average efficiency differs clearly. While blocked edits have an average efficiency of about 54.4%, the efficiency of permitted edits amounts to 83.1% averagely. This evaluation finally proves the effectiveness of the provided approach for ERM.

5 Conclusion

This paper first introduced two models for an automatic editing rights management in order to restrict undesirable edits in Wikipedia. The reputation based editing rights management assigns editing rights depending on the author's reputation which is assessed by the average efficiency of his previous contributions. The quality based editing rights management restricts the editing of high quality articles whereas low quality articles can be edited without any control. In this context, the quality of articles is assessed by the sum of persistent contributions to the article.

The proposed approach for editing rights management is evaluated by means of a simulation based on the dataset of Wikipedia. The evaluation shows the effectiveness of the approach for ERM; 70% of the transient undesirable contributions are blocked, whereas only 13% of the persistent valuable contributions are rejected falsely.

For future work, the proposed approach will be integrated into the MediaWiki Software used by Wikipedia. Using this software prototype, the effectiveness of the approach will be validated and the set of rules will be adjusted experimentally.

References

- Adler, B.T. and Alfaro, L. A Content-Driven Reputation System for the Wikipedia, In Proc. WWW 2007, ACM Press (2007), 261-270.
- Blumenstock, J.E. Size Matters: Word Count as a Measure of Quality on Wikipedia. In Proc. WWW 2008, ACM Press, 2008, 1095-1096.
- Cohen, W. Fast Effective Rule Induction. In Proc. ICML, 1995, 115-123.
- Cunningham, W. and Leuf, B., The Wiki Way. Quick Collaboration on the Web, 2001, Addison-Wesley, Boston.
- Denning, P., Horning, J., Parnas, D. and Weinstein, L., Wikipedia risks", Communications of the ACM, (48:12), 2005, pp. 152-152.
- Dondio, P. and Barrett, S., Computational Trust in Web Content Quality: A Comparative Evaluation on the Wikipedia Project, Informatica – An International Journal of Computing and Informatics, 2007 (31:2), pp.151-160.
- Hunt, J. and McIlroy, M. An algorithm for differential file comparison. Computer Science Technical Report, 41, Bell Laboratories, 1975.
- Javanmardi, S., Lopes, C. and Baldi, P. Modeling User Reputation in Wikipedia. Journal of Statistical Analysis and Data Mining, 3, 2, 2010, 126-139.
- Lih, A. Wikipedia as participatory journalism: Reliable sources? Metrics for evaluating collaborative media as a news resource, in Proceedings of the 5th International Symposium on Online Journalism, Austin, TX, 2004.
- Lim, E.P., Vuong, B.Q., Lauw, H.W. and Sun, A., Measuring Qualities of Articles Contributed by Online Communities, in Proceedings of the 2006 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, Liu and B. Wah (eds.), Washington, DC, 2006, pp. 81-87.
- Potthast, M., Stein, B. and Gerling, R., Automatic Vandalism Detection in Wikipedia, in Proceedings of the Advances in Information Retrieval - 30th European Con-

- ference on IR Research, C. Macdonald, I. Ounis, V. Plachouras, I. Rutheven and Ryan White (eds.), 2008, pp. 663-668.
- Priedhorsky, R., Chen, J., Lam, S.K., Panciera, K., Terveen, L. and Riedl, J., "Creating, Destroying, and Restoring Value in Wikipedia", in Proceedings of the 2007 international ACM conference on Supporting group work, T. Gross and K. Inkpen (eds.), New York, NY, 2007, pp. 259-268.
- Smets, K., Goethals, B. and Verdonk, B., "Automatic Vandalism Detection in Wikipedia: Towards a Machine Learning Approach", in Proceedings of the AAAI Workshop, Wikipedia and Artificial Intelligence: An Evolving Synergy, R. Bunescu, E. Gabrilovich and R. Mihalcea (eds.), 2008, pp. 43-48.
- Viégas, F., Wattenberg, M. and Dave, K. Studying cooperation and conflict between authors with history flow visualizations. In Proc. CHI 2004, ACM Press, 2004, 575-582.
- Wikipedia (eds.), Wikipedia: About. <http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:About>.
- Wöhner, T. and Peters, R. X, Assessing the quality of Wikipedia articles with lifecycle based metrics. In Proc. WikiSym 2009, ACM Press, 2009.
- Wöhner, T., Köhler, S., Peters, R., Automatic Reputation Assessment in Wikipedia. International Conference on Information Systems 2011, Shanghai, China, 2011
- Zeng, H., Alhoussaini, M., Ding, L., Fikes R. and McGuinness, D., Computing trust from revision history, in Proceedings of the 2006 International Conference on Privacy, Security and Trust, New York, NY, 2006.

Konzeption eines Auswahlverfahrens zur Datenanalyse im Einzelhandel am Beispiel einer Einkaufsverhaltensanalyse im Lebensmitteleinzelhandel

Daniela Lohaus

Technische Universität Bergakademie Freiberg, Lessingstraße 45, 09599 Freiberg

daniela_lohaus@web.de

Abstract: Das veränderte Einkaufsverhalten von Einzelhandelskunden führt zu notwendigen Anpassungen von Knowledge-Discovery-in-Databases-(KDD)-Projekten. Aufgrund der mangelnden Ausrichtung von Theorie und Praxis auf die aktuellen Entwicklungen im Einzelhandel soll die Untersuchung dazu beitragen, Methoden zur Einkaufsverhaltensanalyse zu identifizieren, welche die effiziente und effektive Durchführung des KDD-Projekts gewährleisten. Dazu werden Methoden eingegrenzt und theoriegeleitet Parameter zur kontextspezifischen Methodenauswahl identifiziert. Anschließend sollen die Parameter in ein Auswahlverfahren einfließen welches empirisch evaluiert wird.

1 Problemstellung und Relevanz des Themas

Die Datenanalyse hat im Einzelhandel in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen. Diese Entwicklung ist aufgrund der Vereinfachung der Analyse durch eingesetzte Technologien wie Radio Frequency Identification (RFID) oder Barcodescanner beschleunigt worden. Doch obwohl Datenanalysemethoden in Handelsunternehmen genutzt werden, beschränkt sich deren Anwendungsbereich hauptsächlich auf die Angebotsoptimierung (z.B. Warenkorb- und Sortimentsverbundanalysen, vgl. [Meyer 2001, 573], [Schnedlitz et al. 2001, 951ff.]). Außerdem dienen aufgrund der Dominanz von Scannertechnologien fast ausschließlich unternehmensinterne Kundendaten als genutzte Datenbasis [Michels 2001, 936ff.]. Angesichts der gegenwärtigen Entwicklungen des Einkaufsverhaltens im wettbewerbsintensivierten deutschen Einzelhandel [Garcke et al. 2009, 111], [Zentes/Rittinger 2009, 155] reicht aber die einfache Anwendung traditioneller Analyseverfahren ohne deren neuerliche Evaluation im Kontext zunehmender und neuer Datenquellen als auch erweiterter betriebswirtschaftlicher Anwendungsfelder nicht mehr aus. Die Wissensgenerierung wird für ein erfolgreiches Management notwendiger. Insbesondere im Fokus der genannten betriebswirtschaftlichen Anforderung zeigt sich, dass Kunden früher eine hohe Bindung zu einer einzelnen Einkaufsstätte aufwiesen und nun die Mehrheit regelmäßig mehrere Einkaufsstätten des gleichen Betriebstyps (*Intratypen-competition*) sowie unterschiedliche Betriebstypen (*Intertypen-competition*) nutzt [Bustos-Reyes/González-Benito 2008, 1015-1025], [Gijbrecchts/Campo 2008, 5ff.], [Hansen 2003, 35]. Durch unterschiedliche Einkaufsstättenkombinationen entstehen komplexere Einkaufsverhaltensmuster, die eine einfache Übernahme traditioneller Knowledge-Discovery-in-Databases-(KDD)-Vorgehensweisen, die als Status-quo angesehen werden, nicht mehr zulassen. So müssen vor dem Hintergrund der Einzelhandelsentwicklungen die Datenanalysemethoden auf Ihre Eignung hin neu bewertet werden, um adäquater Ergebnisse des KDD-Projekts zu gewährleisten. Ziel des Forschungsprojektes ist es, ausgehend vom Forschungsstand zu Ein-

kaufverhaltensmustern und deren Analyse im Rahmen des KDD, auf Basis einer theoretisch fundierten Parameterableitung ein Verfahren zur Methodenauswahl für die Einkaufsverhaltensmusteranalyse im Einzelhandel zu konzipieren und zu evaluieren, um anschließend Managementimplikationen abzuleiten.

