

AK

WI

Herausgeber

Thomas Barton

Burkhard Erdlenbruch

Frank Herrmann

Christian Müller

Herausforderungen an die Wirtschaftsinformatik:

Logistische Anwendungen in der Wirtschaftsinformatik

unterstützt durch:



Technische
Hochschule
Wildau [FH]
*Technical University
of Applied Sciences*

Arbeitskreis Wirtschaftsinformatik an Fachhochschulen (AKWI)

Logistische Anwendungen in der Wirtschaftsinformatik

Tagungsband zur AKWI-Fachtagung
am 14. und 15.09.2010 an der Technischen Hochschule Wildau [FH]

herausgegeben von
Thomas Barton, Burkhard Erdlenbruch, Frank Herrmann, Christian Müller

Unterstützt durch die
Technische Hochschule Wildau [FH]

Verlag News & Media, Berlin

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek:
 Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie;
 detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Logistische Anwendungen in der Wirtschaftsinformatik
 Tagungsband zur AKWI-Fachtagung am 14. und 15.09.2010
 an der Technischen Hochschule Wildau [FH]

Herausgeber:

Prof. Dr. Thomas Barton, *Fachhochschule Worms*,
barton@fh-worms.de

Prof. Dr. Burkhard Erdlenbruch, *Hochschule Augsburg*,
Burkhard.Erdlenbruch@hs-augsburg.de

Prof. Dr.-Ing. Frank Herrmann, *Hochschule Regensburg*,
Frank.Herrmann@informatik.fh-regensburg.de

Prof. Dr. Christian Müller, *Technische Hochschule Wildau [FH]*,
christian.mueller@th-wildau.de

Redaktion:

Teamarbeit der Herausgeber

Redaktionsschluss: 01.09.2010

Erscheinungstermin: 12.09.2010



Die Herstellung dieses Tagungsbandes erfolgte mit freundlicher Unterstützung durch den
 Präsidenten der Technischen Hochschule Wildau [FH], Prof. Dr. László Ungvári.

Verlag News & Media, Marcus von Amsberg, Berlin

ISBN 978-3-936527-24-7

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Sprechers des Arbeitskreises Wirtschaftsinformatik an Fachhochschulen (AKWI).....	5
Vorwort der Herausgeber	7
Verknüpfung von Softwarelösungen in einem IT-Logistiknetzwerk <i>Prof. Dr.-Ing. Frank Herrmann und Dipl.-Wirt.-Inf. (FH) Georg Burgmayr</i>	9
Ein Informationssystem für das RFID-gestützte Behältermanagement <i>Prof. Dr. Thomas Barton</i>	29
Konzeption einer Datenschnittstelle für Klassen von Simulations- und Optimierungsmodellen“ <i>Prof. Dr. Christian Müller und Prof. Dr. Mike Steglich</i>	40
Gestaltung von Logistiknetzen mit der EDA-Heuristik <i>Prof. Dr. rer. pol. Matthias Forster</i>	58
Einfuhrzollmanagement – neue Chancen und Herausforderungen für die Standortoptimierung <i>Prof. Dr. Ralf Szymanski</i>	70
Modellgetriebene Softwareentwicklung auf der Grundlage realer Geschäftsprozessoptimierung <i>Prof. Dr. Michael Grütz</i>	82
Konzept, Methoden und offene Fragen für einen Web-Service zur Analyse des Wissensmanagement-Reifegrades in Logistikunternehmen <i>Prof. Dr.-Ing. Gaby Neumann</i>	100
Autoren	120

Vorwort des Sprechers des Arbeitskreises Wirtschaftsinformatik an Fachhochschulen (AKWI)

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

in diesem Jahr treffen wir uns zu der 23sten Jahrestagung des Arbeitskreises Wirtschaftsinformatik an Fachhochschulen. Diesmal ist meine eigene Hochschule, die TH Wildau, unser Gastgeber, wofür ich recht herzlich danken möchte.

In unserem Selbstverständnis heißt es: Der AKWI ist der Dachverband der Fachbereiche mit deutschsprachigen Wirtschaftsinformatik-Studiengängen und/oder -Studienschwerpunkten an Fachhochschulen. Er versteht sich als fachkompetenter und hochschulpolitischer Gesprächspartner bzw. Ansprechpartner in Bezug auf alle Probleme des Studiums der Wirtschaftsinformatik an den Hochschulen, Spezies Fachhochschulen, und der Wirtschaftsinformatik als anwendungsbezogene Wissenschaft, für Studienbewerber/Studierende, andere Vereinigungen im Hochschulbereich, Behörden/Ministerien, Wirtschaft und Öffentlichkeit, auch auf internationaler Ebene.

Der Arbeitskreis Wirtschaftsinformatik hat 77 Mitgliedsstudiengänge in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Wir sind ein Arbeitskreis des Fachbereichstags Informatik und gleichzeitig die Fachgruppe WI-AKWI der Gesellschaft für Informatik (GI). Außerdem kooperieren wir mit der Bundesdekanekonferenz, die die betriebswirtschaftlichen Fachbereiche an den Fachhochschulen repräsentiert. Somit sieht man, dass wir in der Hochschullandschaft breit aufgestellt sind.

Die Wirtschaftsinformatik beschäftigt sich mit den betriebswirtschaftlichen Anwendungen der Informatik. Betriebliche IT-Anwendungen gibt es in allen 4,5 Millionen Unternehmen in Deutschland. Sie reichen von der IT-Unterstützung im Rechnungswesen über das E-Business bis zu den Decision Support Systemen.

Aus dieser inhaltlichen Positionsbestimmung ergibt sich sofort, dass ein Wirtschaftsinformatiker, und insbesondere einer aus einer Fachhochschule, nicht in einem akademischen Elfenbeinturm leben kann. Deshalb freue ich mich, dass auf dieser Fachtagung Hochschul- und Industrievertreter zusammengefunden haben um über „**Logistische Anwendungen in der**

Wirtschaftsinformatik“ zu diskutieren. Ich gehe davon aus, dass diese Fachtagung ein weiterer Schritt zu Kooperationen und gemeinsamen Projekten zwischen unseren Mitgliedsstudiengängen und den hier vertretenen Unternehmen ist.

Abschließend möchte ich außerdem den Referenten und dem Herausgeber-Team für ihre Beiträge und für die Vorbereitung der Tagung danken. Darüber hinaus danke ich der TH Wildau, die unseren Tagungsband finanziert hat.

In diesem Sinne wünsche ich der Tagung einen guten Erfolg.

Wildau im September 2010

Prof. Dr. Christian Müller

Sprecher des Arbeitskreises Wirtschaftsinformatik an Fachhochschulen

Vorwort der Herausgeber

Seit jeher zeichnet sich die Wirtschaftsinformatik durch eine große thematische Breite aus, da sie ihre Aufgabe in der Entwicklung und Anwendung von Theorien, Konzepten, Modellen, Methoden und Werkzeugen für die Analyse, Gestaltung und Nutzung von Informationssystemen sieht. Dabei greift die Wirtschaftsinformatik auch auf Ansätze der Betriebswirtschaftslehre sowie der Informatik zurück, die sie erweitert, integriert und um eigene spezifische Ansätze ergänzt. Es freut uns mit diesem Tagungsband Forschungs- und Entwicklungsarbeiten vorstellen zu dürfen, die belegen, dass und wie an Fachhochschulen an dieser Aufgabe der Wirtschaftsinformatik im Rahmen der Logistik gearbeitet wird.

Eine grundlegende Aufgabe von Wirtschaftsinformatikern ist die Integration heterogener Softwaresysteme zur Unterstützung von Unternehmensprozessen. Ausgehend von einer Anforderungsspezifikation werden für Unternehmen geeignete Softwaresysteme beschafft. In dem Beitrag „Verknüpfung von Softwarelösungen in einem IT-Logistiknetzwerk“ wird quasi der umgekehrten Aufgabestellung nachgegangen, wie nämlich heterogene Systeme so verknüpft werden können, dass mit ihnen gemeinsam Unternehmensprozesse unterstützt werden können. Während in diesem Beitrag die technische Verknüpfung über eine dedizierte Architektur nicht im Detail vorgestellt wird, ist sie Gegenstand in dem Beitrag „Ein Informationssystem für das RFID-gestützte Behältermanagement“. Konkret handelt es sich um den Architekturstil REST (Representational State Transfer).

Prozessverbesserungen lassen sich durch die Nutzung von Simulations- und Optimierungsmodellen erreichen. Typischerweise werden diese als „stand-alone“-Systeme betrieben, und sie erhalten ihre Daten von einem ERP-, PPS- oder allgemein von einem „Decision Support“-System. Dies erfordert eine Schnittstelle. Einen Vorschlag enthält der Beitrag „Konzeption einer Datenschnittstelle für Klassen von Simulations- und Optimierungsmodellen“. Beispiele für die Lösung von Optimierungsproblemen werden in den Beiträgen „Einfuhrzollmanagement – neue Chancen und Herausforderungen für die Standortoptimierung“ und „Gestaltung von Logistiknetzen mit der EDA-Heuristik“ beschrieben. Kern des ersten Beitrags ist die Formulierung eines geeigneten Optimierungsmodells, welches mit einem rechnergestützten Optimierungssystem gelöst wird. Im zweiten Beitrag wird die Lösung von einem sehr anspruchsvollen Optimierungsproblem durch ein heuristisches Verfahren angenähert.

Ein wichtiges Themengebiet der Wirtschaftsinformatik ist die Verbindung von Geschäftsprozessmodellierung und Softwareentwicklung. Einen Ansatz dazu beschreibt der Beitrag „Modellgetriebene Softwareentwicklung auf der Grundlage realer Geschäftsprozessoptimierung“. Generell zunehmende Bedeutung in der Wirtschaftsinformatik hat das Wissensmanagement. In dem Beitrag „Konzept, Methoden und offene Fragen für einen Web-Service zur Analyse des Wissensmanagement-Reifegrades in Logistikunternehmen“ wird die Relevanz dieses Themas und sein Umsetzungsgrad bei Logistikunternehmen aus verschiedenen Ländern erläutert, und es wird ein Rahmenkonzept für ein Wissensmanagement in Logistikunternehmen in Form einer webbasierten Infrastruktur dargestellt.

Die Herausgeber danken dem AKWI für die Ausrichtung der Tagung „Logistische Anwendungen in der Wirtschaftsinformatik“ im Rahmen der 23. Jahrestagung des AKWI an der Technischen Hochschule Wildau. Dank gebührt den Vortragenden und der Familie von Amsberg vom Verlag News & Media für Ihre Unterstützung.

Worms, Augsburg, Regensburg und Wildau
im September 2010

Thomas Barton (FH Worms)
Burkhard Erdlenbruch (FH Augsburg)
Frank Herrmann (Hochschule Regensburg)
Christian Müller (Technische Hochschule Wildau)

Verknüpfung von Softwarelösungen in einem IT-Logistiknetzwerk

Prof. Dr.-Ing. Frank Herrmann
Dipl.-Wirt.-Inf (FH) Georg Burgmayr

1 Einleitung

Für kleine oder mittlere IT-Unternehmen (KMU) ist es in der Regel schwierig, Produkte zu entwickeln oder Dienstleistungen anzubieten, die sich über alle Bereiche der Logistik erstrecken. Die Softwaresysteme der KMU's zeichnen sich stattdessen häufig durch die hohe Detailkompetenz auf einem speziellen Teilgebiet der Logistik aus. Für solche Unternehmen kann es interessant sein, Softwareprodukte gemeinsam mit anderen Unternehmen zu entwickeln und anzubieten. So können funktional sehr umfangreiche Systeme entstehen, die sich weiterhin durch eine hohe Flexibilität und Detailkompetenz auszeichnen. Insofern können Kooperationen als eine mögliche Antwort von kleinen und mittelständischen IT-Logistik-Unternehmen auf größer werdende Softwarekonzerne gesehen werden und hierdurch gegenüber anderen Marktteilnehmern Wettbewerbsvorteile erlangen. Im Raum Regensburg haben deshalb acht Unternehmen untersucht, in wie weit durch die Kopplung bzw. Integration ihrer Softwaresysteme über die einzelnen Unternehmensgrenzen hinweg für deren Kunden ein Mehrwert gegenüber den Einzelsystemen erzielbar ist. Die acht Unternehmen bündeln die folgenden Produkte und Kompetenzen:

- *Dallmeier electronic GmbH & Co. KG, Regensburg:*
Der Fokus der Firma Dallmeier electronic GmbH & Co. KG (im Folgenden Dallmeier KG genannt) liegt in der Übertragungs-, Aufzeichnungs- und Bildverarbeitungstechnologie. Das Unternehmen nutzt sein Wissen für die Entwicklung intelligenter Software sowie zur Herstellung von Recorder- und Kameratechnologie. Im Bereich Logistik liegt der Schwerpunkt des Unternehmens in der Überwachung von Verladezonen, Gefahrenübergängen und Gebäuden.
- *initPRO GmbH, Regensburg:*
Die Kernkompetenz der Firma initPRO GmbH liegt in der Integration der RFID-Technologie in neue und bestehende Prozesse sowie in der Erfassung von Produktions-, Prozess- und Qualitätsdaten. Darüber hinaus ver-

fügt das Unternehmen über Erfahrung in der Organisation, Analyse und Abrechnung von Service- & Reparaturprozessen sowie in der Entwicklung von Business Intelligence Anwendungen.

- *Klug GmbH integrierte Systeme, Teunz:*
Die Kompetenzen der Firma Klug GmbH integrierte Systeme (im Folgenden Klug GmbH genannt) liegen in der ganzheitlichen Lösung von Intra-logistikaufgaben im Bereich der Lager- und Kommissionierungstechnik sowie der Versandabwicklung und Basisautomation. Das Unternehmen realisiert Projekte als Generalunternehmer modular oder komplett, von der Datenanalyse und Systemplanung bis zur Abwicklung der Förder- und Lagertechnik. Die Planung, Projektierung und Entwicklung bzw. Anpassung der IT-Module werden dabei vom der Klug GmbH selbst vorgenommen und um die am Markt verfügbare Mechanik ergänzt.
- *Optitool GmbH, Regensburg:*
Der Fokus der Firma Optitool GmbH liegt in der globalen Optimierung von Transporttours unter Berücksichtigung von Restriktionen. Darüber hinaus können mit der Optitool-Software Probleme in der zentralen und dezentralen Organisation der Disposition, sowie in der dynamischen und strategischen Tourenplanung gelöst werden.
- *Optware GmbH, Regensburg:*
Das Unternehmen Optware GmbH beschäftigt sich mit der mathematischen Optimierung der Produktionsplanung, Bedarfsplanung, Ressourcenbelegungsplanung und weiterer komplexer Prozesse in der Produktionslogistik. Die Optimierung beinhaltet zum einen die Geschäftsprozesse selbst, zum anderen insbesondere die Algorithmen und die Dispositions- bzw. Produktionsparameter. Mit Hilfe mathematischer Optimierungsverfahren werden Algorithmen und Parameter verschiedener Prozesse aufeinander abgestimmt. Die Implementierung der Algorithmen erfolgt dabei zumeist in eigenen Softwaremodulen, die an das ERP-System oder das Fertigungssteuerungssystem gekoppelt werden.
- *SimPlan AG, Regensburg:*
Die Firma SimPlan AG ist ein Beratungs- und Dienstleistungsunternehmen für die Simulation betrieblicher Abläufe. Das Unternehmen ist ein branchenübergreifender Komplettanbieter für die Analyse und Optimierung von Unternehmensabläufen. Der Schwerpunkt liegt dabei in der Simulation komplexer Produktions- und Logistikprozesse sowie in der Emulation physischer Systeme.

- *Systema Systementwicklung Dipl.-Inf. Manfred Austen GmbH, Regensburg:*
Die Kompetenz der Firma Systema Systementwicklung Dipl.-Inf. Manfred Austen GmbH (im Folgenden Systema GmbH genannt) liegt in Produkten und Dienstleistungen zur Produktionsautomatisierung für die Photovoltaik- und Halbleiterindustrie. Der Fokus liegt dabei in der Integration, Automatisierung und Optimierung von Systemen in der Fertigung, von der Equipmentkopplung über das Fertigungssteuerungssystem bis zum Enterprise Resource Planning (ERP) System.
- *TM3 Software GmbH, Regensburg:*
Die Firma TM3 Software GmbH entwickelt ein innovatives Softwaresystem für die Warenwirtschaft, Logistik und Reklamationsbearbeitung von mittelständischen Handelsunternehmen. Der Schwerpunkt des Systems ist die Lagerlogistik sowie die 3D Visualisierung und Optimierung von Lagern und Lagerabläufen.

Aus der Beschreibung der Unternehmen geht hervor, dass die acht Unternehmen Produkte und Dienstleistungen aus unterschiedlichen Bereichen der IT-Logistik anbieten. Die dadurch erzielbare softwaretechnische Abbildung einer logistischen Prozesskette und ihre Integration wurde unter Leitung des Innovationszentrums für Produktionslogistik und Fabrikplanung (IPF), mit Unterstützung durch den IT-Speicher Regensburg einer SWOT-Analyse untersucht. Die SWOT-Analyse dient dazu, Aussagen über Chancen und Risiken sowie Stärken und Schwächen in der Abdeckung der logistischen Prozesskette transparent gegenüberzustellen. „SWOT“ steht dabei für „strength“, „weaknesses“ (Stärken und Schwächen), „opportunities“, „threats“ (Chancen und Risiken) [Hung04]. Aus dieser Analyse wurden konkrete Vorschläge für die Zusammenarbeit der Unternehmen und ihre Weiterentwicklung abgeleitet.

2 Logistische Prozesskette

In der Untersuchung wurde zunächst von einer allgemeinen logistischen Prozesskette ausgegangen, so wie sie sich in den am Markt verfügbaren Standard PPS- bzw. ERP- Systemen abbilden lässt. Generell bestehen die logistischen Prozesse von allen produzierenden Unternehmen aus sehr ähnlichen zentralen Aktivitäten, die auf eine vergleichbare Weise durchlaufen werden. Sie werden im Folgenden entlang der Abbildung 1 vorgestellt. Dabei wird zwischen Aktivitäten der Beschaffung, der Produktion und des Vertriebs differenziert. Zudem besteht eine enge Bindung an die Bestandsführung der Lagerlogistik.

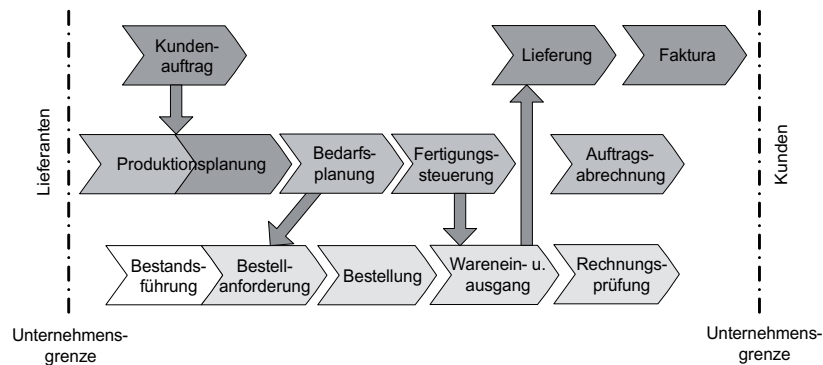


Abb. 1: Prozesskette in der operativen Produktionsplanung und -steuerung

In den allermeisten Unternehmen erfolgt keine Kundenproduktion bei der bereits zu Produktionsbeginn ein konkreter Kundenauftrag vorliegt. Stattdessen werden zumeist wenigstens Komponenten eines Endprodukts vorproduziert und auf ein Lager gelegt. In diesen Fällen beginnt die logistische Prozesskette, wie in Abbildung 1 dargestellt, mit der Produktionsplanung. Während der Abarbeitung eines Produktionsprogramms treffen Kundenaufträge ein. Bei der Bearbeitung eines Kundenauftrags werden die, aufgrund der Produktionsplanung produzierten Komponenten verbraucht.

Im Anschluss an die Produktionsplanung folgt die Bedarfsplanung, bei der die Bereitstellung der benötigten Verbrauchsgüter (vorgefertigte Komponenten, Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe) geplant wird. Die zentrale Aufgabe der Bedarfsplanung ist die Sicherstellung der Materialverfügbarkeit im Fertigungsprozess oder anders formuliert, die Aufgabe besteht aus der termingerechten Beschaffung aller im Unternehmen benötigten Materialien. Die Beschaffungsvorschläge aus der Bedarfsplanung, in Form von Planaufträgen, werden für die Eigenproduktion zu Fertigungsaufträgen und fallen damit in den Verantwortungsbereich der Fertigungssteuerung, während sie für die Fremdbeschaffung zu Bestellanforderungen werden und damit in den Verantwortungsbereich der Beschaffung fallen. Die Bestellanforderungen können genauso auch aufgrund der Steuerung eines Lagers generiert werden. In diesen Fällen wird eine Bestellanforderung ausgelöst, wenn ein vorgegebener Bestellbestand erreicht oder unterschritten worden ist.

Die Bestellanforderung stößt einen Beschaffungsprozess an. Die Bestellanforderung kann sich aus der Bedarfsplanung und der Bestandsführung des Lagers ergeben oder manuell erstellt werden, sofern es sich um außerplanmäßige Bedarfe handelt. Mit der Annahme eines Lieferantenangebots erfolgt mit

der Bestellung im Regelfall ein Vertrag zwischen dem eigenen Unternehmen und dem Lieferanten in dem sich beide zur Erfüllung der Vereinbarungen verpflichten. Auf die Bestellung folgt der Wareneingang im Lager. Im Anschluss an einen Wareneingang werden bei der Rechnungsprüfung die Daten der Bestellung bzw. des Wareneingangs mit den Daten der Rechnung abgeglichen.

Wie in Abbildung 1 dargestellt ist, fallen die Beschaffungsvorschläge aus der Bedarfsplanung für die Eigenproduktion in den Verantwortungsbereich der Fertigungssteuerung. Hier werden sie für den Produktionsvollzug in konkrete Fertigungsaufträge umgesetzt, mit dem Ziel eine optimale Koordination und Auslastung der Produktionsressourcen zu gewährleisten. Der Fertigungsauftrag ist das zentrale Element der Fertigung. In diesem sind die Art und die Anzahl der zu fertigenden Güter festgelegt, sowie der konkrete Termin der Fertigung und sämtliche beteiligte Ressourcen. Insbesondere sind darunter Materialien, Fertigungsmaschinen, Arbeiterstunden und Fertigungshilfsmittel zu nennen. Darüber hinaus legt der Fertigungsauftrag die erwarteten Kosten und dessen Abrechnung fest. Zur Vorbereitung der Fertigung werden die Maschinenbelegung und die Bearbeitungsreihenfolge geplant, die Betriebsmittel eingeplant sowie der Start- und Endtermin der Fertigung bestimmt. Nach der eigentlichen Fertigung wird ein Fertigungsauftrag schließlich mit seiner Abrechnung abgeschlossen. Bei einer solchen Abrechnung werden die auf dem Fertigungsauftrag angefallenen Ist-Kosten an ein oder mehrere Empfängerobjekte abgerechnet.

Die Fertigstellung der Produkte eines Kundenauftrags ermöglicht deren Auslieferung. Bei der Lieferung liegt das Hauptaugenmerk auf der schnellen und kostengünstigen Lieferung durch eine möglichst optimale Tourenplanung. Dabei beginnt die Problemstellung bereits bei der Zuordnung von Kunden zu Touren und somit der idealen Kommissionierung im Lager und optimalen Bereitstellung der zu liefernden Ware an der Rampe.

Mit der Faktura wird ein Geschäftsvorgang im Vertrieb abgeschlossen. Hauptsächlich werden dabei Rechnungen aufgrund von Lieferungen und Leistungen ausgestellt oder es werden Gut- und Lastschriften aufgrund von entsprechenden Anforderungen aus dem Verkauf abgewickelt. Darüber hinaus beinhaltet die Faktura die Überwachung und Buchung des Zahlungseingangs sowie, falls nötig, das Erstellen von Mahnungen.

3 Kompetenzen im logistischen Prozess

Die Beschreibung der Unternehmen in der Einleitung macht deutlich, dass es sich um ein sehr heterogenes Produkt- und Dienstleistungsportfolio handelt. Beratungs-, Optimierungs- und Simulationsdienstleistungen werden von diesen Unternehmen ebenso angeboten wie Softwaresysteme für das Management, die Unterstützung und die Umsetzung von verschiedenen Aufgaben und Bereichen in der Logistik. Für jedes Unternehmen werden die Kundenprozesse identifiziert, die durch die Produkte bzw. Dienstleistungen von diesen Unternehmen abgedeckt werden. Diese Prozesse werden durch elementare Schritte wie „Auflösung von Stücklisten in der Materialbedarfsplanung“ oder „Datenerfassung (Scannen) der Paketstücke beim Warenausgang“ beschrieben. Dadurch wurde nachgewiesen, welche der stark aggregierten Prozessschritte in der Prozesskette zur operativen Produktionsplanung und -steuerung durch die acht Unternehmen abgedeckt werden. Sie werden im Folgenden erläutert und sind in der Abbildung 2 visualisiert.

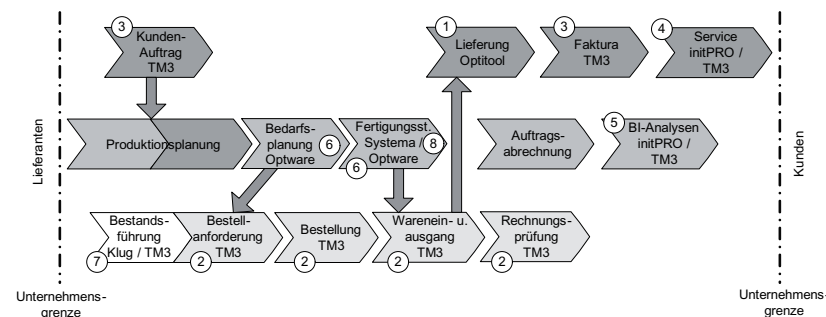


Abb. 2: Zuordnung der Unternehmenskompetenzen in die operative PPS-Prozesskette

Direkt dem oben aufgezeigten Prozess zuordnen lässt sich:

- **Tourenplanung- und Tourenoptimierung durch die Optitool GmbH**
Die Planung und Optimierung von Transporttouren unter Berücksichtigung von Restriktionen verfeinert die Funktionalität zur „Lieferung“ in der logistischen Prozesskette, siehe (1) in Abbildung 2. Ein solches System kann mit der Erweiterung von ERP-Systemen um „Advanced Planning“ Komponenten verglichen werden, wie dem APO System in der SAP Welt, um dadurch dedizierte Funktionen für diese Aufgabe zu erhalten. Angemerkt sei dabei, dass die Tourenplanungssoftware der Optitool GmbH darüber hinaus gehende Anwendungen bietet, beispielsweise die Kommunikation mit Lieferfahrzeugen über sogenannte On-Board-Units.

- **Warenwirtschaftssystem der TM3 Software GmbH**
Ein Warenwirtschaftssystem dient im Wesentlichen der Verbuchung von Wareneingängen und -ausgängen, dem Dispositions- und Bestellwesen. Das Warenwirtschaftssystem der TM3 Software GmbH deckt als eigenständige Software oder in Verbindung mit einem ERP System die Prozesse der Beschaffung vollständig ab, siehe hierzu die Prozessschritte (2) in Abbildung 2. Zudem unterstützt es durch die Annahme von Kundenaufträgen und Abwicklung der Faktura Vertriebsaktivitäten, siehe (3) in Abbildung 2. Über die Funktionalität herkömmlicher Warenwirtschaftssystem hinausgehend, steuert die Software Lagerlogistikprozesse in manuellen Lagern und gibt beispielsweise über Bedienterminals Kommissionierungsvorschläge für die Lagerarbeiter vor. Dadurch ist die Realisierung von Prozessschritt (7) in Abbildung 2 möglich. Eine entsprechende Erweiterung des Systems ergab sich aufgrund dieser Untersuchung.

- **Servicemodule der initPRO GmbH und TM3 Software GmbH**
In vielen Unternehmen können Kunden Waren zurückgeben, reklamieren oder reparieren lassen. Deswegen wurde die ursprüngliche logistische Prozesskette zur Produktionsplanung und -steuerung um einen Prozessschritt „Service“ erweitert, siehe Schritt (4) in Abbildung 2. Dieser Schritt wird durch das Service- & Repairmanagementsystem der initPRO GmbH und dem Modul zur Retouren- und Reklamationsbearbeitung der TM3 Software GmbH abgedeckt.

- **Business Intelligence Anwendungen der TM3 Software GmbH und initPRO GmbH**
Unternehmen sammeln viele Daten über Kunden, Produkte usw. Für ihre Auswertung haben sich Business Intelligence Werkzeuge etabliert. Solche Analysen erfolgen überwiegend nach der Auftragsabrechnung, so dass die ursprüngliche logistische Prozesskette um einen Prozessschritt „BI-Analysen“, siehe (5) in Abbildung 2, erweitert worden ist, der durch Reporting Anwendungen der TM3 Software GmbH und Business Intelligence Module der initPRO GmbH abgedeckt wird.

- **Produktionslogistiksysteme der Optware GmbH**
Die Optware GmbH entwickelt Systeme um die Prozessschritte der Produktionslogistik zu optimieren. Beispielsweise kann im Bereich der Fertigungssteuerung die Reihenfolgeplanung durch Optimierungsalgorithmen gesteuert werden. Mit den Softwaremodulen der Optware GmbH können spezifische Probleme der Bedarfsplanung und der Fertigungssteuerung gelöst und optimiert werden, siehe Schritte (6) in Abbildung 2. Die vollständige Steuerung dieser Prozessschritte ist damit nicht möglich.

Nicht direkt dem oben aufgezeigten Prozess zuordnen lässt sich:

- **Lagerverwaltungssystem der Klug GmbH**
Das Lagerverwaltungssystem steuert den kompletten Lagerbetrieb und Güterumschlag. Dies schließt die Beladungsplanung, die Ein- und Auslagerung durch (fahrerlose) Regalbediengeräte und die Kommissionierung ein; es sei betont, dass dies weit über die Funktionalität des TM3 Systems in diesem Bereich hinausgeht. Deshalb arbeitet ein Lagerverwaltungssystem mit detaillierteren Informationen als ein ERP-System; beispielsweise arbeitet es sogar die Lagerorte der einzelnen Produkte, während PPS- bzw. ERP-System nun die Höhen der Bestände kennt.
Aufgrund dieser Steuerung von Lagerlogistikprozessen handelt es sich hierbei um ein sogenanntes Leitsystem, d. h. um ein System das zwischen dem ERP-System und den physischen Anlagen liegt, welches Geräte ansteuert und Information an das ERP-System zurückgibt. Für eine weitergehende Erläuterung zu Leitsystemen sei auf das folgende Unterkapitel 3.1 verwiesen. Das darüber liegende ERP-System verwendet Daten dieser Steuerung, beispielsweise für die Erstellung von Bestellvorschlägen. Daher lässt sich dieses Lagerverwaltungssystem nicht direkt dem oben aufgezeigten Prozess eines PPS- bzw. ERP-Systems zuordnen. Es enthält bereits eine Komponente mit der der Prozessschritt (7) in Abbildung 1 realisiert wird.
- **Fertigungssteuerungssystem der Systema GmbH**
Die Integration, Automatisierung und Optimierung von Systemen in der Fertigung findet sowohl in PPS- bzw. ERP-Systemen als auch in Fertigungssteuerungssystemen statt. Die Fertigungssteuerungssysteme werden in der Regel von PPS- bzw. ERP-Systemen angesteuert. In den PPS- bzw. ERP-Systemen finden beispielsweise häufig die Feinplanung (Scheduling) statt, während sich ein Fertigungssteuerungssystem um die konkrete Ausführung der Produktion incl. der Ansteuerung von Produktionsmaschinen kümmert. Das Fertigungssteuerungssystem der Systema deckt beide Bereiche ab, weswegen mit ihm Prozessschritt 8 Abbildung 1 realisiert wird. Bezogen auf den zweiten Teil handelt es sich, wie beim Lagerverwaltungssystem, um ein Leitsystem, welches nicht direkt dem oben aufgezeigten Prozess eines PPS- bzw. ERP-Systems zugeordnet werden kann.
- **Planung und Realisierung von Lager- und Fördertechnik durch die Klug GmbH**
Die Planung und Realisierung von Lager- und Fördertechnik erfolgt offensichtlich nicht in der operativen Produktionsplanung und -steuerung.