Um KDD-Projekte zur Einkaufsverhaltensanalyse effizient und effektiv durchführen zu können, ist die Evaluation geeigneter Methoden zur Analyse des komplexer werdenden Einkaufsverhaltens in sich wandelnden Umgebungen erforderlich. Dies muss unter Berücksichtigung des Marktumfeldes und daher speziell unter Berücksichtigung der kundenseitigen Nutzung verschiedener, unternehmensübergreifender Einkaufsstätten sowie der Heterogenität der Kundengruppen geschehen. Diese Entwicklungen blieben bisher jedoch unberücksichtigt. Zudem sind kontextspezifische interne und externe Einflussfaktoren für die Methodenwahl zu berücksichtigen. So haben beispielsweise die Umfeldfaktoren des Einzelhandelsunternehmens einen Einfluss auf die Datenstruktur, weshalb diese für die Methodenwahl stärker Berücksichtigung finden müssen. Defizite bisheriger Vorgehensweisen aufgreifend soll das vorliegende Forschungsprojekt der Einzelhandelspraxis ein valides Verfahren zur Methodenauswahl zur Verfügung stellen, welches die Effizienz und Effektivität von Datenanalyseprojekten gewährleistet. Zudem soll durch eine Bestandsaufnahme der Einkaufsverhaltensmusteranalyse und einer theoretischen Fundierung der relevanten Parameter im Rahmen der Methodenauswahl zur wissenschaftlichen Diskussion beigetragen werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes sollen daher aufbauend auf einer Charakterisierung des Status Quo im Einzelhandel sowie der Data-Mining-Methoden im Rahmen von KDD-Projekten zunächst geeignete Methoden und Algorithmen zur Analyse von Einkaufsverhaltensmustern von Einzelhandelskunden literaturbasiert eingegrenzt werden. Die zentrale Aufgabe ist, ein valides Verfahren zur Methodenauswahl für Einkaufsverhaltensanalysen von Einzelhandelsunternehmen zu konzipieren, welches auf der theoretisch-deduktiven Herleitung geeigneter Parameter beruht. Die erarbeiteten Parameter sowie das Auswahlverfahren sollen durch eine empirische Untersuchung im Lebensmitteleinzelhandel evaluiert werden. Daran anknüpfend sollen Implikationen für die Durchführung von KDD-Projekten in der Handelspraxis abgeleitet werden.

2 Stand der Forschung zur Einkaufsstättenwahlanalyse

Die Einflussgrößen der kundenseitigen Einkaufsstättenwahl wurden hinlänglich untersucht [Beck 2004, 24ff.], die Einkaufsstätten dabei jedoch weitestgehend isoliert betrachtet. Nur wenige Arbeiten liefern betriebstypenspezifische Erkenntnisse [González-Benito 2001, 63ff.], [Bhatnagar/Ratchford 2004, 39ff.], [Carpenter/Moore 2006, 448]. Zudem wurden die Gründe eines Einkaufsstättenwechselverhaltens in der wissenschaftlichen Diskussion meist in der Suche nach Sonderangeboten (*Cherry picking*) gesehen [Fox/Hoch 2005, 46], [Gijsbrechts/Campo 2008, 5ff.]. Mehrkanalsysteme wurden eher aus Anbieterperspektive betrachtet [Schramm-Klein 2003]. Problemrelevante Erkenntnisse zum Loyalitätsverhalten von Einzelhandelskunden sind gering und widersprüchlich. In Bezug auf Einkaufsverhaltensmuster im Sinne der kundenseitigen regelmäßigen, systematischen Nutzung verschiedener Einkaufsstätten und Betriebstypen ist daher ein konzeptionelles Defizit zu verzeichnen [Gijsbrechts/Campo 2008, 5ff.]. Aufgrund der jüngsten Entwicklungen im Einzelhandel und des daraus resultierenden Forschungsdefizits bezüglich der Beschreibung und Erklärung von Einkaufsverhaltensmustern ist ebenso die Forschung bezüglich der zu verwendenden Methoden für

diese neue Problemstellung begrenzt. So werden in der Literatur versch. Data-Mining-Methoden, wie bspw. Clusteranalysen, Assoziationsanalysen und künstliche neuronale Netze, diskutiert. In Bezug auf die Klassifizierung und Segmentierung wird in den einschlägigen Quellen fast durchgängig auf Entscheidungsbäume, Diskriminanzanalysen oder Clusteranalysen verwiesen [Chamoni et al. 2010, 330ff.], [Runkler 2010, 85ff.]. Wird explizit der Anwendungsbereich des Einzelhandels betrachtet, erweist sich das Literaturfeld als begrenzter [Meyer 2001, 563], [Michels 2001, 945]. Zwar werden versch. Methoden angewendet, der Fokus liegt jedoch auf der Angebotsoptimierung, d.h. auf der Sortiments- und Warenkorbanalyse [Michels 2001, 933ff.], [Schnedlitz et al. 2001, 951ff.]. Mit einer Kundensegmentierung auf Basis des Einkaufsverhaltens befasst sich eine deutlich geringere Anzahl von Arbeiten. Insbesondere die Nutzung von Data-Mining-Methoden für die Analyse des einkaufsstättenübergreifenden und somit des unternehmensübergreifenden Einkaufsverhaltens der Einzelhandelskunden kann als Forschungsdefizit identifiziert werden [Jauschowitz 1995, 52ff.]. Dies liegt darin begründet, dass zur Analyse i.d.R. Scanner-Daten herangezogen werden und so maximal mehrere Filialen eines Unternehmens berücksichtigt werden (vgl. z.B. [Boztug/Hildebrandt 2001, 807f.], [Gossens 2000, 163], [Saathoff 2000, 121], [Schwarz 2000, 101]). Primärerhebungen in Form von Befragungen werden fast ausschließlich durch Wirtschaftsverbände, Institute o.Ä. durchgeführt [Jauschowitz 1995, 54-56]. Ein Rückschluss auf das gesamte Einkaufsverhalten eines Kunden unter Berücksichtigung aller aufgesuchten Einkaufsstätten lässt das bisherige Vorgehen nicht zu. Es mangelt an Erkenntnissen, wie geeignete Methoden und speziell Algorithmen zur Analyse kontextspezifisch auszuwählen sind. So bietet die bestehende Literatur allg. Hinweise (bspw. Skalierungsanforderungen), welche Parameter einen bestimmten Algorithmus begünstigen (z.B. [Backhaus et al. 2003, 4-14], [Brosius 2006, 643 ff.], [Schendera 2004, 570 ff.], [Schendera 2010, 1ff.]). Eine kontextspezifische Betrachtung der Eignung der Algorithmen in Abhängigkeit von den Umfeldfaktoren im Einzelhandel bleibt dabei aus. Ferner mangelt es an einem praxistauglichen, die Parameter einbeziehenden Verfahren zur Methodenauswahl, das für ein KDD-Projekt im Einzelfall genutzt werden kann.

3 Data-Mining-Methoden zur Analyse von Einkaufsverhaltensmustern

In der Literatur existiert eine Vielzahl von Ansätzen zu Definition des *Data Mining* sowie des *Knowledge Discovery in Databases*. Im Rahmen dieser Untersuchung wird unter Data Mining ein Ansatz zur Datenanalyse verstanden, der darauf ausgerichtet ist, Beziehungsmuster in der zugrunde liegenden Datenbasis zu ermitteln und durch logische oder mathematische Beschreibungen abzubilden. Knowledge Discovery in Databases wird dagegen als gesamter Prozess der Wissensentdeckung, der beispielsweise auch die Auswahl und Aufbereitung der Daten, die Festlegung von Analyseverfahren sowie die Wissensableitung umfasst, verstanden [Düsing 2010, 282f.]. Die Methoden des Data Mining lassen sich auf fünf Aufgabengebiete eingrenzen (in Anlehnung an [Fayyad et al. 1996, 12ff.], [Lusti 2002, 262]):

- **Klassifizierung, als Einordnung in Klassen** (Diskriminanzanalyse, Logistische Regression, KNN/überwachtes Lernen, Entscheidungsbäume)
- **Segmentierung, als Klassenbildung** (hierarchische Clusteranalyse, partitionierende Clusteranalyse, Multidimensionale Skalierung, KNN/unüberwachtes Lernen)
- **Vorhersage** (Regression, KNN/überwachtes Lernen, Entscheidungsbäume)

- **Abhängigkeiten/Zusammenhangsstrukturen** (Assoziation, Kontingenzanalyse, Sequenzanalyse, Pfadanalysen, explorative Faktorenanalyse, Korrespondenzanalyse)

Da es bei der Analyse von Einkaufsverhaltensmustern um die Charakterisierung verschiedener Kundensegmente geht, sind Methoden geeignet, die Gruppen von Fällen bzw. Segmente beschreiben können. So können grundsätzlich Algorithmen aus den Bereichen Klassifizierung und Segmentierung zur Identifizierung von Einkaufsverhaltensmustern als geeignet angesehen werden. Im Rahmen der Klassifizierung werden Gruppenzugehörigkeiten sowie -unterschiede auf Basis vordefinierter Klassen analysiert, d.h. die Fälle werden vorgegebenen Klassen zugeordnet und die Klassen können anhand weiterer Variablen charakterisiert werden [Bankhofer 2004, 396ff.]. Unter Segmentierung wird die Bildung von Gruppen aufgrund von Objektähnlichkeiten verstanden, d.h. die Methode erlaubt eine Clusterbildung und Clustercharakterisierung [Bankhofer 2004, 396ff.]. Die Vorhersage unterscheidet sich von der Klassifikation durch die kontinuierlichen abhängigen Variablen, weshalb die mit diskreten Variablen arbeitende Klassifizierung der Vorhersage vorzuziehen ist [Lusti 2002, 261f.]. Die Klassifizierung und die Segmentierung fassen jeweils eine Reihe weiterer Methoden und Algorithmen zusammen. Die Untersuchung wird aufgrund der Praxisnähe, der Anzahl der abhängigen Variablen sowie des Fokus auf die Charakterisierung von Kundengruppen auf die gängigen Algorithmen der Bereiche Clusteranalyse und Diskriminanz-

Algorit.	Clusteranalyse	Diskriminanzanalyse
	<ul style="list-style-type: none"> - hierarchisch (Single Linkage, Complete Linkage, Average Linkage, Centroid, Median, Ward) - partionierend (k-Means) 	<ul style="list-style-type: none"> - Fishers lineare Diskriminante
Ziele und Voraussetzungen	strukturentdeckend	strukturprüfend
	Segmentierung von Elementen	Klassifizierung von Elementen
	Bündelung von homogenen Objekten zu möglichst heterogenen Gruppen	Analyse von Gruppenunterschieden vordefinierter Klassen
	Beschreibungsproblem	Prognoseproblem
	Interdependenzanalyse	Dependenzanalyse
	Höchst mögliche Offenheit bezüglich des Ergebnisses	Überprüfung und Weiterentwicklung vorhandenen Wissens
Ziele und Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> - Es kann nur die Anzahl der Cluster vorgegeben werden (k-Means), nicht aber die Definition der Segmente - Anwendung möglich, trotz fehlende Kenntnisse über die Segmente 	<ul style="list-style-type: none"> - Klassen (abhängige Variable) müssen vorab definiert werden - Kenntnisse über die Klassen notwendig
	<ul style="list-style-type: none"> - Aufgrund vieler alternativer Vorgehensweisen methodisch anspruchsvoll (Clusteranzahl bei k-Means,...) - adäquate Interpretation notwendig 	adäquate Interpretation notwendig
Markt und Daten	Variablen metrisch oder nominal	<ul style="list-style-type: none"> - Unabhängige Variablen metrisch - Abhängige Variablen nominal
	Möglichkeit des Umgangs mit hoher Komplexität (insbesondere k-Means) <ul style="list-style-type: none"> - hohe Anzahl von Fällen - hohe Anzahl von Clustern - hohe Anzahl von Variablen 	<ul style="list-style-type: none"> - Geringe Komplexität mit überschaubaren Erklärungs- und Beschreibungsvariablen - Wenige zueinander heterogene und in sich homogene Klassen

Tabelle 1: Gegenüberstellung der betrachteten Methoden

analyse reduziert. Tabelle 1 zeigt die zentralen Unterschiede dieser Methoden. Grundsätzlich unterscheiden sich die zwei Methoden hinsichtlich der zur Durchführung der Analyse notwendigen Voraussetzungen, der Zielsetzungen sowie der Charakteristika der zu erhebenden Daten in Abhängigkeit vom Marktumfeld. Daraus lassen sich erste Schlüsse für die Ableitung der Entscheidungsparameter zur kontextspezifischen Algorithmuswahl ziehen. Zunächst sind Parameter aufgrund kontextspezifischer Ziele und Voraussetzungen abzuleiten. So können beispielsweise unternehmensseitige Ziele und erfüllbare Voraussetzungen in Bezug auf das durchzuführende KDD-Projekt aufgrund des projektbezogenen aktuellen Informationsstandes, des Informationsbedarfs sowie der verfügbaren Ressourcen variieren.

Zudem sind Entscheidungsparameter aufgrund des Marktumfeldes und der damit verbundenen Datenstruktur abzuleiten. Unter Datenstruktur wird die Methode, Daten zu organisieren und abzuspeichern verstanden [Cormen et al. 2001, 9]. Insbesondere das Skalenniveau ist hier mit einzubeziehen, welches aufgrund der Art der Erhebung oder des sich aus dem Marktumfeld abzuleitenden Informationsbedarfs variieren kann. Wird eine Sekundäranalyse durchgeführt kann nur begrenzter Einfluss auf das Skalenniveau genommen werden. So können zwar Variablen mit höherem Skalenniveau in ein niedrigeres Skalenniveau transformiert werden, umgekehrt ist dies allerdings nicht möglich. Werden beispielsweise Informationen über die Motivstruktur der Kunden angestrebt, so ist eine metrische Skalierung sinnvoll. Wenn die metrisch skalierten Variablen als abhängige Variable in die Diskriminanzanalyse eingehen sollen, können diese zu nominal skalierten Variablen transformiert werden. Liegen umgekehrt nominal skalierte, unabhängige Variablen vor, muss die Diskriminanzanalyse als Methode ausgeschlossen werden. Weiterhin ist die Datenstruktur bezüglich ihres Komplexitätsgrades zu betrachten, der insbesondere im Hinblick auf die abzubildenden Marktcharakteristika variiert. Der Komplexitätsgrad erhöht sich mit dem Heterogenitätsgrad der zu untersuchenden Gruppen bzw. Kundensegmente, welcher durch die Anzahl der Beschreibungsmerkmale zum Ausdruck kommt. Eine hohe Anzahl zu gruppierende Erklärungsvariablen führt zu einer Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten und damit zu einer Vielzahl an Gruppen und einem hohen Komplexitätsgrad.

4 Theoretische Grundlagen und Entscheidungsparameter zur Methodenauswahl

Aufgrund der bisher auf bestimmte Anwendungsgebiete begrenzten Nutzung von Data-Mining-Methoden fehlt es Handelsunternehmen an Erfahrung bezüglich der Methodenauswahl zur unternehmensübergreifenden Einkaufsverhaltensanalyse. Um die Aufgabe der Einkaufsverhaltensanalyse so zu bewältigen, dass die erzielten Ergebnisse tatsächlich zu einer Leistungsverbesserung führen, ist die Wahl der richtigen Technologie bzw. des richtigen Algorithmus jedoch unerlässlich. So offenbart die durch [Goodhue 1995] entwickelte Task-Technology-Fit-Theorie eine erhöhte Technologienutzung sowie eine verbesserte Performance eines Mitarbeiters in Abhängigkeit dazu, ob die Charakteristika der zu erfüllenden Aufgaben und die Charakteristika der Technologie zusammenpassen (siehe Abbildung 1, [Goodhue/Thompson 1995, 213ff.], später wurde das Modell von [Zigurs/Buckland 1998, 313ff.], [Zigurs et al. 1999, 34ff.] auf die Performance einer Gruppe übertragen und nachgewiesen). Das Zusammenspiel von Aufgaben- und Technologiecharakteristika wird durch den *Task-Technology-Fit* beschrieben [Goodhue/Thompson 1995, 213ff.]. Im Detail wird unter *Task-Technology-Fit* der

Grad, indem eine Technologie einen Nutzer bei der Erfüllung seiner Aufgaben unterstützt, verstanden. Es geht demnach um die Übereinstimmung von Aufgabenanforderungen, individuellen Fähigkeiten sowie der Funktionalität der Technologie [Goodhue/Thompson 1995, 216-218]. Gemessen wird dieser durch acht Faktoren: Datenqualität, Dateninterpretierbarkeit, Befugnisse bzgl. des Datenzugangs, Datenkompatibilität, Bedienungsfreundlichkeit, Aktualität/Pünktlichkeit, Glaubwürdigkeit und Beziehung der Anwender zur Technologie [Goodhue/Thompson 1995, 221ff.].