- **Optimierung von Prozessen, Algorithmen und Parametern durch die Optware GmbH**
Die Optimierung von Prozessen sowie die Entwicklung von Algorithmen und Parametern in der Bedarfsplanung, Ressourcenbelegungsplanung und weiterer komplexer Prozesse in der Produktionslogistik findet in dedizierten Projekten statt.
- **Simulation und Engpassanalyse durch die SimPlan AG**
Die Simulation und Engpassanalyse komplexer Produktions- und Logistikprozesse erfolgt ebenfalls durch dedizierte Projekte.
- **Emulation physischer Systeme durch die SimPlan AG**
Die Inbetriebnahme von neuen IT-Systemen ist gekennzeichnet durch ihre Einbindung in komplexe Systemlandschaften, die sowohl aus Software als auch aus physischen Systemen bestehen. Die Emulation einer solchen Systemlandschaft ermöglicht teilweise eine vorweggenommene Inbetriebnahme, wodurch sich die Inbetriebnahme der Systeme vor Ort verkürzen lässt und Schwachstellen schon im Entwicklungsprozess erkennbar werden.
- **Bild- und Videotechnik der Dallmeier KG**
Bei der Ausführung von logistischen Prozessen ist es häufig sinnvoll und notwendig, Arbeitsvorgänge mit Bildmaterial zu dokumentieren um Fehler in den Prozessen aufdecken zu können bzw. ungerechtfertigte Regressansprüche widerlegen zu können. Beispielsweise kann durch das Fotografieren von Packstücken bei der Übergabe an eine Spedition die Unversehrtheit bei der Auslieferung belegt werden. Die Überwachung dieser Gefahrenübergänge und Verladezonen sowie von Gebäuden erfolgt im physischen Prozess und gehört nicht direkt zu dem oben aufgezeigten Prozess eines PPS- bzw. ERP-Systems.
- **RFID-Technologie der initPRO GmbH**
Über Lesegeräte werden direkt von Produkten, Werkstücken oder Packstücken RFID-Daten zu Identifikation von Produkten, Werkstücken oder Packstücken gelesen. Solche Daten werden in der Regel von einem Leitsystem verarbeitet und in der Regel in den von einem PPS- bzw. ERP-System unterstützten Prozessschritten verwendet.

3.1 Operativer logistischer Prozess

Die Darstellung einer allgemeinen logistischen Prozesskette in Abbildung 1 ist einer starken Fokussierung auf die Abläufe und die Funktionalität von

kommerziell verfügbaren PPS- und ERP-Systemen geschuldet. Wie aus der Auflistung deutlich wird, befinden sich viele Systeme außerhalb der an einem ERP-System angelehnten Prozesse. Es wird klar, dass eine vollständige logistische IT-Prozesskette konzeptionell mehr leisten muss, als die in Abbildung 1 dargestellte Prozesskette. Folglich ist der oben dargestellte Prozess um die Systeme zu ergänzen, die unterhalb der ERP-Systeme liegen; also in diesem Fall das Lagerverwaltungssystem und das Fertigungssteuerungssystem. Darüber hinaus kann auch eine Steuerung von Lieferfahrzeugen in der Transportlogistik sinnvoll sein. Diese Systeme zur IT-gestützten Steuerung physischer Einrichtungen werden in der Literatur unter dem Begriff Leitsysteme zusammen gefasst.

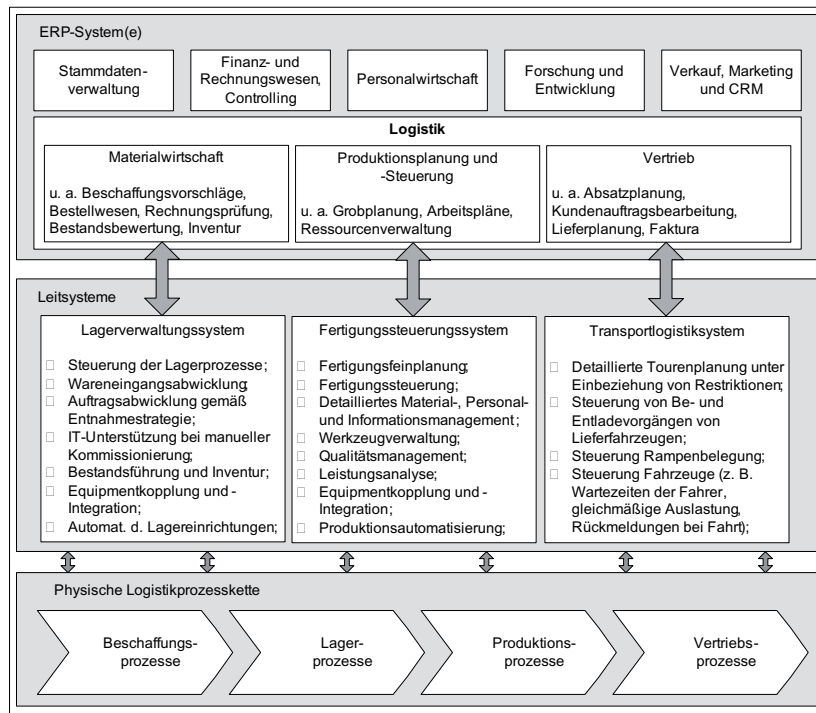


Abb. 3: Systemlandschaft in einem produzierenden Unternehmen

Die Unterscheidung zwischen ERP-Systemen und Leitsystemen kann folgendermaßen getroffen werden. Als ERP-Systeme werden integrierte betriebswirtschaftliche Standardsoftware-Pakete bezeichnet, die nahezu alle Aufgabenbereiche und Prozesse innerhalb des Unternehmens unterstützen, wie Beschaffung, Produktion, Vertrieb, Rechnungswesen und Personalwirtschaft.

Im Vordergrund steht das Zusammenspiel bzw. die Integration der verschiedenen Aufgaben durch eine zentrale Datenbank, wodurch Datenredundanzen vermieden und abteilungsübergreifende Geschäftsprozesse unterstützt werden [AbMü04]. Demgegenüber ist das Produktionslogistik-Leitsystem einerseits ein Konzept zur Produktionsorganisation und -steuerung, andererseits werden unter diesem Begriff aber auch die einzelnen Komponenten und technische Elemente (der Informationstechnologie) zusammengefasst, die erforderlich sind um dieses Konzept praktisch umzusetzen [Pawe07]; für ein Leitsystem zu Lagerprozessen gilt sinngemäß das Gleiche. Das Leitsystem kann somit als Verbindung zwischen der Ebene der ERP-Systeme und der physischen Ebene gesehen werden. Es führt Prozessschritte, die im ERP-System grob definiert sind, detailliert aus, steuert beispielsweise Lagereinrichtungen und Fertigungsmaschinen an und liefert Informationen aus dem eigenen System und ggf. aus der physischen Ebene an das ERP-System zurück. Die Systemlandschaft aus ERP-Systemen, Leitsystemen und physischen Systemen kann in einem produzierenden Unternehmen wie in Abbildung 3 dargestellt werden.

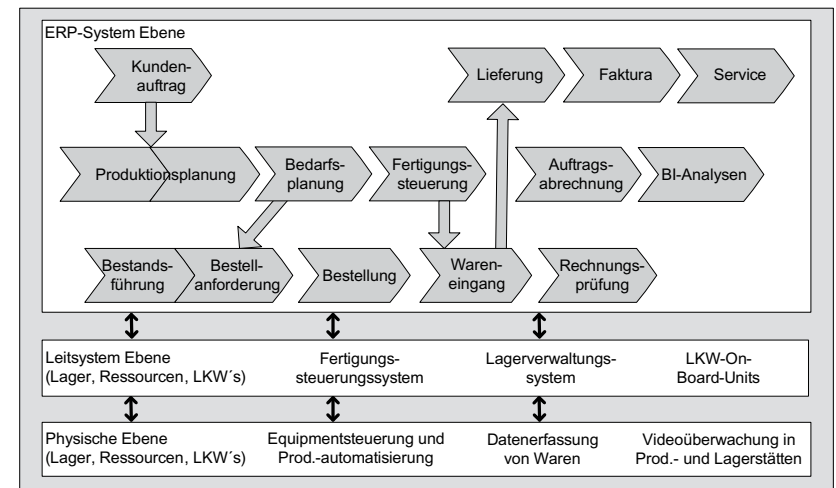


Abb. 4: Operative logistische Systemlandschaft

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass für die Unterstützung eines vollständigen logistischen Prozesses von der Produktionsprogrammplanung bzw. dem Eintreffen von Kundenaufträgen bis zur Auslieferung an den Kunden und die Faktura neben den Prozessschritten in den ERP-Systemen auch Prozessschritte in den Leitsystemen durchlaufen werden müssen, sowie die physischen Anlagen im Lager, der Produktion und dem Transport entsprechend

zu berücksichtigen sind. Fertigungssteuerungssysteme, Lagerverwaltungssysteme und Einrichtungen zur Steuerung von Lieferfahrzeugen (beispielsweise über On-Board-Units) schlagen auf der Leitsystemebene eine Brücke von den ERP-Systemen zu den physischen Systemen. Auf einer physischen Ebene sind entsprechend in erster Linie Lager- und Fördereinrichtungen, (Fertigungs-)Maschinen und Lieferfahrzeuge über die Equipmentsteuerung und Produktionsautomatisierung in die Systemlandschaft zu integrieren. Abgerundet wird eine Ebene der physischen Systeme durch ihre automatisierte Überwachung durch RFID und Videotechnik. Die Berücksichtigung einer Leitsystemebene und einer physischen Ebene im Logistikprozess ist in der nachfolgenden Abbildung 4 dargestellt. Damit liegt eine Prozesskette für die operativen Produktionsplanung, -steuerung und -ausführung vor.

3.2 Erweiterung der operativen Produktionsplanung und -steuerung

Wie aus den oben aufgelisteten Kompetenzen deutlich wird, sind in der operativen logischen Systemlandschaft in Abbildung 4 noch nicht alle Kompetenzen vorhanden. Mit der dargestellten logistischen Prozesskette ist jedoch eine vollständige Umsetzung möglich. Das wirft die Frage auf, wie sich die übrigen Kompetenzen in die Logistik eingliedern. Nicht im operativen logistischen Prozess eingeordnet sind bislang

- die Planung und Realisierung von Lager- und Fördertechnik;
- die Optimierung von Prozessen, Algorithmen und Parametern;
- die Simulation und Engpassanalyse von Produktions- und Logistikprozessen;
- die Emulation physischer Systeme.

Teilweise werden diese Aufgaben durch Projekte mit einer mittel- bzw. teilweise sogar langfristigen Laufzeit durchgeführt. Die mittlere (bzw. hohe) Managementebene ist involviert und die Bedeutung für das Gesamtunternehmen ist entsprechend hoch. Daher handelt es sich um taktische Projekte.

Die Unterscheidung zwischen der taktischen und der operativen Ebene wird hier folgendermaßen getroffen. Das taktische Produktionsmanagement soll dazu beitragen, die in der strategischen Entscheidungsebene gesetzten Ziele schrittweise zu verwirklichen und die angestrebte Leistungsstärke nachhaltig aufzubauen. Dies geschieht vor allem durch die Umgestaltung und Weiterentwicklung der Produktionsinfrastruktur. Typische taktische Fragestellungen sind die Dimensionierung der Produktionskapazitäten und die Layoutplanung. Dem gegenüber besteht die Hauptaufgabe des operativen Produktionsmanagements darin, zur Ausschöpfung jener Leistungspotentiale beizutragen, die zuvor durch die Entscheidungen der taktischen Planungsebene geschaffen wurden. Hierzu sind beispielsweise Produktionsprogramme zur wirtschaftlichen Nutzung der Kapazitäten aufzustellen [GüTe07]. Somit werden die

Rahmenbedingungen für die operativen Prozesse auf der taktischen Ebene geschaffen. Im Umkehrschluss dienen die vorhandenen Vorgehensweisen auf der operativen Ebene als Ausgangsbasis für die Planungen im taktischen Bereich.

Um taktische Aufgaben in die logistische Prozesskette integrieren zu können, wird eine taktische Ebene eingeführt (siehe Abbildung 5). In diesen erweiterten Prozess werden die oben genannten Aufgaben wie folgt eingeordnet.

Die Simulation wird in der Regel zur Bewertung von bevorstehenden Aufgaben der Produktions- oder Logistiksystemplanung und zur Beantwortung von vorab festgelegten Fragestellungen eingesetzt. Die Simulationen können und müssen dabei alle Feinheiten des Produktions- oder Logistiksystems abdecken. Durch realitätsnahe Vorhersagen können in der Projektphase Prozessalternativen gegenübergestellt und bewertet werden. Die Engpassanalyse ist ein spezifisches Teilproblem der Simulation. Folglich handelt es sich um eine taktische Aufgabe.

Auch die Projekte zur Entwicklung von Algorithmen und Parametern in der Bedarfsplanung, Ressourcenbelegungsplanung und zur Optimierung von Prozessen erfüllen die Kriterien an einer taktischen Fragestellung.

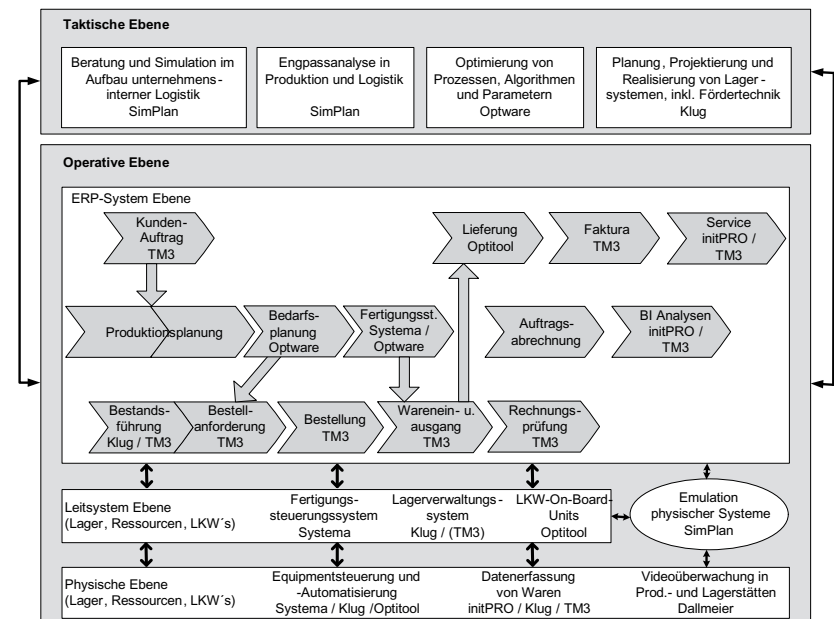


Abb. 5: Übersicht über Ebenen logistischer Prozesse im NIL

Abgerundet wird die Prozessunterstützung auf der taktischen Ebene durch die Planung und Projektierung von Lagerlogistiksystemen. Die Planung beginnt mit der Erfassung und Analyse von Artikelstrukturdaten, Auftragsdaten und Materialflussdaten. Darüber hinaus spielt die Analyse von Geschäftsprozessen und Organisationsstrukturen eine wichtige Rolle. Darauf aufbauend werden anschließend komplexe Lagerlogistiksysteme geplant und (als Generalunternehmer) ganz oder teilweise durchgeführt.

Die Emulation physischer Systeme im Rahmen der Softwareentwicklung wurde in Abbildung 5 der operativen Ebene zugeordnet. Diese findet zwar nicht im tatsächlichen operativen Prozess statt, kann aber als ständige Aufgabe angesehen werden, um Änderungen in den ERP-Systemen und den Leitsystemen in einer geeigneten Umgebung testen zu können, weswegen sie nicht die oben genannten Kriterien an einer taktischen Aufgabe erfüllt.

Ein Überblick über die vorgestellten logistischen Prozesse auf der taktischen und der operativen Ebene ist in der Abbildung 5 dargestellt.