Abbildung 3: Modell der Task-Technology-Fit-Theorie

Die dargestellten Faktoren des Task-Technology-Fit zeigen bereits mögliche Ansatzpunkte für die Parameterableitung im Rahmen der Algorithmuswahl auf. So müssen insbesondere die **Datenkompatibilität**, die **mitarbeiterseitige Interpretation bzw. der Umgang mit den Ergebnissen** sowie die **Anwenderbeziehung zur Technologie im Sinne eines Vertrauens in die durch die Technologie erzielten Ergebnisse** im Rahmen der Parameterableitung vertieft werden.

Den geeignetsten Algorithmus im Vorfeld identifizieren zu können, ist notwendig, um den Erfolg eines Datenanalyseprojektes zu gewährleisten. Um die Parameter für eine erfolgreiche Algorithmuswahl und dementsprechend erfolgreiches KDD-Projekt analysieren zu können, muss das Konstrukt *Erfolg* beleuchtet werden. [Basten et al. 2010, 47 f] bewerten Projekte in ihrem Beitrag zur Messung des Information-System-(IS)-Projekterfolges anhand der Effizienz und Effektivität. Die Effizienz wird als betriebswirtschaftlich erfolgreicher Prozess definiert, der in Bezug auf den Ressourcenverzehr und die Leistungserstellung optimal ist. Die Effektivität wird anhand der Zielerreichung eines Produktes der mit dem Zweck seiner Erstellung verbundenen Erwartungen bewertet [Basten et al. 2010, 47f]. Für die vorliegende Problemstellung lässt sich festhalten, dass die Wahl eines geeigneten Algorithmus notwendig ist, um die Effektivität und Effizienz und somit den Erfolg des KDD-Projektes zu gewährleisten. Verwendet ein Unternehmen einen inadäquaten Algorithmus, so ist die Ergebnisqualität (**Effektivität**) gefährdet und Datenanalyseprojekte können nicht wirtschaftlich durchgeführt werden, da durch Rückkopplungen im Rahmen des Data-Mining-Prozesses übermäßig viele personelle sowie materielle Ressourcen verbraucht werden (**Effizienz**).

[Basten et al. 2010, 52ff] entwickeln das beschriebene konzeptionelle Modell weiter und beschreiben drei Dimensionen des IS-Projekterfolges: Prozesseffizienz, Kundenzufriedenheit als Maß für die Effektivität und Mitarbeiterzufriedenheit als Einflussgröße der Prozessqualität. DeLone und McLean entwerfen ein IS Success Model, welches als Basis für eine Reihe von Arbeiten zum IS-Erfolg dient [Urbach/Müller 2012, 1ff] (z.B. [Ivari 2005], [Jennex et al. 1998], [Hwang/McLean 1996]). So sind die Anwenderzufriedenheit sowie die Informationssystemnutzung zentrale Konstrukte, welche die individuelle und daran anknüpfend die organisationale Performance beeinflussen (vgl. Abbildung 2, [DeLone/McLean 2003, 9ff], [DeLone/McLean 1992, 60ff]).

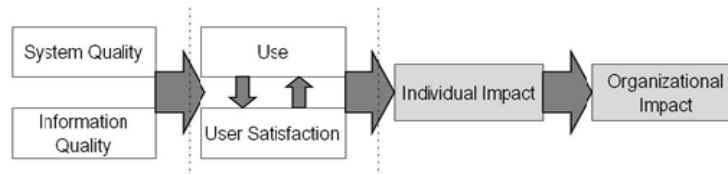


Abbildung 4: IS Success Model

Die Performanceverbesserung wird nicht durch eine gute Qualität des Informationssystems alleine erreicht, sondern der Nutzen kann sich erst durch die Zufriedenheit und Nutzung des Anwenders entfalten. Die Anwenderzufriedenheit ist also ein zentrales Konstrukt, um den Erfolg von Informationssystemen zu überprüfen [Urbach/Müller 2012, 7], (empirische Nachweise durch [Basten et al. 2011], [Basten et al. 2010], [Joosten et al. 2011]). Zudem hat die Anwendereinstellung Einfluss auf den Projekterfolg [Schoeneberg 2011, 161]. Dazu kann die Einstellung bzw. Prozesszufriedenheit des durchführenden Mitarbeiters als zentrales Erfolgskriterium angesehen werden. [Schoeneberg 2011, 96ff] weist den Einfluss der positiven Einstellung des Projektmitarbeiters auf die Anwendereinstellung nach.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich für die Parameterableitung eine zentrale Bedeutung des Konstrukts Zufriedenheit festhalten. So ist bei der Durchführung des KDD-Projektes zunächst die Zufriedenheit bzw. Einstellung des durchführenden Mitarbeiters bedeutsam, um gute Analyseergebnisse zu erzielen. Weiterhin ist die Zufriedenheit des Anwenders eine mit einzubeziehende Größe, da sich der Nutzen der Analyseergebnisse erst durch die Nutzung entfalten kann (vgl. Abbildung 3, in Anlehnung an [Basten et al. 2010, 48]).

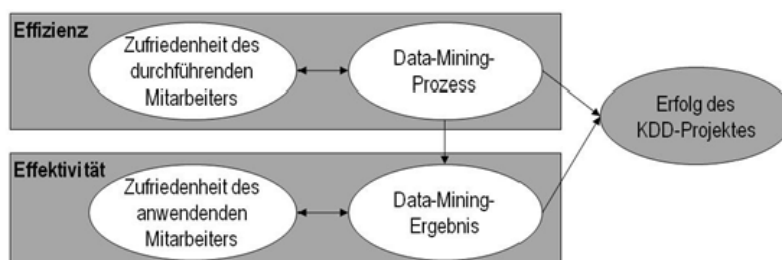


Abbildung 5: Modell des KDD-Projekt-Erfolgs

5 Status Quo und Ausblick

Bisher konnten geeignete Methoden zur Analyse von Einkaufsverhaltensmustern eingegrenzt und deren zentralen Unterschiede herausgearbeitet werden, welche als Anknüpfungspunkte zur Parameterableitung dienen. Die Task-Technology-Fit-Theorie liefert neben der theoretischen Grundlage auch erste Ansatzpunkte zur Parameterableitung. Als zentraler Maßstab zur Bewertung der durch eine gewählte Methode erzielbaren Effizienz und Effektivität eines KDD-Projektes wird die Zufriedenheit der Mitarbeiter in die weitere Analyse möglicher Parameter zur Methodenauswahl einbezogen. Für die konkrete Analyse der Parameter werden weitere theoretische Ansätze betrachtet, die folgende Bereiche umfassen:

- Anreize der Mitarbeiter, Beiträge (im Sinne der notwendigen Vorarbeit zur Definition von Klassen im Rahmen der Diskriminanzanalyse) zu leisten
- Informationsverarbeitungsprozesse (im Rahmen der Ergebnisverwendung)

Konzeption eines Auswahlverfahrens zur Datenanalyse im Einzelhandel am Beispiel einer Einkaufsverhaltensanalyse im Lebensmitteleinzelhandel

- Zusammenspiel von eingesetzter Technologie/Methode und zu erfüllender Aufgabe
- Vertrauen des Mitarbeiters in die Technologie/Methode

Die abgeleiteten Parameter fließen im Anschluss in ein Auswahlmodell ein, welches Einzelhandelsunternehmen zur Methodenauswahl im Rahmen von Einkaufsverhaltensanalysen unter Berücksichtigung interner und externer Umfeldfaktoren befähigen soll. Die Evaluation des Modells und seiner Parameter wird anhand einer empirischen Studie im Kontext des Lebensmitteleinzelhandels durchgeführt.