Nach diesen Überlegungen macht die taktische Ebene Vorgaben für die untergeordnete operative und ausführende Ebene. Können diese nicht erfüllt werden, so bietet es sich an, die durch die taktische Ebene geschaffenen Rahmenbedingungen anzupassen. Die in Abbildung 5 angegebenen Pfeile deuten an, dass dies durch einen Regelkreis geschehen könnte. Es sei betont, dass hierzu erhebliche Weiterentwicklungen notwendig sind, die weit über die Funktionalität hinausgeht, die von den acht Unternehmen angeboten wird. Das prinzipielle Konzept eines solchen Regelkreises und vor allem die damit verbundenen erheblichen Schwierigkeiten bei ihrer Umsetzung wird beispielsweise in [Neum96] und in [Reu06] erläutert.

3.3 Einordnung der Unternehmen

Bei der Untersuchung der acht Unternehmen aus dem Raum Regensburg wurde als Folge der Prozessdarstellung die Einordnung der Unternehmen in die Schritte der logistischen Prozesse vorgenommen. Auf der taktischen Ebene wird die Beratung und Simulation, sowie die Engpassanalyse in der Produktion und Logistik von der SimPlan AG erbracht. Die Optimierung von Prozessen, Algorithmen und Parametern erfolgt durch die Optware GmbH. Die Klug GmbH führt die Planung, Projektierung und Realisierung komplexer Lagersysteme durch. Die taktische Ebene kann somit vollständig abgedeckt werden.

Auf der operativen Ebene kann bei den Leitsystemen das Fertigungssteuerungssystem von der Systema GmbH gestellt werden. Im Bereich der Lagerverwaltungssysteme ist bei der Klug GmbH hohe Kompetenz vorhanden. Für manuelle Lager stehen hier zudem Lösungen der TM3 Software GmbH zur Verfügung. Die Steuerung von Lieferfahrzeugen ist über On-Board-Units in LKWs durch die Optitool GmbH möglich.

Auf der physischen Ebene kann die Equipmentsteuerung bzw. Produktionsautomatisierung durch die Softwarelösungen auf der Leitsystemebene vollständig abgedeckt werden. Lösungen zur automatisierten Datenerfassung mittels RFID Technologie können von der initPRO GmbH zur Verfügung gestellt werden. Die Überwachung von Gefahrenübergängen, Produktions- und Lagerstätten kann durch die Dallmeier KG erfolgen.

Auf der ERP-Ebene können die Schritte der Beschaffungslogistik (Bestellanforderung, Bestellung, Wareneingang und Rechnungsprüfung) und Schritte des Vertriebs (Kundenauftragsbearbeitung, Faktura, Retouren- und Reklamationsbearbeitung) von der TM3 Software GmbH in einem Warenwirtschaftssystem abgebildet werden. Reporting- und Business Intelligence Anwendungen stehen sowohl von der TM3 Software GmbH als auch von der initPRO GmbH zur Verfügung. Die initPRO GmbH verfügt zudem über ein Service- & Repairmanagementsystem. Das Tourenplanungs- und Tourenoptimierungssystem der Optitool bildet die Prozessschritte der Lieferung auf der ERP-Ebene vollständig ab. Die Fertigungssteuerung kann auf der ERP-Ebene durch Anwendungen der Systema GmbH unterstützt werden. Hinzu kommen die Optimierungslösungen für die Fertigungssteuerung und Bedarfsplanung durch die Optware GmbH.

Wie aus dieser Auflistung hervorgeht, können im operativen Bereich auf der Leitsystemebene und der physischen Ebene relevante Problemstellungen der Logistik durch die acht Unternehmen gelöst werden. Differenzierter gestaltet sich der Bereich der ERP-Systeme. Hier können weite Teile ideal abgedeckt werden. Jedoch können mit den derzeit vorhandenen Softwarelösungen einige Prozessschritte der Produktionslogistik nicht abgedeckt werden. Die vollständige Unterstützung der Produktionsprogrammplanung, der Bedarfsplanung und die Auftragsabrechnung sind derzeit nicht möglich.

4 Netzwerk für innovative Logistik (NIL)

Aus der Untersuchung der acht Unternehmen ging hervor, dass es sich um ein recht heterogenes Produktportfolio handelt, aber große Teile der Logistik mit hoher Kompetenz umgesetzt werden können. Aus diesem Grund schlossen sich die acht Unternehmen zum Netzwerk für innovative Logistik (NIL) zusammen. Das Ziel des Netzwerkes ist es, gegenüber (potentiellen) Kunden als Lösungspartner für alle Fragestellungen entlang der logistischen Prozesskette zur Verfügung zu stehen, Produkte und Dienstleistungen gemeinsam anzubieten und sich somit gegenseitig Märkte zu erschließen. Hierfür ist langfristig geplant die bestehenden Softwarelösungen der Netzwerkpartner mittels einer Serviceorientierten Architektur (SOA) in einer geeigneten Technologieplattform

zu verknüpfen. Dadurch soll es gelingen die logistische Prozesskette innerhalb eines Unternehmens vom Lieferanten bis zum Empfänger zu steuern.

Auf der Grundlage der Erkenntnisse aus der Prozessbeschreibung wurden Szenarien entworfen, wie mit den vorhandenen Softwarelösungen integrierte IT-Logistikprodukte am Markt angeboten werden können. Es haben sich drei Szenarien herauskristallisiert, wie mit den vorhandenen Produkten oder unter Hinzuziehung eines externen ERP-Produkts ganzheitliche Logistiklösungen möglich erscheinen. In den folgenden Unterkapiteln wird je ein Anwendungsszenario für Handelsunternehmen und für Industriebetriebe betrachtet sowie ein Szenario mit einem externen ERP-System dargestellt. In allen drei Szenarien sind die Elemente der taktischen Planung identisch. Diese wurden in Kapitel 3.2 bereits erläutert und bleiben im Nachfolgenden unkommentiert.

4.1 Anwendungsszenario für Handelsunternehmen

Als erstes wird ein Anwendungsszenario betrachtet, bei dem die Produkte der NIL-Unternehmen die logistischen Prozesse in einem Handelsunternehmen unterstützen sollen. Wie in Abbildung 6 aufgezeigt ist, können hier die klassischen ERP-Funktionen wie etwa Beschaffungswesen, Kundenauftragsabwicklung und Faktura durch das Warenwirtschaftssystem der TM3 Software GmbH abgewickelt werden. Darüber hinaus ist in diesem System ein Portal für die

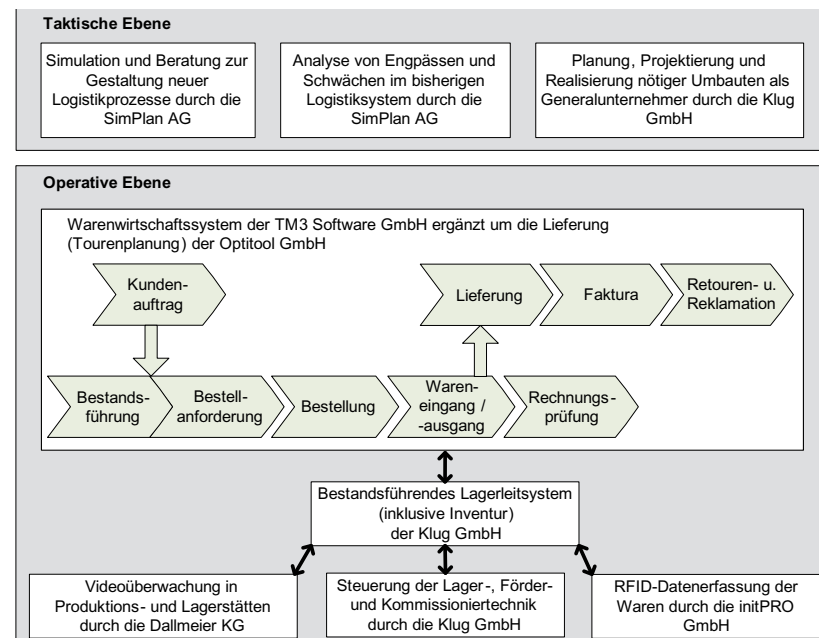


Abb. 6: Anwendungsszenario für Handelsunternehmen

Retouren- und Reklamationsbearbeitung integriert. Ergänzt wird der Funktionsumfang auf der ERP-Ebene durch die Tourenplanung der Optitool GmbH.

Darunter befindet sich das Lagerleitsystem der Klug GmbH, welches in der Regel die Bestandsführung übernimmt. Das Lagerleitsystem führt Prozesse detailliert aus und steuert unter anderem die Lager-, Förder- und Kommissionierungstechnik auf der physischen Ebene. Komplettiert wird das System auf der physischen Ebene durch die Videoüberwachung am Gefahrenübergang durch die Dallmeier KG und die RFID-Datenerfassung der initPRO GmbH.

Das gesamte Szenario lässt sich somit wie in der folgenden Abbildung 6 dargestellt visualisieren. Das Lagerverwaltungssystem der Klug GmbH nimmt dabei in diesem Szenario eine zentrale Stellung ein. Alle anderen Systeme kommunizieren hier ausschließlich mit dieser Software.

Ergänzend sei angemerkt, dass die Integration weiterer Anwendungen denkbar ist, beispielsweise etwa die Kopplung eines Business Intelligence Moduls der initPRO GmbH.

4.2 Anwendungsszenario für Industrieunternehmen

Als weiteres Szenario ist die Unterstützung der Logistik in einem produzierenden Unternehmen vorstellbar. Sofern die Prozesse auf der ERP-Ebene durch Software der NIL-Unternehmen abgedeckt werden sollen, muss das Warenwirtschaftssystem der TM3 Software GmbH um Module zur Produktionslogistik erweitert werden. Während die Fertigungssteuerung dabei von der Systema GmbH unterstützt werden kann, sind für die Produktions- und Bedarfsplanung sowie die Auftragsabrechnung Komponenten neu zu entwickeln bzw. müssen zugekauft und integriert werden (siehe fett umrandete Elemente in Abbildung 7). Abgerundet wird die ERP-Funktionalität in diesem Szenario durch das Service- und Repairmanagement sowie die Business Intelligence Module der initPRO GmbH und die Tourenplanung der Optitool GmbH.

Unterhalb des ERP-Systems befinden sich auf der Leitsystemebene die Lagerverwaltung der Klug GmbH sowie ein Fertigungssteuerungssystem, das von der Systema GmbH konfiguriert werden kann. Das Fertigungssteuerungssystem managt dabei die Produktion, steuert Fertigungsmaschinen an und ruft Daten von diesem ab und integriert sie. Zudem kann eine Kopplung zur RFID-Datenerfassung der initPRO GmbH vorhanden sein. Das Lagerverwaltungssystem der Klug GmbH führt wie im obigen Szenario Lagerprozesse detailliert aus und steuert unter anderem die Lager-, Förder- und Kommissionierungstechnik auf der physischen Ebene. Darüber hinaus ist das System ebenfalls mit der RFID-Datenerfassung der initPRO GmbH verbunden. Komplettiert wird das System auf der physischen Ebene durch die Videoüberwachung am Gefahrenübergang der Dallmeier KG, welches an das Lagerleitsystem der Klug GmbH gekoppelt ist sowie insbesondere durch die Ansteuerung einer

beliebigen Anzahl an Fertigungsmaschinen sowie einer allgemeinen Produktionsautomatisierung.

Das gesamte Szenario ist in der Abbildung 7 dargestellt. Auch hier nimmt analog zum obigen Szenario die Leitsystemebene eine zentrale Stellung ein, welche sich hier jedoch in die zwei Systeme Lagerverwaltungssoftware und Fertigungssteuerungssystem gliedert. Auch zwischen diesen beiden Systemen sind Kopplungen denkbar, beispielsweise um Informationen über die Kommissionierung aus der Lagerverwaltung bereits in das Scheduling bzw. Dispatching im Fertigungssteuerungssystem einfließen zu lassen. Diese Integrationsmöglichkeiten wurden hier jedoch außer Acht gelassen.

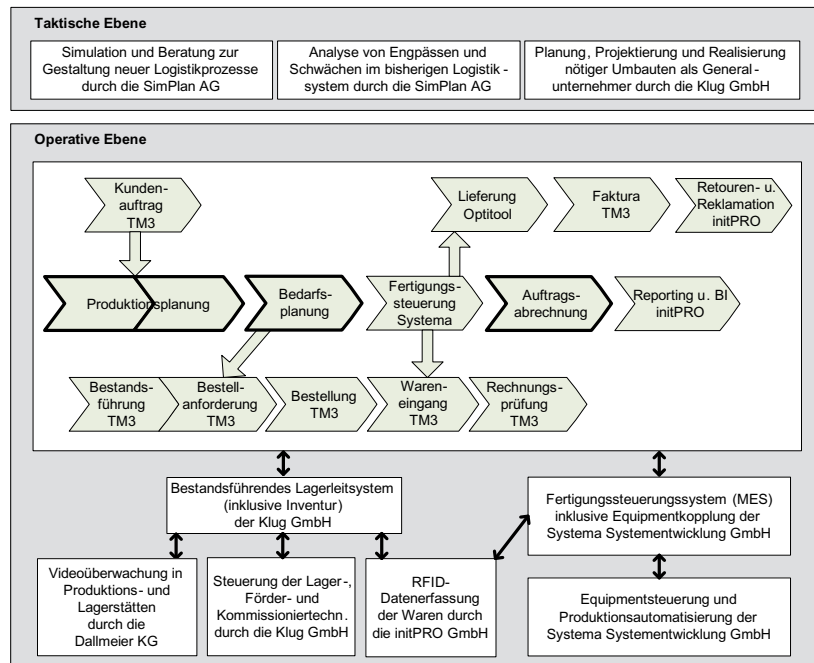


Abb. 7: Anwendungsszenario für Industrieunternehmen

4.3 Anwendungsszenario mit externem ERP-Produkt

Aus dem obigen Szenario geht hervor, dass es im NIL nicht möglich ist auf der Ebene der ERP-Systeme ausschließlich mit eigenen Produkten alle Bereiche eines produzierenden Unternehmens abzudecken. Diese Tatsache und der Umstand, dass in den meisten Unternehmen bereits ERP-Software vorhanden ist, die nur schwer verdrängt werden kann, lässt die Frage aufkommen, wie sich die Kooperation innerhalb des Netzwerkes darstellen könnte, wenn

ein externes Unternehmen das ERP-System liefert. Dabei wurde in der folgenden Abbildung 8 als ERP-System eine Standardsoftware wie etwa SAP ERP, Sage ERP oder Microsoft Dynamics angenommen. Diese kann aber, je nach Bedarf des Kunden, mit jeder anderen ERP-Software substituiert werden.

In einem solchen Szenario, welches in Abbildung 8 dargestellt ist, ist sämtliche ERP-Funktionalität in einem ERP-System gebündelt und kann durch die Tourenplanung der Optitool GmbH und weiteren Anwendungen ergänzt werden. Beispielsweise ist, wie in der Visualisierung dargestellt, eine Kopplung zu einer Business Intelligence Anwendung der initPRO GmbH denkbar. Genauso könnte jedoch die Retouren- und Reklamationsbearbeitung der TM3 Software GmbH oder das Service- und Repairmanagement der initPRO GmbH an das externe ERP-System gekoppelt werden.

Unterhalb des ERP-Systems befinden sich auf der Leitsystemebene wieder die Lagerverwaltung der Klug GmbH und das von der Systema GmbH konfigurierte Fertigungssteuerungssystem. Um diese beiden Leitsysteme reihen sich wiederum die Systeme auf der physischen Ebene, also die Produktions-, Lager-, Förder- und Kommissionierungseinrichtungen, sowie die Videoüberwachung der Dallmeier KG und die RFID-Datenerfassung der initPRO GmbH.

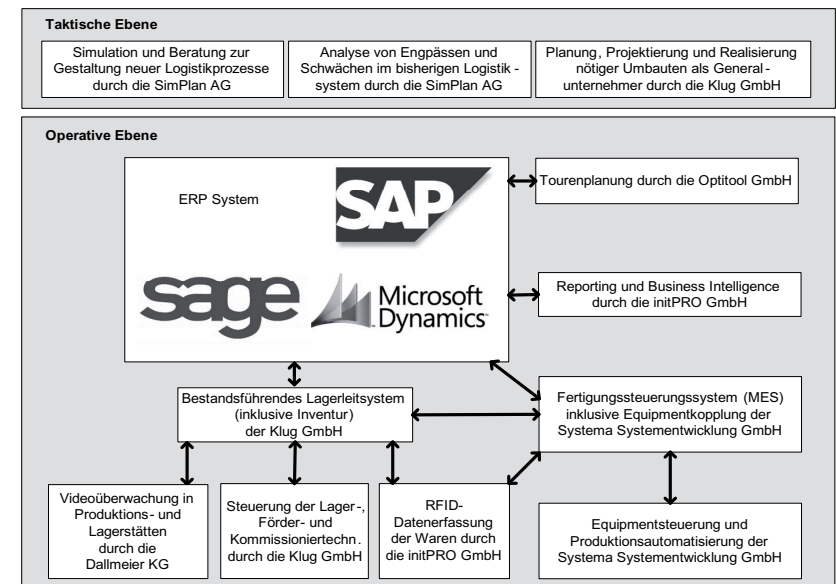


Abb. 8: Anwendungsszenario mit einem externen ERP-Produkt

Diese physischen Einrichtungen interagieren ausschließlich mit der Leitsystemebene, also dem Lagerverwaltungs- und dem Fertigungssteuerungssystem.

Auch in einem solchen Szenario können weitere Koppelungen auf der Leitebene stattfinden. Interessant erscheint die in Abbildung 8 illustrierte Koppelung zwischen dem Lagerverwaltungssystem und dem Fertigungssteuerungssystem, die Fertigung Produkte aus dem Lager benötigt und Fertigprodukte ins Lager liefert.

5 Zusammenfassung

Die Ausarbeitung beschreibt exemplarisch die prozessorientierte Verbindung von Speziallösungen in der Logistik zur Steuerung eines produktionslogistischen Prozesses, der klassische ERP-Funktionalitäten, eine Leitebene und eine taktische Ebene umfasst. Mit den vorgestellten Anwendungsszenarien dürften die Unternehmen ihrem Ziel deutlich näher kommen, nach dem sie gegenüber (potentiellen) Kunden als Lösungspartner für alle Fragestellungen entlang der logistischen Prozesskette zur Verfügung stehen, Produkte und Dienstleistungen gemeinsam anbieten und sich somit gegenseitig Märkte erschließen. Interessant ist die Verbindung auch deswegen, weil sie zusätzliche Funktionalitäten ermöglicht, die in weitergehenden Studien erforscht werden sollen.

Literatur

- [AbMü04] Abts, Dietmar; Müller, Wilhelm: Grundkurs Wirtschaftsinformatik. Vieweg Verlag, Wiesbaden 2004.
- [GüTe07] Günther, Hans-Otto; Tempelmeier, Horst: Produktion und Logistik. Springer Verlag, Heidelberg 2007.
- [Hung04] Hungenberg, Harald: Strategisches Management in Unternehmen. Ziele – Prozesse – Verfahren. Gabler Verlag, Wiesbaden 2004.
- [HeBu10a] Herrmann, Frank; Burgmayr, Georg: Detaillierter Funktionsumfang der IT-Systeme im Netzwerk für innovative Logistik. Interner Bericht, Regensburg 2010.
- [HeBu10b] Herrmann, Frank; Burgmayr, Georg: Integration der IT-Systeme im Netzwerk für innovative Logistik durch eine SOA-Architektur. Interner Bericht, Regensburg 2010.
- [Neum96] Neumann, Klaus: Produktions- und Operationsmanagement. Springer Verlag, Karlsruhe 1996.
- [Pawe07] Pawellek, Günther: Produktionslogistik. Carl Hanser Verlag, München 2007.
- [Reu06] Reusch, Pascal: Effiziente Lösung komplexer Produktionsplanungsprobleme. Dissertation, Universität Duisburg-Essen, 2006.

Kontakt: Prof. Dr.-Ing. Frank Herrmann / Dipl.-Wirt.-Inf. (FH) Georg Burgmayr
Hochschule Regensburg, Universitätsstr. 31, 93053 Regensburg, T 0941 943-1307,
frank.herrmann@hs-regensburg.de

Ein Informationssystem für das RFID-gestützte Behältermanagement

Prof. Dr. Thomas Barton

1 Einleitung

In dem Beitrag wird das Thema „Ein Informationssystem für das RFID-gestützte Behältermanagement“ in der Form „analysieren, modellieren und implementieren“ vorgestellt, wie es für die Wirtschaftsinformatik typisch ist. Das Anwendungssystem stellt Funktionalität zur Verfügung, um Behälter zu lokalisieren und zu reservieren. Die Erstellung des Anwendungssystems erfolgt unter Verwendung des Architekturstils REST (Representational State Transfer). Zu Beginn wird das Thema RFID-gestütztes Behältermanagement beleuchtet. Anschließend wird der Architekturstil REST vorgestellt. Die Anforderungen an das Anwendungssystem werden unter Verwendung von Anwendungsfällen beschrieben. Es folgt die Vorstellung des verwendeten .NET-Frameworks. Daran schließt sich eine Anleitung zur Erstellung des Informationssystems an und umfasst die Modellierung der Ressourcen und Informationen zum Design des Anwendungssystems. Die Funktionalität und die Funktionsweise des entwickelten Prototyps werden anhand von Screenshots dargestellt.

2 RFID-gestütztes Behältermanagement

Der Begriff Behältermanagement betrachtet den Einsatz von Mehrwegtransportbehältern und die Verwaltung von Mehrwegbehälterbeständen bzw. die Steuerung von Behälterkreisläufen in der Supply Chain [LaZs07]. Nach logistischen Einheiten werden Fertigprodukte und Mehrwegtransportbehälter in Unternehmen am häufigsten mit RFID-Transpondern versehen [StGF08]. Die Verwendung von RFID-Transpondern bei Behältern ermöglicht eine berührungslose Datenerfassung ohne Sichtkontakt, die einen Zeitersparnis im Wareneingang und Warenausgang erzielt [Gola07]. ROI-Berechnungen zeigen, dass sich der Einsatz von RFID-Technologie im Behältermanagement rechnet [FICD05]. Die Lokalisierung von Behältern in Echtzeit führt dazu, dass leere Behälter schneller einer erneuten Nutzung zugeführt werden, so dass die Anzahl der Behälter reduziert werden kann [FrDa06]. So können Einkaufs- und Mietkosten reduziert werden [GüKK08].

Abbildung 1 zeigt exemplarisch zwei Behälter, die mit RFID-Transpondern versehen sind, in einem Behälterkreislauf in der Produktion. Vereinfacht wird von einer Produktionsstätte und von einem geschlossenen System ausgegangen. Die Behälter dienen dazu, während des Produktionsprozesses Halbfertigprodukte oder Produkte zu transportieren.

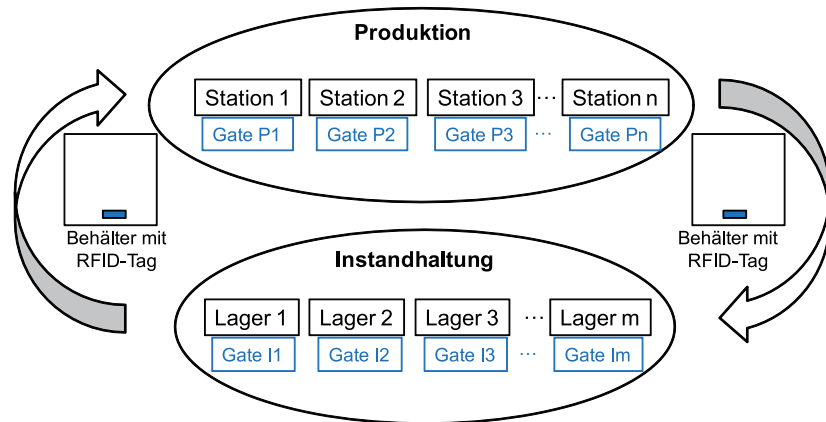


Abb. 1: Behälter in einem Kreislauf aus Produktion und Instandhaltung

Befindet sich ein Behälter in einem bestimmten Produktionsprozess, soll die zu dem Produktionsprozess assoziierte Produktionsstation lokalisiert werden. Dazu besitzt jede Produktionsstation ein RFID-Gate. Zur Reinigung und zur Wartung bzw. zur Einlagerung werden die Behälter einem Instandhaltungsmanagement zugeführt. Dabei verfügt jedes Lager über ein RFID-Gate, so dass die Lagerung eines Behälters in den verschiedenen Lagern verfolgt werden kann. Über die Abfrage, in welchem Lager sich ein Behälter befindet, wird bestimmt, ob der Behälter verfügbar ist oder nicht, in welchem Produktionsschritt er sich befindet bzw. ob er gereinigt bzw. gewartet wird.

Neben der Lokalisation von Behältern soll eine Behälterreservierung realisiert werden, die einem Benutzer in die Lage versetzt, einen Behälter für einen gewissen Zeitraum zu reservieren.

3 Der Architekturstil REST

Der Architekturstil REST (Representational State Transfer) geht auf Roy Fielding zurück [Fiel00]. Die wesentlichen Prinzipien dieses Architekturstils sind:

- Eine Ressource (ein elektronisches Dokument, ein Bild, eine Informationsquelle, die einem bestimmten Zweck dient, wie z. B. der „Wetterbericht von

Los Angeles“ oder auch eine Sammlung anderer Ressourcen [RFC01] wird über eine URI eindeutig identifiziert.

- Es wird eine gleichförmige Schnittstelle verwendet mit den Operationen GET, PUT, POST und DELETE. Die Methode GET dient dazu, eine Repräsentation einer Ressource anzufordern. Mit Hilfe der Methode PUT wird eine bestehende Ressource aktualisiert. Das Anlegen einer neuen Ressource erfolgt mit Hilfe der Methode POST. Die Methode DELETE findet beim Löschen einer Ressource Verwendung.
- Eine Ressource ist in verschiedenen Formaten z. B. XML, HTML, Text- oder Binärformate verfügbar. Ist der Aufrufer einer Anwendung ein Browser, wird er eine Repräsentation im Format HTML anfordern, während eine Desktop-Anwendung ein XML-File benötigt.
- Die Kommunikation ist statuslos. D. h. ein Zustand wird von einem Client gehalten bzw. vom Server in einen Status einer Ressource umgewandelt. Eine Applikation bewegt sich von einem Status zum nächsten über Hypertext-Informationen, also über miteinander verbundene Informationen aus Text, Grafiken, Videos usw.

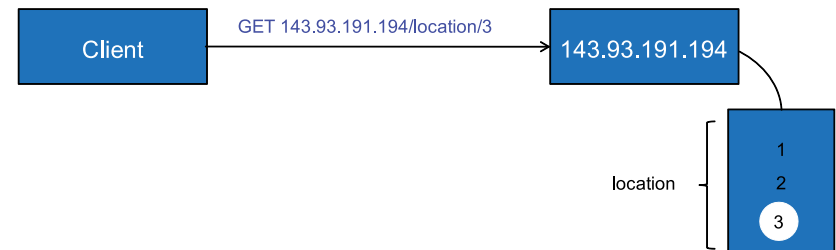


Abb. 2: Abruf einer Repräsentation des Standortes 3 über die Methode GET

Will ein Client die Detailinformationen zu einem Standort anfordern, erfolgt eine GET-Anfrage an einen Host (hier mit der IP-Adresse 143.93.191.194) über die relative URL /location/3. Dabei stellt /location die Liste aller Standorte dar. Aus dieser Liste aller Standorte wird über /3 der Standort mit der ID 3 ausgewählt (Abbildung 2).

4 Anforderungen an ein Anwendungssystem

In einem Anwendungssystem zur Lokalisation und Reservierung von Behältern werden aus Sicht des Anwenders folgende Anwendungsfälle identifiziert:

Der Anwendungsfall mit dem Namen „Informationen zu Behälter abfragen“ dient dazu, folgende Informationen verfügbar zu machen: Wo befindet sich

ein spezieller Behälter? Ist ein spezieller Behälter verfügbar oder wird er gerade gereinigt? Welche Behälter sind zu einem festen Zeitpunkt für einen gewissen Zeitraum verfügbar? Mögliche Akteure sind Mitarbeiter in der Produktion bzw. Prozessplaner oder Prozessingenieure.

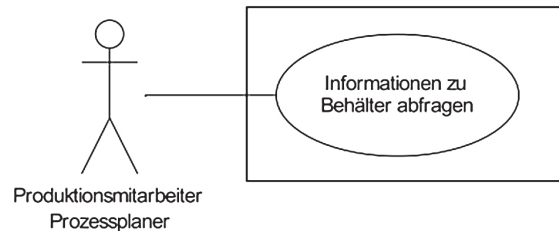


Abb. 3: Anwendungsfall „Informationen zu Behälter abfragen“

Der Anwendungsfall mit dem Namen „Behälter reservieren“ erlaubt einem Prozessplaner bzw. Prozessingenieur, einen Behälter zu einem festen Zeitpunkt für einen gewissen Zeitraum unter Verwendung des Anwendungsfalles „Informationen zu Behälter abfragen“ zu reservieren.

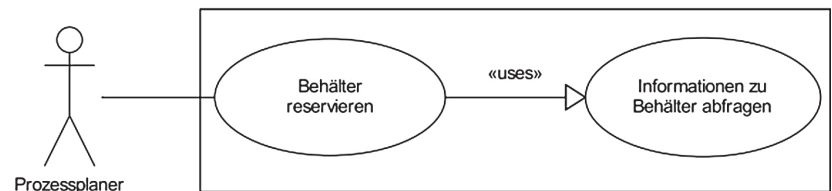


Abb. 4: Anwendungsfall „Behälter reservieren“

5 .NET WCF

Die Windows Communication Foundation ist ein Bereich des .NET Frameworks von Microsoft und dient zur Entwicklung von verteilten Anwendungen. Die Kommunikation von WCF-Anwendungen erfolgt über Serviceendpunkte [Wilm07]. Dabei nutzt ein Client einen Service über einen Serviceendpunkt, der von einem Service veröffentlicht wurde. Die Interaktion über Serviceendpunkte ist schematisch in Abbildung 5 gezeigt:

Ein Serviceendpunkt besitzt eine Adresse, ein Binding und einen Contract. Die Adresse bezeichnet die URL, unter der der Serviceendpunkt zu finden ist. Das Binding legt die Kommunikation des Service mit den Clients fest. Über den Contract werden die Operationen beschrieben, die zur Nutzung des Service zur Verfügung gestellt werden.

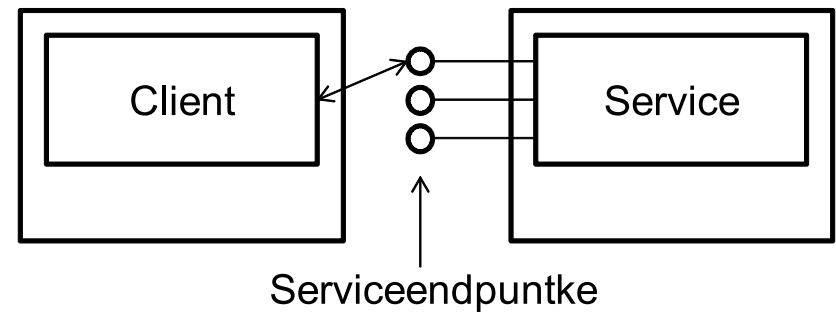


Abb. 5: Interaktion zwischen Client und Service über Serviceendpunkte

Zur Nutzung der Behälterlokalisierung und -reservierung soll ein Serviceendpunkt zur Verfügung gestellt. Dieser Serviceendpunkt ist schematisch in Abbildung 6 dargestellt:

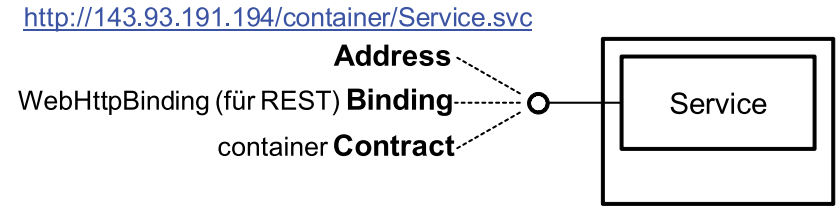


Abb. 6: Serviceendpunkt: Address, Binding und Contract

Als Binding wird „WebHttpBinding“ verwendet, welches vom .NET Framework für die Verwendung des Architekturstils REST ab der Version 3.5 angeboten wird [Chap07].