Literatur

- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R., *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung*, 10. Aufl., Springer, Berlin et al., 2003.
- Bankhofer, U., *Data Mining und seine betriebswirtschaftliche Relevanz*, in: *Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis (BFuP)*, 56 (2004), S. 395-412.
- Basten, D., Joosten, D., Mellis, W., *Preliminary Empirical Steps towards a Situational Model of Information System Project Success*, Completed Research Paper, in: Basten, D.: *Success of Information System Projects - The Role of Adherence to Planning*, Düsseldorf, 2011, S. 131-144.
- Basten, D., Joosten, D., Mellis, W., *Prozess- und Produkterfolg in IS-Entwicklungsprojekten - Die Perspektive der Auftragnehmer*, in: Pietsch, W., Krams, B. (Hrsg.): *Vom Projekt zum Produkt*, 2010, S. 45-60.
- Beck, A., *Die Einkaufsstättenwahl von Konsumenten unter transaktionskostentheoretischen Gesichtspunkten - Theoretische Grundlegung und empirische Überprüfung mittels der Adaptiven Conjoint-Analyse*, Passau, Dissertation, 2004.
- Bhatnagar, A., Ratchford, B., *A model of retail format competition for non-durable goods*, in: *International Journal of Research in Marketing*, 21 (2004), S. 39-59.
- Boztug, Y., Hildebrandt, L., *Die Schätzung von Responsefunktionen mit parametrischen und nichtparametrischen Verfahren über Scannerdaten*, in: Hippner, H., Küsters, U., Meyer, M., Wilde, K. (Hrsg.): *Handbuch Data Mining im Marketing: Knowledge Discovery in Marketing Databases*, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, Wiesbaden, 2001, S. 807-819.
- Brosius, F., *SPSS 14*, mitp, Heidelberg, 2006.
- Bustos-Reyes, C., González-Benito, O., *Store and store format loyalty measures based on budget allocation*, in: *Journal of Business Research*, 61 (2008), S. 1015-1025.
- Carpenter, J., Moore, M., *Consumer demographics, store attributes, and retail format choice in the US grocery market*, in: *International Journal of Retail and Distribution Management*, 34 (2006), S. 434-452.
- Chamoni, P., Beekmann, F., Bley, T., *Ausgewählte Verfahren des Data Mining*, in: Chamoni, P., Gluchowski, P. (Hrsg.): *Analytische Informationssysteme - Business Intelligence-Technologien und -Anwendungen*, 4. Aufl., Springer, Berlin et al., 2010, S. 329-356.

- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R., Stein, C., Algorithmen - Eine Einführung, 2. Aufl., Oldenbourg, München, 2001.
- DeLone, W. H., McLean, E. R., The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update, in: *Journal of Management Information Systems*, 19 (2003), S. 9-30.
- DeLone, W. H., McLean, E. R., Information Systems Success: The Quest for the Dependent Variable, in: *Information Systems Research*, 3 (1992), S. 60-95.
- Düsing, R., Knowledge Discovery in Databases - Begriff, Forschungsgebiet, Prozess und System, in: Chamoni, P., Gluchowski, P. (Hrsg.): *Analytische Informationssysteme - Business Intelligence-Technologien und -Anwendungen*, 4. Aufl., Springer, Berlin et al., 2010, S. 241-262.
- Fayyad, U. M., Piatetsky-Shapiro, G., Smyth, P., From Data Mining to Knowledge Discovery: An Overview, in: Fayyad, U. M., Piatetsky-Shapiro, G., Smyth, P., Uthurusamy, R. (Hrsg.): *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, AAAI Press, The MIT Press, Menlo Park, Cambridge, London, 1996, S. 1-34.
- Fox, E., Hoch, S., Cherry-Picking, in: *Journal of Marketing*, 69 (2005), S. 46-62.
- Garcke, J., Griebel, M., Thess, M., Data-Mining für die Angebotsoptimierung im Handel, in: Grötschel, M., Lucas, K., Mehrmann, V. (Hrsg.), *Produktionsfaktor Mathematik*, Springer, Berlin, 2009, S. 111-113.
- Gijbrecchts, E., Campo, K., Beyond Promotion-Based Store Switching: Antecedents and Patterns of Systematic Multiple-Store Shopping, in: *International Journal of Research in Marketing*, 25 (2008), S. 5-21.
- González-Benito, O., Inter-format spatial competition of Spanish hypermarkets, in: *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 11 (2001), S. 63-81.
- Goodhue, D. L., Understanding User Evaluations of Information Systems, in: *Management Science*, 41 (1995), S. 1827-1844.
- Goodhue, D. L., Thompson, R. L., Task-Technology Fit and Individual Performance, in: *MIS Quarterly*, 19 (1995), S. 213-236.
- Gossens, T., Nutzungsbasierte Kundensegmentierung, in: Alpar, P., Niederreichholz, J. (Hrsg.): *Data Mining im praktischen Einsatz: Verfahren und Anwendungsfälle für Marketing, Vertrieb, Controlling und Kundenunterstützung*, Vieweg & Sohn, Braunschweig, Wiesbaden, 2000, S. 143-180.
- Hansen, T., Intertype competition: speciality food stores competing with supermarkets, in: *Journal of Retailing and Consumer Services*, 10 (2003), S. 35-49.
- Hwang, M., McLean, E. R., The Use of Meta-Analysis in Validating the DeLone and McLean Information Systems Success Model, in: *Proceedings of the 29th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 96)*, 4 (1996), S. 176-180.
- Ivari, J., An Empirical Test of the DeLone-McLean Model of Information System Success, in: *Database for Advances in Information Systems*, 36 (2005), S. 8-27.
- Jauschowitz, D., *Marketing im Lebensmitteleinzelhandel: Industrie und Handel zwischen Kooperation und Konfrontation*, Carl Ueberreuter, Wien, 1995.

- Jennex, M., Olfman, L., Panthawi, P., Park, Y.-T., An Organizational Memory Information Systems Success Model: An Extension of DeLone and McLean's I/S Success Model, in: Proceedings of the 31st Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 98), 1 (1998), S. 109.
- Joosten, D., Basten, D., Mellis, W., Measurement of Information System Project Success in Organizations – What Researchers can Learn from Practice, ECIS 2011 Proceedings, Paper 177, <http://aisel.aisnet.org/ecis2011/177>.
- Lusti, M., Data Warehousing und Data Mining: Eine Einführung in entscheidungsunterstützende Systeme, 2. Aufl., Springer, Berlin et al., 2002.
- Meyer, M., Data Mining im Marketing: Einordnung und Überblick, in: Hippner, H., Küsters, U., Meyer, M., Wilde, K. (Hrsg.): Handbuch Data Mining im Marketing: Knowledge Discovery in Marketing Databases, Vieweg & Sohn, Braunschweig, Wiesbaden, 2001, S. 563-588.
- Michels, E., Data Mining Analysen im Handel - konkrete Einsatzmöglichkeiten und Erfolgspotenziale, in: Hippner, H., Küsters, U., Meyer, M., Wilde, K. (Hrsg.): Handbuch Data Mining im Marketing: Knowledge Discovery in Marketing Databases, Vieweg & Sohn, Braunschweig, Wiesbaden, 2001, S. 933-950.
- Runkler, T. A., Data Mining: Methoden und Algorithmen intelligenter Datenanalyse, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2010.
- Saathoff, I., Kundensegmentierung aufgrund von Kassensbons - eine kombinierte Analyse mit Neuronalen Netzen und Clustering, in: Alpar, P., Niederreichholz, J. (Hrsg.): Data Mining im praktischen Einsatz: Verfahren und Anwendungsfälle für Marketing, Vertrieb, Controlling und Kundenunterstützung, Vieweg & Sohn, Braunschweig, Wiesbaden, 2000, S. 119-141.
- Schendera, C., Datenmanagement und Datenanalyse mit dem SAS-System, Oldenburg, München, 2004.
- Schendera, C., Clusteranalyse mit SPSS, Oldenburg, München, 2010.
- Schnedlitz, P., Reutterer, T., Joos, W., Data-Mining und Sortimentsverbandsanalyse im Einzelhandel, in: Hippner, H., Küsters, U., Meyer, M., Wilde, K. (Hrsg.): Handbuch Data Mining im Marketing: Knowledge Discovery in Marketing Databases, Vieweg & Sohn, Braunschweig, Wiesbaden, 2001, S. 951-970.
- Schoeneberg, K.-P., Kritische Erfolgsfaktoren von IT-Projekten - Eine empirische Analyse von ERP-Implementierungen am Beispiel der Mineralölbranche, Hampp, München, Mering 2011.
- Schramm-Klein, H., Multi-Channel-Retailing - Verhaltenswissenschaftliche Analyse der Wirkung von Mehrkanalsystemen im Handel, DUV, Wiesbaden, 2003.
- Schwarz, P., Verbundkäufe in Warenkorbdaten, in: Alpar, P., Niederreichholz, J. (Hrsg.): Data Mining im praktischen Einsatz: Verfahren und Anwendungsfälle für Marketing, Vertrieb, Controlling und Kundenunterstützung, Vieweg & Sohn, Braunschweig, Wiesbaden, 2000, S. 99-118.
- Urbach, N., Müller, B., The Updated DeLone and McLean Model of Information Systems Success, in: Dwivedi, Y. K., Wade, M. R., Schneberger, S. L. (Hrsg.): In-

formation Systems Theory: Explaining and Predicting Our Digital Society, Volume 1, Springer, New York et al., 2012, S. 1-18.

Zentes, J., Rittinger, S., Retailing in Germany: Current Landscape and Future Trends, in: Swoboda, B., Morschett, D., Rudolph, T., Schnedlitz, P., Schramm-Klein, H. (Hrsg.): European Retail Research, 23 (2009), S. 153-182.

Zigurs, I., Buckland, B. K., A Theory of Task/Technology Fit and Group Support Systems Effectiveness, MIS Quarterly, 22 (1998), S. 313-334.

Zigurs, I., Buckland, B. K., Connolly, J. R., Wilson, E. V., A Test of Task-Technology Fit Theory for Group Support Systems, Advances in Information Systems, 30 (1998), S. 34-35.

Generating Graphical User Interfaces for Software Product Lines: A Constraint-based Approach

Johannes Müller

Universität Leipzig, Grimmaische Straße 12, 04109 Leipzig

jmueller@wifa.uni-leipzig.de

Abstract: Due to a high competitive pressure on the global software market, in many areas the software industry is moving from hand crafting to semi-automatic or automatic software construction based on Software Product Lines (SPL). Techniques to automate the construction of software products from SPLs are widely available. These can handle variability in source code artifacts but they are inappropriate to handle variability in Graphical User Interfaces (GUIs). The main reason is that they are not designed to handle such fine grained configurations as they are required to configure GUI frameworks or toolkits. To nevertheless employ them in GUI generation tasks is complex and time consuming. However, in the Human Computer Interaction (HCI) community approaches to develop GUIs in a model-based manner and with constraint-based techniques are worked on that help automate the construction of GUIs. Therefore, the main hypothesis of the proposed research is that constraint-based GUIs techniques are a well suited basis for reducing the customization effort of generated GUIs of SPLs. The paper proposes a research plan to employ these new HCI techniques in generating GUIs for SPLs.

1 Introduction

In many areas software industry moves from hand crafting to semi-automatic or even automatic software construction. These efforts are subsumed under the term *Software Product Line Engineering* (SPLE) where software products that share some features are built on the basis of a common reuse infrastructure. This infrastructure comprises reusable assets such as implementation components, models, generators and other software related artifacts, which have to handle variability of related software products adequately. With SPLE it is possible to reduce development effort, reduce time to market, and increase software quality. Handling variability in implementation components is widely regarded in current research on SPLs and first techniques are developed to handle variability in GUIs as well. However, with today's techniques deriving GUIs from a reuse infrastructure requires in most cases complex customization efforts. Furthermore, these customizations imply manually implemented artifacts for each derived product, which have to be maintained over the whole life cycle of the derived products. An increased development and maintenance effort and hence a reduced efficiency of SPLE is the result. This can render the whole SPLE approach uneconomical.

However, in the Human Computer Interaction (HCI) community approaches to develop GUIs in a model-based manner are worked on that automate the construction of GUIs. Unfortunately, they are designed for single system development. In their groundbreaking work [Pleuss et al. 2010] extend these approaches to SPLs. In their approach GUIs are generated semi-automatically with customizable stub implementations of GUIs.

Since GUI implementations with ordinary frameworks and toolkits are usually inflexible, it is quite likely that the generated implementations have to be customized and hence most of the advantages of SPLs get lost.

If a GUI contains knowledge about usability and design constraints, then it could adapt itself to comply to these requirements. In the field of constraint-based GUIs self-aware GUIs have been developed. A prominent instance is the Auckland Layout Model (ALM) [Lutteroth et al. 2008]. Utilizing such techniques for automatic GUI construction in SPLs would better enable the economic advantages of SPLs also for GUI-based systems.

2 Literature Review

The usability of GUIs is one of the topics of the HCI community. Thus, besides evaluating research into SPLs, HCI research is of particular interest in the next section.

On the one side, in SPL research, a strong body of knowledge has been compiled on automatic construction and synthesis of implementation components in recent years. Two prominent paradigms to automate software production are *Generative Software Development (GSD)* [Czarnecki/Eisenecker 2000]; [Czarnecki 2005] and *Feature Oriented Software Development (FOSD)* [Apel/Kästner 2009]. However, the automatic configuration and synthesis of GUIs in SPLs is only marginally considered so far. Beside some case studies of SPLs that tackle the problem of GUI configuration and synthesis e.g. [Ardis et al. 2000]; [Oliveira 2008] the groundbreaking work of [Pleuss et al. 2010] is the only one that presents a conceptual framework for the configuration and synthesis of GUIs in SPLE. They utilize results of the HCI research stream of *Model Based User Interface Design (MBUIDs)*. In a nutshell, they describe the GUI with a task model and some support models in an abstract way. Depending on the selected features, the GUI of the specified product has to fulfill different tasks. Hence, the task model of the GUI of the specified product corresponds to the required tasks. By means of model transformations the task model and the support models are transformed to GUI implementation stubs. However, in most cases these stubs do not meet usability and design requirements and hence have to be customized.

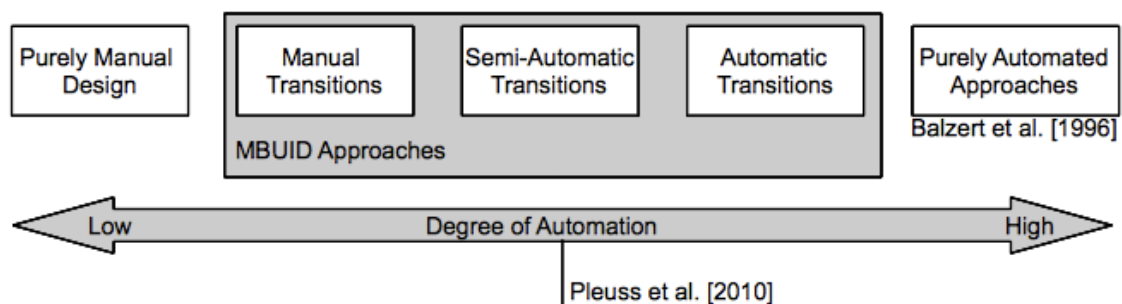


Figure 3: Spectrum of approaches for GUI construction with respect to automation (cf. [Pleuss et al. 2010, p. 71])

On the other side, the HCI community develops techniques to ensure the usability of GUIs. Beside the techniques of MBUID, techniques to automatically or semi-automatically generate GUIs are developed [Balzert et al. 1996]; [Bergman et al. 2002]; [Paterno/Santoro 2002]. Figure 1 depicts the spectrum of approaches for GUI construction with respect to their degree of automation.

GUIs generated with these approaches are only sufficient in very special cases. Mostly they require the software engineer to manually tweak the generated code [Myers 2000] resulting in the same problems mentioned for the approach of [Pleuss et al. 2010].