6 Modellierung und Grobdesign

6.1 Modellierung der Ressourcen

Basierend auf den Anforderungen und den Prinzipien des Architekturstils REST gilt es, alle benötigten Ressourcen zu identifizieren. Insbesondere gilt es zu berücksichtigen, dass die Ressourcen das gleiche Interface mit den Methoden GET, PUT, POST und DELETE verwenden. Für die Lokalisierung und Reservierung von Behältern werden die folgenden Ressourcen identifiziert, wie in Abbildung 7 gezeigt.

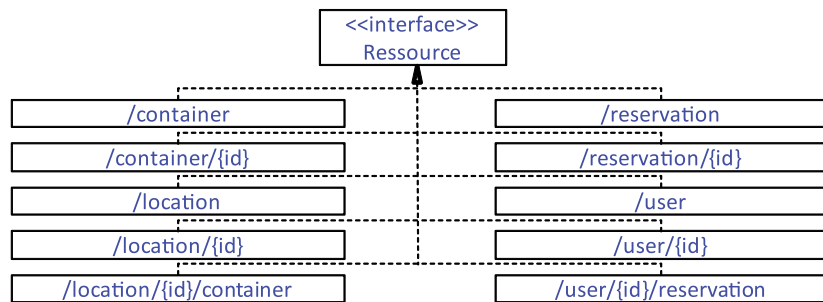


Abb. 7: Modellierung der Ressourcen (Übersicht)

/container ist eine Sammelressource für alle Behälter, ein Zugriff auf einen Behälter erfolgt mit Hilfe seiner ID über die Ressource /container/{id}. Alle Standorte sind über die Sammelressource /location verfügbar, ein einzelner Standort mit der ID 0815 wird dann unter der relativen URI /location/0815 adressiert. Ein Zugriff auf alle Behälter, die am Standort mit ID 0815 vorgefunden werden, er-

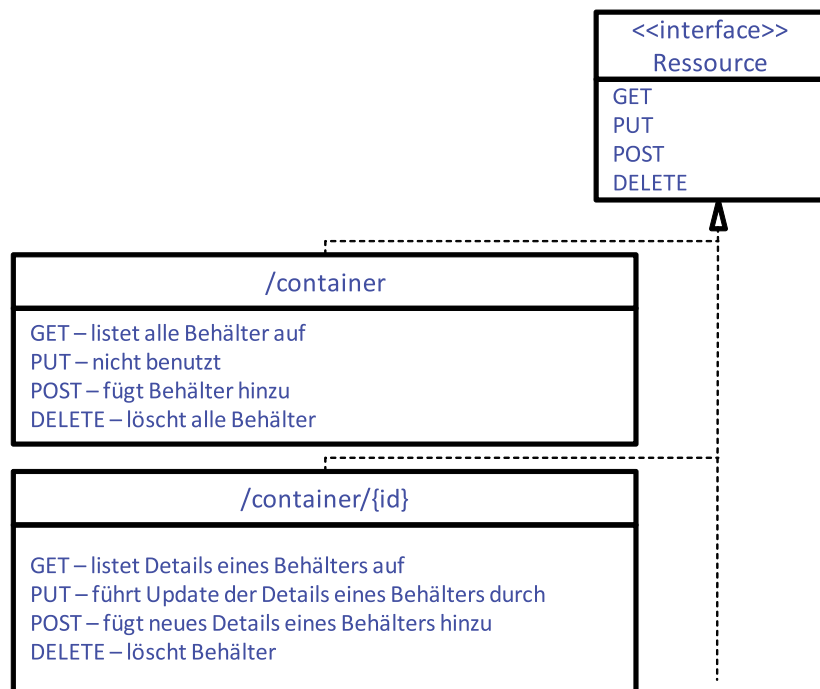


Abb. 8: Modellierung der Ressourcen /container und /container/{id}

folgt über die relative URI /location/0815/container. Ein Benutzer mit ID 00001 ist über die relative URI /user/00001 adressierbar. Die Reservierungen eines Benutzers mit ID 00001 können über die relative URI /user/00001/reservation per HTTP-GET Request angefragt werden. Für die einzelnen Ressourcen ist die Bedeutung der Methoden zuzuordnen. Dies ist in Abbildung 8 für die Ressourcen /container und /container/{id} dargestellt:

Zu beachten ist, dass für eine Sammelressource wie z. B. /container die Methode PUT nicht verwendet wird, und die Methode DELETE das Löschen aller Einzelressourcen auslöst. Alle Operationen an einem einzelnen Behälter wie z. B. die Aktualisierung von Detailinformationen erfolgen über die Ressource /container/{id}. Details zur Modellierung von Behälter-Zuständen sind in einer früheren Publikation zu finden [BaBa10].

6.2 Grobdesign

Die Software für das Behältermanagement besteht i. w. aus den folgenden Klassen und Paketen, die in Abbildung 9 gezeigt sind. Zentrale Klasse ist die Klasse Service, welche das Interface IService implementiert. Das Interface IService selbst legt die Methoden zum Zugriff und zur Modifikation der einzelnen Ressourcen fest. Der Zugriff auf die Datenbank erfolgt über das Paket DB-Anbindung. Für jede Ressource ist eine eigene Klasse implementiert, die sich im Paket Ressourcen befindet. Die Klasse RFID_Reader_Management steuert die RFID-Reader an und liest die Daten aus.

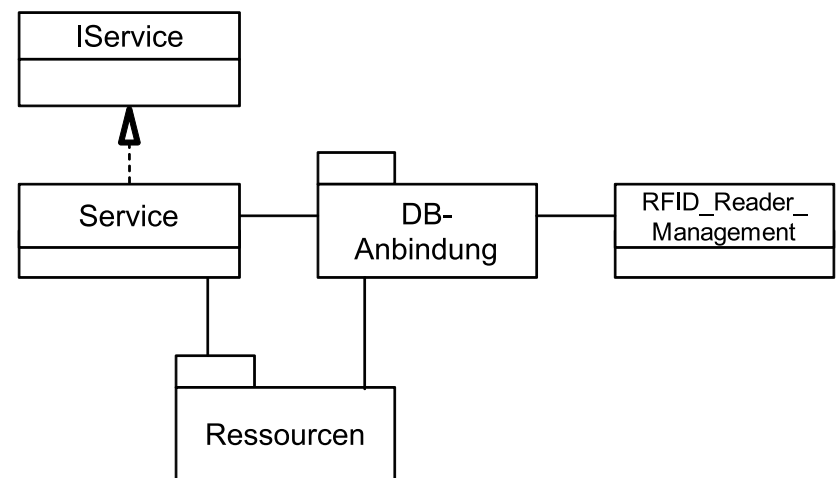


Abb. 9: Strukturdiagramm zur Darstellung der Klassen und Pakete

7 Vorstellung des Prototyps

Im Folgenden wird anhand von Screenshots gezeigt, wie die Software für das Behältermanagement genutzt werden kann. Dazu wird die Eigenschaft verwendet, dass die Repräsentation von Ressourcen in Form von HTML-Dateien erfolgen kann. Die Software ist mandantenfähig. Die Funktionsweise der Software wird im Mandanten „reserv2“ mit der Bezeichnung „Behälter reservieren2“ gezeigt. Startet man die Anwendung in diesem Mandanten, indem der Adresse `http://143.93.191.194/container/Service.svc` für den Mandanten der Zusatz `/reserv2` hinzugefügt wird, erhält man eine Übersicht über die verfügbaren Sammelressourcen „Behälter“, „Orte“, „Benutzer“ und „Reservierungen“, wie in Abbildung 10 gezeigt.

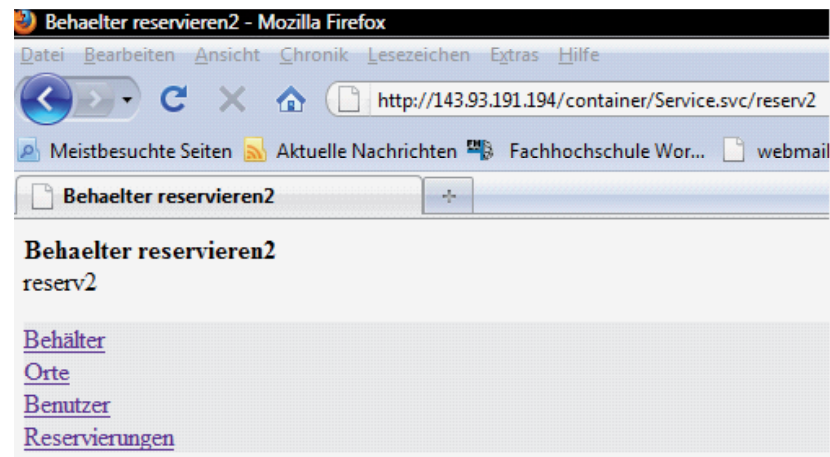


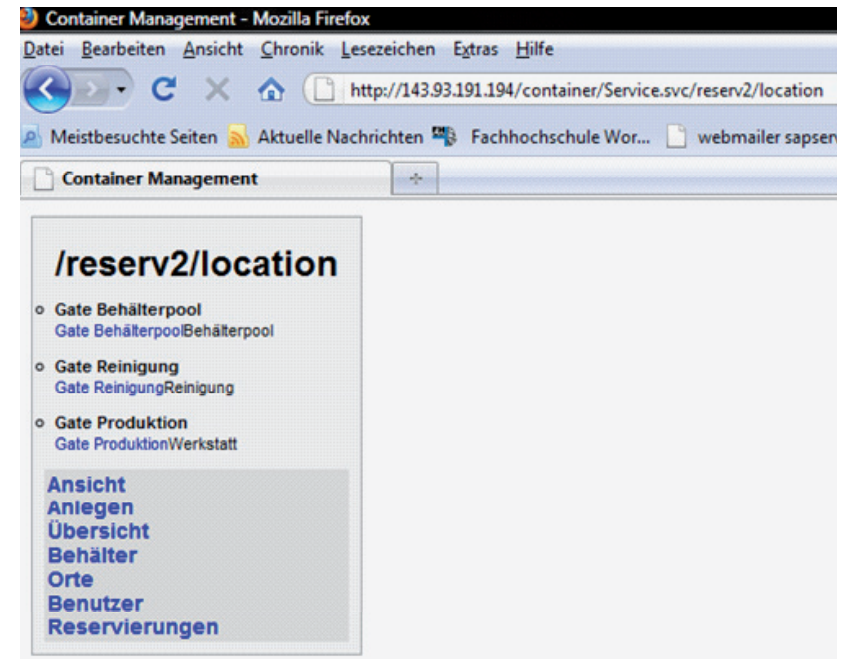
Abb. 10: Start der Anwendung Container Management für den Mandanten „reserv2“

Die Sammelressource „Orte“ (/location) listet zum einen die vorhandenen Standorte auf, zum anderen wird, die Funktionalität aufgelistet, die von der Sammelressource „Orte“ aus verfügbar ist (siehe unterer Teil Abb. 11).

In der in Abbildung 11 gezeigten Darstellung der Sammelressource „Orte“ /location (`http://143.93.191.194/container/Service.svc/reserv2/location`) sind drei Standorte vorhanden: ein Behälterpool zum Lagern der verfügbaren Behälter, eine Reinigung, um Behälter zu säubern, und eine Werkstatt zur Instandsetzung von Behältern. Dabei ist für jeden Standort eine Link auf die Einzelressource vorhanden.

Anhand der Funktionalität für die Sammelressource „Orte“, wie in Abbildung 11 dargestellt, wird beispielhaft gezeigt, wie die Navigation in der Anwendung erfolgt. Über die Funktion „Anlegen“ kann eine neue Einzelressource „Ort“

erstellt werden, „Übersicht“ und „Ansicht“ führt zu der aktuellen Sammelressource, während über „Behälter“ eine Liste aller Behälter abrufbar ist. Ebenso führen „Orte“, „Benutzer“ und „Reservierungen“ zu den entsprechenden Sammelressourcen.



Für den Ort „Reinigung“ wird über den Link „Gate Reinigung“ die Ressource „Ort“ mit der ID 16 angefordert (`http://143.93.191.194/container/Service.svc/reserv2/location/16`). Als Ergebnis erhält man Detailinformationen zum Ort „Reinigung“ (s. Abb. 12) dargestellt. So ist beispielsweise der RFID-Reader mit der Identifikationsnummer 315930595 dem Standort „Reinigung“ (ID 16) zugeordnet. Über „Löschen“ kann der Ort mit der ID 16 gelöscht werden, Änderungen an dem Ort mit der ID 16 sind über „Änderungen“ möglich. Über den Link „Welche Behälter sind hier?“ kann eine Liste der Behälter angefordert werden, die sich am Standort „Reinigung“ befinden. Es folgen (wie in Abbildung 11) Links auf die Sammelressourcen „Behälter“, „Orte“, „Benutzer“ und „Reservierungen“.

Abbildung 13 listet die Behälter auf, die sich am Ort „Reinigung“ (ID 16) befinden (`http://143.93.191.194/container/Service.svc/reserv2/location/16/containers`). Abbildung 13 ist das Ergebnis der Abfrage „Welche Behälter sind hier?“ aus Abbildung 12.

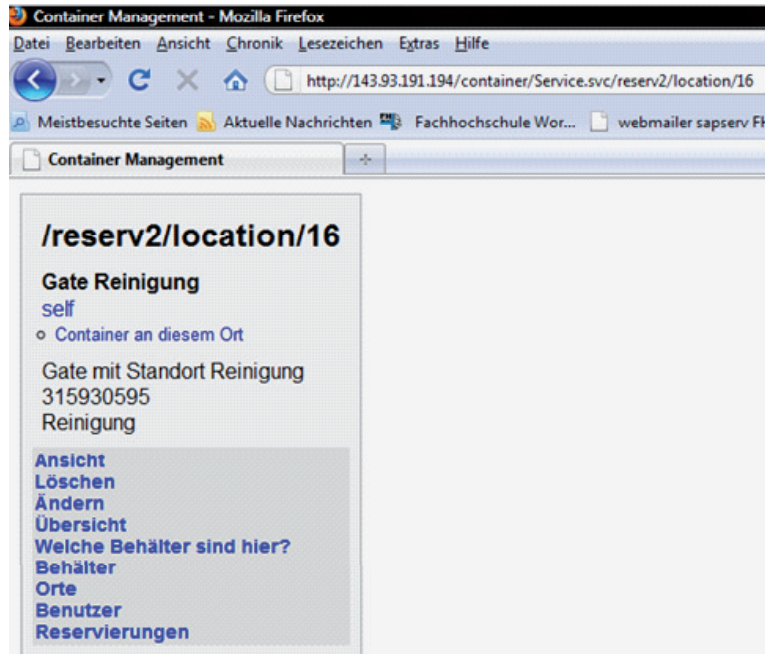


Abb. 12: Abruf der Informationen zum Standort Reinigung

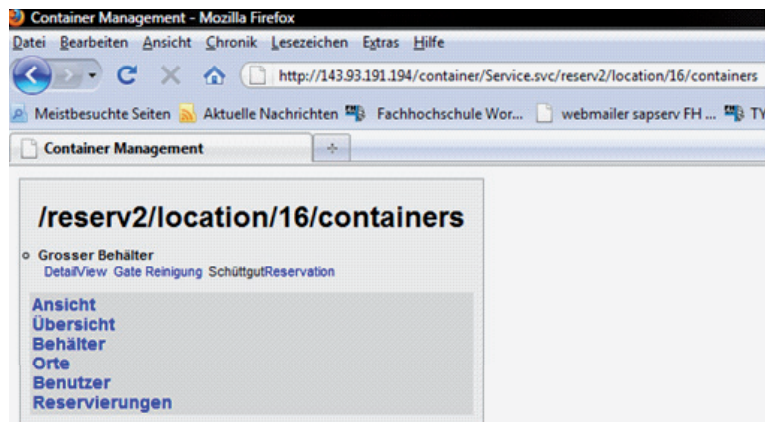


Abb. 13: Behälter am Standort Reinigung

Über „DetailView“ können Detailinformationen zum „Großen Behälter“ abgerufen werden, während über „Gate Reinigung“ die Ressource „Reinigung“ angefordert werden kann. Der Link „Reservierungen“ führt auf die Sammelressource „Reservierungen“.