In another research stream of HCI, namely *Constrained Based Graphical User Interfaces* (CBGUIs), methods and techniques are developed to create self-aware GUIs. They allow to formulate constraints among the widgets that have to be satisfied. Hence, widgets do not need to be placed absolutely or relatively on a window. The actual appearance of a GUI of a single system is the result of a numerical optimization. A prominent approach in this field is the *Auckland Layout Model* (ALM) [Lutteroth et al. 2008]. In a sense, with the constraints the GUI becomes self-aware and can adapt itself to new widget configurations. These techniques could improve the conceptual framework of [Pleuss et al. 2010] and better preserve the advantages of SPLE for GUI-based SPLs.

3 Research Question and Aim of the Proposed Work

As the literature review indicates, the question is whether and how it is possible to employ constraint-based techniques in automating the configuration and synthesis of GUIs for SPLs. The aim is to develop an approach to GUI construction for SPL that moves the approach of [Pleuss et al. 2010] in Figure 1 more to the right. The central research question of the proposed research can be operationalized with the following four specific questions:

- (1) What are suitable constraint-based techniques to improve the configuration and synthesis of GUIs for SPLs?
- (2) How to adapt them to the configuration and synthesis of GUIs for SPLs?
- (3) How to implement a generator on the basis of the conceptual framework of [Pleuss et al. 2010] that utilizes constraint-based techniques?
- (4) Is the developed generator capable of generating GUIs that satisfy usability and design requirements?

4 Some Background

As the research question implies, the proposed work will heavily rely on the previous work of [Pleuss et al. 2010] and [Lutteroth et al. 2008]. [Pleuss et al. 2010] provide the surrounding framework, whereas [Lutteroth et al. 2008] provide a promising technique to improve Pleuss' et al. work. To comprehend the general idea of the proposed work, we will give some details to both in the next sections.

4.1 Generating GUIs for SPLs

[Pleuss et al. 2010] identify the problem that current approaches to automate the generation of GUIs often produce less usable GUIs. Hence, they propose an approach that divides the implementation of the GUI into two parts. One that covers the functional part of the GUI, e.g. wiring model code with UI elements or defining the general skeleton of the GUI implementation. The other part covers the configuration of the appearance of the GUI. They utilize MBUID techniques to realize the separation of both concerns. In MBUID the GUI is generated by means of models. As in Model driven Software Engineering, the models are concretized from more abstract representations to

concrete ones, which are finally translated to code. Figure 2 depicts the general MBUID process.

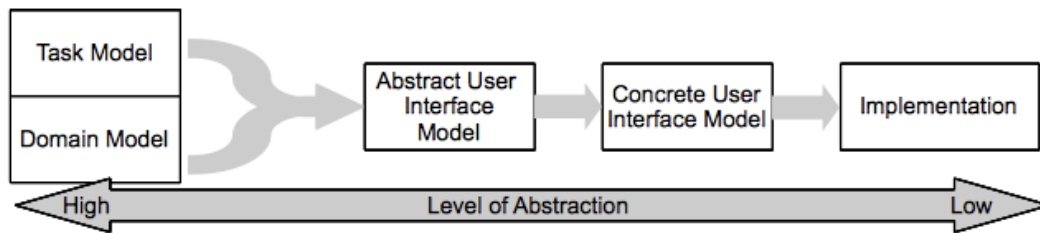


Figure 4: General MBUID Process (cf. [Pleuss et al. 2010, p. 71])

In MBUID the most abstract models are the *Task Model* and the *Domain Model*. The *Task Model* is an abstract representation of the tasks that are covered by an application. A *Task Model* covers different types of tasks. An application task is fulfilled by the system, e.g. displaying a value. An interaction task affects the system as well as the user, e.g. typing a value. The *Domain Model* describes the data and the capabilities of a system. The *Domain Model* as well as the *Task Model* are concretized to an *Abstract User Interface Model* (AUI). The AUI is an abstract representation of the UI and comprises *Abstract Interaction Objects* (AIO), which are implementation and modality-independent representations of the UI elements. An example of an AIO would be the input element that receives some input from the user. In a graphical UI this AIO would be realized with an text entry field, in a speech based system it would be realized by a voice entry. Finally, the abstract representation in the AUI is concretized to a *Concrete User Interface Model* (CUI) that is a model-based representation of the model-specific implementation of the UI. From the CUI source code can directly be generated [Pleuss et al. 2010, 72].

[Pleuss et al. 2010] integrate the previously described concept of MBUID into the general SPLE processes *Domain Engineering* and *Application Engineering*. They propose to derive concrete GUIs of systems in Application Engineering on a higher level of abstraction, namely on the level of the the *Task Model*. Features of a product line are related to tasks in a *Task Model*. Thus, the AIOs are indirectly related to the features through their relation to the tasks in in the *Task Model*. At this point Pleuss et al. propose to give the software engineer the chance to customize the mapping from the AUI to the CUI and finally to the source code.

These customized models and mappings have to be individually tracked. Hence, the smaller the number of customized artifacts is, the smaller the effort to manage and track the customized artifacts is. A proposed technique the reduce the amount of artifacts that have to be customized is the ALM.

4.2 Auckland Layout Model

Today most GUI frameworks and toolkits contain layout engines that ease the positioning and configuration of widgets. Often they are feed with abstract information about the position and appearance of widgets and calculate the layout whenever it is necessary. Commonly used layout engines realize *row-*, *table-*, or *grid-bag* layouts. Configurations of these layouts usually cannot be reused and combined in a component-like fashion. Usually, this makes the configuration and synthesis of GUIs a hassle.

The ALM pursues another path. In ALM a GUI is described by means of constraints that have to be fulfilled by widgets. On the lowest level the GUI is modeled as an linear optimization program with constraints and an objective function that has to be minimized.

The constraints are formulated by means of tab stops between widgets of the GUI. Tab stops are either vertical (y-tabs) or horizontal (x-tabs). A layout with $x_0, x_1, \dots, x_m \in \mathbb{N}$ x-tabs and $y_0, y_1, \dots, y_n \in \mathbb{N}$ y-tabs would be formulated with constraints such as

$$a_0 x_0 + \dots + a_m x_m + b_0 y_0 + \dots + b_n y_n \text{ OP } c$$

with the coefficients $a_0, a_m, b_0, \dots, b_n$ and the right side c are real number and the operator OP is one of $<, >, =$. Constraints can be absolute, e.g. in terms of pixels, relative, i.e. in terms of space between widgets, or grouped to areas. These basic constraint patterns are used to build abstractions that are more powerful and more easy to use. Furthermore, it is possible to define other classes of constraints that take other parameters than the position of widgets into account [Lutteroth & Weber 2008, pp. 301].

The ALM is implemented for several GUI frameworks, such as Windows Forms. It is capable to separate the constraints from the actual application logic. It does this with an external configuration file that contains the constraints and a corresponding overloaded layout manager that wires the constraints with the actual application logic [Lutteroth/Weber 2008, 301].

As the description indicates, specifying a GUI with constraints is more flexible than with common layout mechanisms. Furthermore, bears the division of the constraints from the actual GUI program code the potential to configure the GUI in a more component-oriented way. In how far these constrained based techniques can be used in generating GUIs for SPLs is topic of the proposed research and is planned to be tackled in the following way.

5 Research Outline

The planned research will investigate the above mentioned four research questions. Thus, the work will consist of four main work packages.

- (1) Suitable constraint-based techniques have to be identified and selected.
- (2) The selected techniques have to be adapted to the task of configuring and synthesizing GUIs in SPLs and possibly new ones have to be developed.
- (3) A prototypical generator that facilitates the adapted and developed techniques has to be implemented.
- (4) The developed approach has to be evaluated.

In the first work package suitable techniques will be identified through an extensive literature survey and evaluated according to a catalog of requirements for such techniques. In the second work package the identified techniques will be adapted and new ones will be developed. The underlying mathematical model will be based on the general structure of linear optimization programs with an objective function and several constraints.[Lutteroth et al. 2008] have already defined the general structure of linear programs to enforce usable GUIs in the ALM. However, since the requirements to enforce the usability for variable GUIs of products of an SPL differs from enforcing usability for single system GUIs, it is likely that some extensions are required.