8 Zusammenfassung

Für das RFID-gestützte Behältermanagement wurde der Prototyp eines Anwendungssystems vorgestellt, der auf Basis des Architekturstils REST konzipiert wurde. Nach der Vorstellung des Architekturstils REST wurde gezeigt, wie Ressourcen identifiziert und modelliert werden. Basierend auf Informationen zum verwendeten .NET Framework wurde das Grobdesign dargestellt. Die Funktionsweise wurde aus Sicht des Anwenders mit Hilfe von Screenshots erläutert.

Literatur

- [BaBa10] Barton T.; Bach B.: Modellierung eines Anwendungssystems zur Behälterlokalisierung und Behälterreservierung auf Basis des Architekturstils REST. In: Schumann, M.; Kolbe, L. M.; Breitner, M. H.; Frerichs, A. (Hrsg.): Multi-konferenz Wirtschaftsinformatik 2010, Universitätsverlag Göttingen 2010, 475-476 (Kurzform, der komplette Beitrag ist im Web verfügbar).
- [Chap07] Chappell, D.: Introducing the .NET Framework 3.5, Microsoft Corporation 2007.
- [Fiel00] Fielding, R. T.: Architectural styles and the design of network-based software architectures. Ph.D. thesis, University of California 2000, Irvine.
- [FICD05] Fleisch, E.; Christ, O.; Dierkes, M.: Die betriebswirtschaftliche Vision des Internets der Dinge. In: Fleisch, E.; Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge – Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen, Springer 2005.
- [FrDa06] Franke, W.; Dangelmaier, W. (Hrsg.): RFID – Leitfaden für die Logistik. Gabler 2006.
- [Gola07] Golabeck, K.: RFID im Behältermanagement. In: Koschke, R.; Herzog, O.; Rödiger, K. H.; Ronthaler, M.: INFORMATIK 2007 – Informatik trifft Logistik (Band 1). Volume P-109 of Lecture Notes in Informatics, 2007, 87-90. Gesellschaft für Informatik e.V.
- [GüKK08] Günther, O.; Kletti, W.; Kubach, U.: RFID in Manufacturing. Springer 2008.
- [LaZs07] Lackner, E.; Zsifkovits, H.: Die Rolle von Behältern in der Supply Chain. In: Engelhardt-Nowitzki, C.; Lackner, E.: Chargenverfolgung – Möglichkeiten, Grenzen und Anwendungsgebiete, 2007, 241-254.
- [StGF08] Strüker, J.; Gille, D.; Faupel, T.: RFID Report 2008 – Optimierung von Geschäftsprozessen in Deutschland. IIG-Telematik, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg 2008, VDI nachrichten, Düsseldorf.
- [RFC01] RFC3986 www.ietf.org/rfc/rfc3986.txt.
- [Wilm07] Wilms, H.: WCF als Basis einer SOA. In: Starke, G. und Tilkov, S. (Hrsg.): SOA-Expertenwissen, dpunkt.verlag 2007, 551-574.

Kontakt: Prof. Dr. Thomas Barton

Fachhochschule Worms, Fachbereich Informatik, Studiengang Wirtschaftsinformatik, Erenburgerstr. 19, 67549 Worms, T 06241 509-253, barton@fh-worms.de

Konzeption einer Datenschnittstelle für Klassen von Simulations- und Optimierungsmodellen

Prof. Dr. Christian Müller
Prof. Dr. Mike Steglich

1 Einleitung

Entscheidungsunterstützende Systeme (decision support systems – DSS) dienen Entscheidungsträgern zur Analyse, Modellierung und Lösung des jeweiligen Entscheidungsproblems. Ein DSS setzt sich nach [Tietjen 03] aus einer Datenkomponente, einer oder mehrerer Modellkomponenten, sowie einer Managementkomponente zusammen. Grundsätzlich ist dabei zu verzeichnen, dass speziell für die Schnittstelle der Datenkomponente keine einheitlichen Standards vorliegen. Eine Austauschbarkeit der Datenkomponente zwischen einzelnen DSS ist daher kaum gegeben. Dieses Problem wird durch den Umstand verstärkt, dass im Rahmen der Modellkomponente unter anderem Simulations- bzw. Optimierungsansätze zur Anwendung gelangen können, die wiederum spezifische Anforderungen an die Datenkomponente haben.

Daher besteht das Ziel dieser Arbeit in der Konzeption einer XML-basierten Datenschnittstelle, die sowohl für Simulations- als auch für Optimierungsansätze verwendet werden kann. Diese Schnittstelle beinhaltet einen Template-Teil, mit dem die Struktur von Parametern beschrieben wird, und einen Value-Teil, der die eigentlichen Daten enthält. Grundsätzlich sollen sowohl die Parameter für Simulations- bzw. Optimierungsmodelle als auch die Resultate der Simulations- bzw. Optimierungsläufe mit einem solchen Format abbildbar sein, wobei der Fokus dieser Arbeit auf den Parametern der Optimierungs- bzw. Simulationsmodelle liegt. Für das erarbeitete XML-Schema werden weiterhin Anwendungsmöglichkeiten im Rahmen von Simulations- und Optimierungsansätzen aufgezeigt, wobei entsprechende Java-Klassen erörtert werden.

2 Grundsätzliche Anforderungen an die Datenkomponente eines Entscheidungsunterstützenden Systems

Grundsätzlich beinhaltet die Lösung eines Entscheidungsproblems die Formulierung eines Zielsystems inklusive der Definition von Zielgrößen und

-präferenzen sowie die Definition des Entscheidungsfeldes. Beide Komponenten führen letztlich zur Formulierung eines Modells, das mit geeigneten Ansätzen zu lösen ist. [Vgl. Sieben, Schildbach 94, S. 16ff.] Im Sinne der Datenkomponente sind dabei Input-Daten als Parameter für die Modellformulierung sowie Output-Daten als Lösung des Optimierungs- bzw. Simulationsmodells zu verarbeiten. Im Weiteren wird der Fokus auf der Betrachtung der Input-Daten liegen.

2.1 Simulationsansätze

Nach [Law 00] lassen sich Simulationssysteme unterscheiden in

- Libraries und Frameworks
- Simulationssprachen
- GUI-basierte Systeme und Assistenten

Eine Übersicht findet sich in [OR/MS 10] und in [Kennington 10]. Letztendlich lassen sich alle für uns interessanten Systeme auf Libraries und Frameworks zurückführen, da sie eine API haben müssen, mit der sie gesteuert werden. Auch zu den Simulationssprachen gibt es ein Steuerprogramm, das diese Aufgabe übernimmt.

Im Folgenden betrachten wir mit Desmo-J [Page, 05] ein Simulations-Framework, welches an der Universität Hamburg im Rahmen eines DFG Projektes entwickelt wurde und als Open Source zur Verfügung steht. An der TH Wildau wurden dazu unter der Leitung von Chr. Müller [Müller 10] Erweiterungen zur Animation entwickelt.

Eine Desmo-J Simulation besteht aus einem Package von Java Klassen, die das Verhalten des Modells beschreiben. Die eigentliche Simulationsfunktionalität liegt in einem Framework von Bibliotheken (jar Archive), die in das Projekt mit eingebunden sind. Simulationsparameter sind entweder als Konstanten fest vorgegeben oder werden mit Java-eigenen Funktionalitäten aus externen Dateien bzw. Datenbanken importiert bzw. als Ergebnisse exportiert.

2.2 Optimierungsansätze

Zur Formulierung und Lösung von Problemen vor allem der linearen Optimierung existiert eine Vielzahl von Softwaresystemen. Betrachtet man die Menge der konzeptionellen Möglichkeiten, erkennt man, dass sich Optimierungssysteme, die eine Modellierungssprache beinhalten, stark etabliert haben. [Vgl. Kallrath 04]

Aus dieser Klasse von Optimierungssystemen, die z. B. AMPL und GAMS beinhaltet, soll in dieser Arbeit die Optimierungsumgebung Coliop3 betrachtet werden. Coliop3 ist eine integrierte Umgebung mit der lineare Optimierungsprobleme formuliert, gelöst und analysiert werden können. Coliop3 beinhaltet die eigenständige mathematische Modellierungssprache CMPL (Coliop

Mathematical Programming Language) und freie Solver für lineare Optimierungsprobleme. Coliop3 und CMPL sind Open-Source-Projekte des Arbeitskreises „Operations Research“ der TH Wildau und der Arbeitsgemeinschaft „Angewandte Optimierung“ am Institut für Unternehmensführung und Unternehmensforschung an der Martin- Luther-Universität Halle-Wittenberg.

Die folgenden Betrachtungen beziehen als Beispiel das sogenannte Diät-Problem ein. Das Ziel dieses Problems besteht in der Ermittlung der kostengünstigsten Kombination von Nahrungsmitteln für eine Woche, die den täglichen Bedarf an den Vitaminen A, B1, B2 sowie C sicherstellt. Um eine gewisse Abwechslung der Nahrung zu gewährleisten, müssen von jeder Nahrungsart mindestens zwei und maximal zehn Packungen im wöchentlichen Nahrungsplan vertreten sein. [Vgl. Fourer/Gay/Kernigham 03, S. 27ff.]

Für das in der folgenden Tabelle angegebene Beispiel [Fourer/Gay/Kernigham 03, S. 28]

food	cost per package	provision of daily vitamin requirements in percentages			
		A	B1	B2	C
BEEF	3.19	60	20	10	15
CHK	2.59	8	2	20	520
FISH	2.29	8	10	15	10
HAM	2.89	40	40	35	10
MCH	1.89	15	35	15	15
MTL	1.99	70	30	15	15
SPG	1.99	25	50	25	15
TUR	2.49	60	20	15	10

kann das mathematische Modell:

$$3.19 \cdot x_{BEEF} + 2.59 \cdot x_{CHK} + 2.29 \cdot x_{FISH} + 2.89 \cdot x_{HAM} + 1.89 \cdot x_{MCH} + 1.99 \cdot x_{MTL} + 1.99 \cdot x_{SPG} + 2.49 \cdot x_{TUR} \rightarrow \min!$$

s.t.

$$60 \cdot x_{BEEF} + 8 \cdot x_{CHK} + 8 \cdot x_{FISH} + 40 \cdot x_{HAM} + 15 \cdot x_{MCH} + 70 \cdot x_{MTL} + 25 \cdot x_{SPG} + 60 \cdot x_{TUR} \leq 700$$

$$20 \cdot x_{BEEF} + 0 \cdot x_{CHK} + 10 \cdot x_{FISH} + 40 \cdot x_{HAM} + 35 \cdot x_{MCH} + 30 \cdot x_{MTL} + 50 \cdot x_{SPG} + 20 \cdot x_{TUR} \leq 700$$

$$10 \cdot x_{BEEF} + 20 \cdot x_{CHK} + 15 \cdot x_{FISH} + 35 \cdot x_{HAM} + 15 \cdot x_{MCH} + 15 \cdot x_{MTL} + 25 \cdot x_{SPG} + 15 \cdot x_{TUR} \leq 700$$

$$15 \cdot x_{BEEF} + 20 \cdot x_{CHK} + 10 \cdot x_{FISH} + 10 \cdot x_{HAM} + 15 \cdot x_{MCH} + 15 \cdot x_{MTL} + 15 \cdot x_{SPG} + 10 \cdot x_{TUR} \leq 700$$

$$x_j \in \{2, 3, \dots, 10\} \quad ; j \in \{BEEF, CHK, DISH, HAM, MCH, MTL, SPG, TUR\}$$

in CMPL in der folgenden Form definiert werden [Vgl. Steglich/Schleiff 10, S. 45]:

parameters:

```
NUTR := set(„A“, „B1“, „B2“, „C“);
FOOD := set(„BEEF“, „CHK“, „FISH“, „HAM“, „MCH“, „MTL“, „SPG“, „TUR“);
#cost per package
costs[FOOD] := (3.19, 2.59, 2.29, 2.89, 1.89, 1.99, 1.99, 2.49);
#provision of the daily requirements for vitamins
vitamin[NUTR, FOOD] := ( (60, 8, 8, 40, 15, 70, 25, 60),
                          (20, 0, 10, 40, 35, 30, 50, 20),
                          (10, 20, 15, 35, 15, 15, 25, 15),
                          (15, 20, 10, 10, 15, 15, 15, 10) );
#weekly vitamin requirements
vitMin[NUTR]:= (700,700,700,700);
```

variables:

```
x[FOOD]: integer[2..10];
```

objectives:

```
cost: costs[ ]T * x[ ]->min;
```

constraints:

```
# vitamin restriction
```

```
vitamin[,] * x[ ] >= vitMin[ ];
```

Ein CMPL-Modell besteht aus vier Sektionen. In der Sektion parameters werden die konstanten Größen des Modells als einzelne Werte oder ein- oder mehrdimensionale Arrays definiert. Im vorliegenden Beispiel sind es die Vektoren der Kosten (costs) und der Untergrenzen der prozentualen Vitaminbedarfe (vitMin) sowie die Matrix der prozentualen Vitamineckung durch die einzelnen Nahrungsarten pro Tag (vitamin). Die Dimensionen dieser Daten ergibt sich aus den Sets der Vitamine (NUTR) und der Nahrungsmittel (FOOD). Die Definition der Modellstrukturen erfolgt in den folgenden Sektionen variables, objectives und constraints, bei denen die Variablen, die Zielfunktion sowie die Nebenbedingungen formuliert werden. [Vgl. Steglich/Schleiff 10, S. 8ff bzw. 21ff.]

Ein CMPL-Modell kann mit unterschiedlichen Input-Daten als Parameter formuliert und gelöst werden. Die Modellstrukturen werden nicht verändert, einzig die Parameter werden über externe CSV- oder CMPL-Dateien eingelesen. So könnte der Kostenvektor costs mit costs[]:=readcsv(„cost.csv“); aus der angegebenen CSV-Datei eingelesen werden. [Vgl. Steglich/Schleiff 10, S. 18ff.]

Dieses CMPL-Modell ist mit CMPL in MPS, FREE-MPS oder in OSiL [Fourer 10] zu übersetzen und einem Optimierungsprogramm zuzuführen. Das Optimierungsprogramm liefert bei Vorliegen einer oder mehrerer Lösungen für die Variablen und Restriktionen des Modells die entsprechenden Werte sowie die ggf. verfügbaren Dualbewertungen.

Grundsätzlich erwartet eine Optimierungsumgebung auf der Input-Seite von der Datenkomponente eines DSS einen lesenden Zugriff auf:

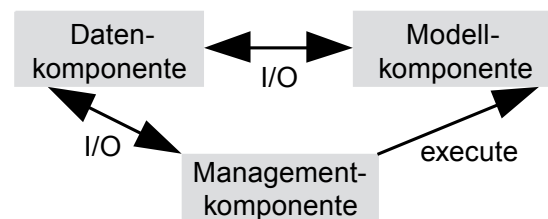
- numerische Werte oder Strings als einzelne Ausdrücke oder in Form ein- oder mehrdimensionaler Arrays sowie
- implizite oder explizite Informationen über die Dimensionen ein- oder mehrdimensionaler Arrays.

Hinsichtlich der Ergebnisse eines Optimierungslaufes hat die Datenkomponente einen schreibenden Zugriff für

- den generellen Status des Optimierungslaufes
 - der Anzahl der Lösungen,
 - die aktuellen Werte der Variablen und Restriktionen sowie
 - die ggf. vorliegenden Dualbewertungen
- zur Verfügung zu stellen.

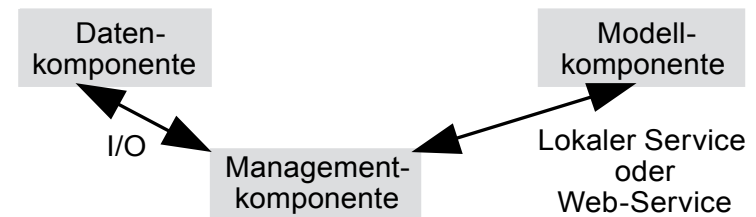
3 Konzeption einer standardisierten Datenschnittstelle

Betrachtet man die im letzten Abschnitt skizzierten Anforderungen an die Datenkomponente eines DSS aus der Sicht von Simulations- und Optimierungsansätzen, erkennt man, dass die Modellkomponente einen direkten schreibenden und lesenden Zugriff auf die Datenkomponente hat.