In the third work package, a technique for constraint-based GUI generation for SPLs will be developed. The technique ought to be an extension of the work of [Pleuss et al. 2010] and should be integrated into the conceptual framework of GSD [Czarnecki/Eisenecker 2000] and its technology projection to EMP [Müller, 2009]. The general idea is to use the model based approach of [Pleuss et al. 2010] to describe the GUI. However, instead of directly generating GUI code, a GUI description, for example in ALM syntax, with annotated constraints is generated. Since the constraint-based definition of GUIs allows to express more complex relations between widgets of a GUI, it is possible that the GUI can adapt itself to the present widgets. This would not be possible with ordinary techniques such as grid-based- or *table-based* layouts. To test the applicability of the developed methods and techniques a case study, for instance with the open source *Mobile Media SPL* [Figueiredo et al. 2008], will be carried out.

Within the case study the reuse infrastructure of the example will be adapted to the technology projection to EMP. That means, a domain specific language, a generator, and implementation components will be implemented or adapted. The generator will implement the adapted and developed techniques to configure and synthesize GUIs.

The prototypically implemented reuse infrastructure is the basis for the evaluation of the developed approach in the fourth work package. The following hypothesis shall be tested:

The adapted and developed constraint-based techniques generate usable GUIs for SPLs.

An empirical, quantitative evaluation is planned, which is carried out in three steps. First, a representative number of products is generated on the basis of the prototypically implemented SPL. Second, these products will be tested with common usability tests such as a cognitive walkthrough. It is intended that the tests are carried out by two groups of students trained in usability evaluation methods. One group will be from the University of Leipzig, Germany and the other group from the University of Auckland, New Zealand. Third, the results are interpreted and used to test the hypothesis.

6 Expected Contribution of the Work

With the planned artifacts, the research will be a contribution to industry as well as to science. Software manufacturers will get a first generator prototype that can serve as a basis for the development of commercial tools to automate the configuration and synthesis of GUIs in SPLs. Such a tool is able to increase the efficiency of software construction. Since many German software manufacturers – for instance *Intershop Communications*, *otris*, or *Delta Software Technology* to name a few – already employ SPLE techniques, they would become more competitive with such a tool on the global software market. From a scientific point of view, the work will show whether SPL development can benefit from constraint-based GUIs. The research will show, whether constraint-based techniques can ensure usable GUIs for SPLs.

7 Conclusion

In the paper we motivate the problem of automatic GUI synthesis and configuration in SPLE and present a literature survey on GUI generation for SPL and GUI generation approaches from the HCI community. We identified the work of [Pleuss et al. 2010]

where an approach to semi-automatically generate GUIs for SPLs is discussed. We further identified the ALM [Lutteroth et al. 2008] where a constraint-based approach to GUI specification is presented and discussed the potential to leverage the approach of [Pleuss et al. 2010] with the ALM.

The next step is to prototypically implement a generator to judge more sound on the usefulness of ALM for the GUI generation task in SPLE.

References

- Abrams, M. et al., UIML: an appliance-independent XML user interface language. In: *Comput. Netw.* 31 (1999), pp. 1695–1708.
- Apel, S. ; Kästner, C., An Overview of Feature-Oriented Software Development. In: *JOT* 8 (2009), Nr. 5, pp. 49–84.
- Ardis, M. ; Daley, N.; Hoffman, D.; Siy, H. , Weiss, D., Software product lines: a case study. In: *Software-Pract. and Exper.* 30 (2000), Nr. 7, pp. 825–847.
- Balzert, H., Hofmann, F., Kruschinski, V., Niemann, Ch., The JANUS Application Development Environment - Generating More than the User Interface. In: Vanderdonckt, Jean (ed.): *CADUI '96*, Presses Universitaires de Namur, 1996. pp. 183–208.
- Bergman, L.D., Banavar, G., Soroker, D., Sussman, J.B., Combining Handcrafting and Automatic Generation of User-Interfaces for Pervasive Devices. In: (Kolski u. Vanderdonckt, 2002), pp. 155–166.
- Czarnecki, K., Overview of Generative Software Development. In: Banatre, J. P. et al. (eds.): *Unconventional Programming Paradigms*. Heidelberg, Berlin : Springer, 2005, pp. 326–341.
- Czarnecki, K., Eisenecker, U.W., *Generative Programming Methods, Tools, and Applications*. Boston : Addison-Wesley, 2000.
- Draheim, D., Lutteroth, Ch., Weber, G., Graphical user interfaces as documents. In: *Proc. of CHINZ '06*. New York, NY: ACM, 2006. pp. 67—74.
- Figueiredo, E. et al., Evolving software product lines with aspects: an empirical study on design stability. In: *Proc. of ICSE '08*. New York, NY: ACM, 2008, pp. 261–270.
- Kolski, Ch., Vanderdonckt, J. (eds.): *Computer-Aided Design of User Interfaces III*, 2002, Valenciennes, France. Kluwer, 2002. In: *Constraints* 13 (2008), pp. 307–342.
- Lutteroth, Ch., Weber, G., Modular Specification of GUI Layout Using Constraints. In: *Proceedings of the 19th Australian Conference on Software Engineering*. Washington, DC, USA : IEEE Comp. Soc., 2008, pp. 300–309.
- Müller, J., *Generative Softwareentwicklung mit openArchitectureWare: Eine Fallstudie mit der E-Commerce-Plattform Intershop Enfinity Suite*. Berlin: Logos, 2009 (Leipziger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik 3).
- Myers, B., Hudson, S.E., Pausch, R., Past, present, and future of user interface software tools. In: *ACM TOCHI* 7 (2000), pp. 3–28.

- Oliveira, C., Rocha, F., Medeiros, R., Lima, R., Soares, S., Santos, F., Santos, I.H.F, Dynamic Interface for Multi-Physics Simulator. In: Inter. Journ. of Mod. and Sim. for the Pet. Ind. 2 (2008), Nr. 1, pp. 35–42.
- Paternò, F., Santoro, C., One Model, Many Interfaces. In: (Kolski u. Vanderdonckt, 2002), pp. 143–154.
- Pleuss, A., Botterweck, G., Dhungana, D., Integrating Automated Product Derivation and Individual User Interface Design. In: Benavides, David; Batory, Don; Grünbacher, Paul (eds.): Proc. of VaMoS '10, 2010, pp. 69–77.

Die Forschungsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik (IWI) der Universität Leipzig erscheinen in unregelmäßigen Abständen.

Ein Heft kostet 15 Euro, Erscheinungsort ist immer Leipzig.

Bisher in dieser Reihe veröffentlichte Forschungsberichte:

Heft 1: Hrach, C., Alt, R., Einsatz von Business Intelligence-Technologien in Call Centern, 2008.

Heft 2: Schmelich, V., Alt, R., Functional Analysis of Open Source ERP Systems – An Exploratory Analysis, 2008.

Heft 3: Alt, R., Eisenecker, U., Franczyk, B., 9. Interuniversitäres Doktorandenseminar Wirtschaftsinformatik der Universitäten Halle-Wittenberg, Jena und Leipzig, 2008.

Heft 4: Müller, R., Konzeption und prototypische Implementierung eines Generators zur Softwarevisualisierung in 3D, 2009.

Heft 5: Oberländer, J., Methoden überbetrieblicher Service- und Prozessmodellierung am Beispiel von RosettaNet, 2009.

Heft 6: Hrach, C., Alt, R., Datenschutz in Call Centern - Bestandsaufnahme zur Aufzeichnung und Verwendung personenbezogener Daten, 2010.

Heft 7: Hrach, C., Alt, R., Fallstudien zum Einsatz von Business Intelligence in Call Centern, 2010.

Heft 8: Alt, R., Eisenecker, U., Franczyk, B., Heyden, K. (Hrsg.), 15. Interuniversitäres Doktorandenseminar Wirtschaftsinformatik der Universitäten Chemnitz, Dresden, Freiberg, Halle-Wittenberg, Jena und Leipzig, 2011

.

Impressum: Prof. Dr. Rainer Alt,
Prof. Dr. Ulrich Eisenecker,
Prof. Dr. Bogdan Franczyk

Visualisierung: Andreas M. Gärtner u. Oliver A. Christ, Hamburg

Grimmaische Straße 12
D-04109 Leipzig
www.iwi.uni-leipzig.de

ISSN: 1865-3189