Eine solche Struktur hat allerdings den Nachteil, dass eine tatsächliche konzeptionelle Trennung zwischen Modell und Daten nicht vorliegt und so ein Austausch der Modell- bzw. der Daten-Komponente erschwert ist.

Das Ziel der weiteren Überlegungen ist es, die Kommunikationslinie zwischen Modellkomponente und Datenkomponente aufzulösen und über die Managementkomponente zu führen. In diesem Abschnitt wird eine flexible Datenschnittstelle vorgeschlagen, mit der sowohl Modellierungssprachen für Optimierungsaufgaben als auch Simulationsaufgaben parametrisiert werden können.



Dabei kann eine verteilte Struktur zur Anwendung kommen, die bei der Entwicklung von DSS die Rollenteilung zwischen:

- Modellierungsaufgaben
- Datenmanagement und
- klassischer Software Entwicklung

fördert. Vergleichbare Ansätze haben sich bei der Entwicklung von Web-Anwendungen bewährt.

3.1 Konzeption einer Datenkomponente

Die Input- und Output-Daten bei Optimierungsaufgaben als auch bei Simulationsaufgaben können als ein- oder mehrdimensionale Arrays variabler Länge aufgefasst werden, die im Folgenden als Parameter bezeichnet werden. [Müller 10] Dazu betrachten wir folgendes Beispiel: In einem Hafen gibt es mehrere Containerblöcke. Jeder Block verfügt über mehrere Kräne, wobei jeder Kran eine andere Tragkraft hat.

Block 1	Block 2
Kran1: 500 t	Kran1: 600 t
Kran2: 1000 t	Kran2: 900 t
	Kran3: 500 t

Formal lässt sich dies formulieren als:

- B: Anzahl der Container Blöcke
 K(b): Anzahl der Kräne in dem Container Block b.
 $b = 1..B$
 T(b,k): Tragkraft des Krans k im Container Block b.
 $k = 1..K(b), b = 1..B$

Diese Struktur wird nun als Parameter-Template beschrieben.


```

<parameterTemplates name="Anz_Blöcke">
  <value_temptate dataType="INTEGER"
    default="1" />
  <description>
    Container Blöcke
  </description>
</parameterTemplates>

```

```

<parameterTemplates name="Anz_Kräne">
  <index_template max="Anz_Blöcke"
    name="block" min="1"/>
  <value_temptate dataType="INTEGER"
    default="1" />
  <description>
    Anzahl der Kräne im Block
  </description>
</parameterTemplates>

```

```

<parameterTemplates name="Tragkraft">
  <index_template max="Anz_Blöcke"
    name="block" min="1"/>
  <index_template max="Anz_Kräne"
    name="kran" min="1" />
  <value_temptate dataType="DOUBLE"
    default="500.0" />
  <description>
    Tragkraft des Krans
  </description>
</parameterTemplates>

```

Jedes Parameter-Template hat einen Namen, eine Value-Template sowie eine optionale Beschreibung. Das Value-Template legt einen Datentyp (INTEGER, DOUBLE, STRING) und einen Defaultwert fest.

Soll ein Parameter-Template indiziert werden, so können zu jedem Template beliebig viele Indizes definiert werden. Jeder Index hat einen Namen und einen Minimal- und Maximalwert vom Typ INTEGER.

Zur Beschreibung der Minimal- und Maximalwerte können zuvor erklärte Templates vom Typ INTEGER verwendet werden. Ist ein solches Template selbst indiziert, so müssen dessen Indizes ebenfalls Indizes in dem zu beschreibenden Template sein.

Beispiel: Im Template Tragkraft ist der Maximalwert des Index „kran“ abhängig

von dem Index „block“. Dies ist zulässig, da im Template Tragkraft das Index-Template „block“ vor dem Index-Template „kran“ deklariert wurde.

Mit den Parameter-Templates wurden die Datentypen, Defaultwerte und Indextbereiche der Parameter festgelegt. Die eigentlichen Parameterwerte werden anschließend mit:

```

<parameterValues name="Anz_Blöcke">
  <value>2</value>
</parameterValues>

```

```

<parameterValues name="Anz_Kräne">
  <index name="block">1</index>
  <value>2</value>
</parameterValues>

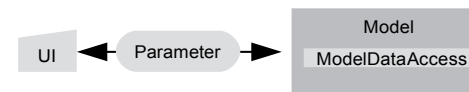
```

```

<parameterValues name="Tragkraft">
  <index name="block">1</index>
  <index name="kran">1</index>
  <value>500</value>
</parameterValues>

```

beschrieben. Um mit diesen Strukturen zu arbeiten, wurden zwei Zugriffsklassen bereitgestellt:



Die Templates der Parameterstruktur werden einmalig bei Erstellung des Modells per Hand erstellt.

Die Werte der Parameterstruktur können mit der Klasse UI (User Interface) angezeigt und editiert werden. Dies schließt gegebenenfalls eine Anpassung der Arraylängen ein. Falls keine Werte vorliegen, werden die Defaultwerte verwendet.

Die Klasse ModelDataAccess enthält get- und set-Methoden, mit denen aus dem Model auf die Parameterwerte zugegriffen werden kann.

In dem Parameter-Template Tag ist ein optionales Attribut „result“ enthalten. In solche Parameter werden dem Lösen des Modells die Ergebnisse geschrieben. Somit können die Daten in der Datenkomponente mit der Klasse UI bearbeitet und in der Parameterstruktur gespeichert werden. Von der DSS-Verwaltung wird diese Struktur nun zu einem lokalen oder entfernten Modell gesendet. Dieses löst das Modell und sendet die um die Ergebnisse erwei-

terte Struktur zurück. Die DSS-Verwaltung kann nun ihrerseits die Lösung in der Datenkomponente anzeigen. Mit diesem Ansatz besteht nun eine verteilte Struktur zwischen Modell, DSS-Verwaltung und Datenkomponente.

The screenshot shows a Java Swing window titled "SimulationAnimation Daten-Editor". It contains six data entry sections, each with a description and a table of parameters for four harbours.

Section 1: Description: Anzahl der Häfen auf der Route. Parameter: NUMBER_OF_HARBOURS (INTEGER) with value 4.

Section 2: Description: Namen der Häfen. Table with columns 'harbour' and 'NAMES_OF_HARBOURS (STRING)'. Values: 1-Hamburg, 2-Oslo, 3-São Paulo, 4-Buenos Aires.

Section 3: Description: Tag der Ankunft eines Schiffes im Hafen. Table with columns 'harbour' and 'ARRIVAL_DAY_OF_HARBOURS (STRING)'. Values: 1-So, 2-Mo, 3-Mi, 4-Fr.

Section 4: Description: Stunde der Ankunft eines Schiffes im Hafen. Table with columns 'harbour' and 'ARRIVAL_HOUR_OF_HARBOURS (DOUBLE)'. Values: 1-12.0, 2-18.0, 3-18.0, 4-12.0.

Section 5: Description: Tag der Abfahrt eines Schiffes im Hafen. Table with columns 'harbour' and 'DEPARTURE_DAY_OF_HARBOURS (STRING)'. Values: 1-Mo, 2-Di, 3-Do, 4-Fr.

Section 6: Description: Stunde der Abfahrt eines Schiffes im Hafen. Table with columns 'harbour' and 'DEPARTURE_HOUR_OF_HARBOURS (DOUBLE)'. Value: 1-12.0.

Ansicht der Dateneingabe mit der User Interface (UI) Klasse.

3.2 Simulationsmodelle

In dem Simulationsmodell kann nun mit der Klasse ModelDataAccess die Parameterstruktur ausgelesen werden. Das Beispiel bezieht sich auf das in Java geschriebene Framework Desmo-J.

```
modelData = new ModelDataAccess(Parameter_Struktur);
```

```
int anzBlocks = ((Integer)modelData.getParameter(„Anz_Blöcke“));
int[ ] anzKraene = new int[anzBlocks];
double[ ][ ] tragkraft = new double[anzBlocks][ ]
```

```
for(int i=0; i< anzBlocks; i++){
    int[ ] index = {i+1};
    anzKraene[i] = ((Integer)modelData.
        getParameter(„Anz_Kräne“, index));
    tragkraft[i] = new int[anzKraene[i]];
}
```

```
for(int i=0; i< anzBlocks; i++){
    for(int j=0; j < anzKraene[i]; j++){
        int[ ] index = {i+1, j+1};
        tragkraft[i][j] = ((Double)modelData.
            getParameter(„Tragkraft“, index));
    }
}
```

In analoger Form können auch Simulationsergebnisse mit der Methode set-Parameter(...) in die Parameterstruktur geschrieben werden. Dieser Ansatz lässt sich auf alle Simulationssysteme übertragen, die XML-Daten verarbeiten können.

3.3 Optimierungsmodelle

In diesem Abschnitt wird in einem ersten Schritt das Diät-Problem als Beispiel für eine Parameterdefinition in XML diskutiert und in einem zweiten Schritt die Einbindung dieser XML-Datenschnittstelle in die Modellierungssprache CMPL erörtert.

3.3.1 Ein Beispiel für eine Parameterdefinition in XML

Als Beispiel soll wiederum das Diät-Problem fungieren. Wie beschrieben, beinhaltet das CMPL-Modell für dieses Problem die Vektoren der Kosten (costs) und der Untergrenzen der prozentualen Vitaminbedarfe (vitMin) sowie die

Matrix der prozentualen Vitamindeckung durch die einzelnen Nahrungsarten pro Tag (vitamin). Die Dimensionen dieser Daten ergeben sich aus den Sets der Vitamine (NUTR) und der Nahrungsmittel (FOOD).

In einem ersten Schritt sind die Dimensionen der betrachteten Vektoren bzw. der Matrix in Form der Sets der Vitamine (NUTR) und der Nahrungsmittel (FOOD) zu definieren. Ein solches Set kann ein Index oder eine Aufzählung von Elementen sein, wobei die für das Diät-Problem verwendeten Sets Aufzählungssets von String-Elementen sind. Daher wird das bisherige Konzept um die Set-Templates und Set-Values erweitert.

```
<setTemplates name="food">
  <description> food </description>
</setTemplates>
```

```
<setValues name="food">
  <elements>
    <elementValue index="1" value="BEEF" />
    ...
    <elementValue index="8" value="TUR" />
  </elements>
</setValues>
```

```
<setTemplates name="nutr">
  <description>nutr </description>
</setTemplates>
```

```
<setValues name="nutr">
  <elements>
    <elementValue index="1" value="A" />
    ...
    <elementValue index="4" value="C" />
  </elements>
</setValues>
```

Auf der Basis dieser Sets können die Parameter-Templates definiert werden.

```
<parameterTemplates name="costs">
  <value_template dataType="DOUBLE" />
  <set_template name="food" />
  <description> cost per package</description>
</parameterTemplates>
```

```
<parameterTemplates name="vitamin">
  <value_template dataType="DOUBLE" />
  <set_template name="nutr" />
  <set_template name="food" />
  <description>provision of daily vitamin requirements in percentages
</description>
</parameterTemplates>
```

```
<parameterTemplates name="vitMin">
  <value_template dataType="DOUBLE" />
  <set_template name="nutr" />
  <description>weekly vitamin requirements in percentages
</description>
</parameterTemplates>
```

Die Definition der Parameter-Values erfolgt in der beschriebenen Form, da das Element *index* entweder auf einen definierten Index oder ein Set verweist. Als Beispiele sollen an dieser Stelle nur wenige Werte exemplarisch dargestellt werden.

```
<parameterValues name="costs">
  <index name="food">1</index>
  <value>3.19</value>
</parameterValues>
```

```
<parameterValues name="vitMin">
  <index name="nutr">4</index>
  <value>700</value>
</parameterValues>
```

```
<parameterValues name="vitamin">
  <index name="nutr">1</index>
  <index name="food">5</index>
  <value>15</value>
</parameterValues>
```

3.3.2 Einbindung der XML-Datenschnittstelle in CMPL

3.3.2.1 Überblick

Grundsätzlich sind zwei Möglichkeiten angedacht, die Datenschnittstelle in CMPL einzubinden. So kann die Schnittstelle direkt in CMPL integriert werden,

indem CMPL um die Funktion *readxml* erweitert wird. Der *parameters*-Teil des zugehörigen CMPL-Modells für das Diät-Problem würde dann wie folgt lauten:

parameters:

```
NUTR := set(readxml('diet-data.xml', 'nutr'));
FOOD := set(readxml('diet-data.xml', 'food'));
#cost per package
costs[FOOD] := readxml('diet-data.xml', 'costs');
#provision of the daily requirements for vitamins
vitamin[NUTR, FOOD] := readxml('diet-data.xml', 'vitamin');
#weekly vitamin requirements
vitMin[NUTR]:= readxml('diet-data.xml', 'vitMin');
```

Alle weiteren Sektionen bleiben unverändert. Das CMPL-Modell kann somit mit unterschiedlichen Daten verwendet werden.

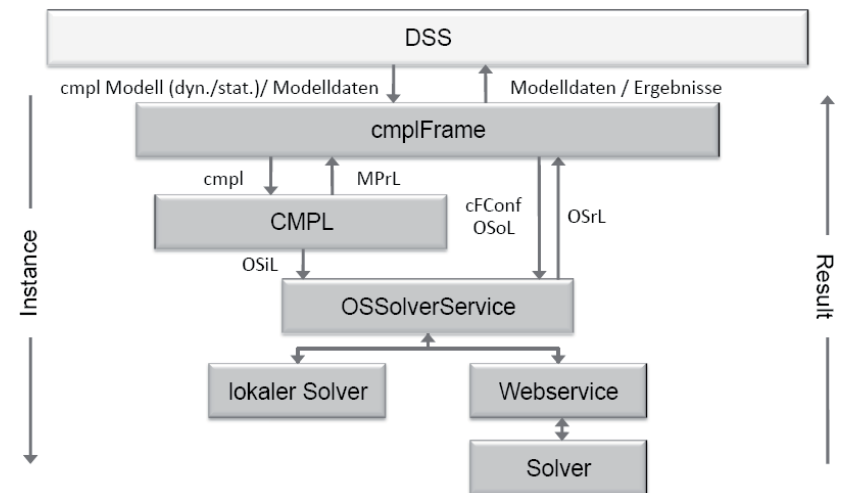
Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Datenschnittstelle in das *cmplFrame* einzubinden. Es handelt sich bei *cmplFrame* um eine in Java implementierte Klasse, die

- CMPL und Solver integriert sowie
- eine adäquate Repräsentation von Modelldaten und Ergebnissen eines Optimierungslaufes ermöglicht.

Im Sinne einer DSS-Konzeption fungiert *cmplFrame* als Managementkomponente, da sowohl die Datenzugriffe als auch die Ausführung des Optimierungslaufes von dieser Java-Klasse organisiert wird und das eigentliche Modell datenunabhängig definiert werden kann.

In der folgenden Abbildung ist der grundsätzliche *cmplFrame*-Aufbau gegeben. Dabei ist zu erwähnen, dass im Rahmen von *cmplFrame* der so genannte *OSSolverService* als Optimierungsumgebung verwendet wird. [COIN-OR 10]. Der *OSSolverService* stellt ein Framework dar, mit dem diverse DSS-Anwendungen mit unterschiedlichen Solverson auf der Basis standardisierter Schnittstellen verbunden werden. Der Zugriff auf die Solver kann dabei lokal oder über einen SOAP Webservice erfolgen. [Fourer 08]

Als Input einer DSS-Anwendung erwartet *cmplFrame* eine CMPL-Modelldatei, die es an CMPL weitergibt. Mittels CMPL wird die Modellinstanz in das OSiL-Format übersetzt. OSiL wurde im Rahmen eines COIN-OR Projektes als offene Schnittstelle für Modellinstanzen auf XML-Basis entwickelt [Fourer 08], [Fourer 10].



Der *OSSolverService* übergibt die OSiL-Datei an einem Solver und übermittelt das Ergebnis des Optimierungslaufes in Form einer OSrL-Datei. Es handelt sich dabei um einen XML-Standard für die Repräsentanz der Ergebnisse eines Optimierungslaufes. [Fourer 08], [Fourer 10]

In *cmplFrame* werden einfach zu handhabende Methoden zur Verfügung gestellt, um ein Modell zu definieren, zu lösen und die Ergebnisse in einer adäquaten Form auswerten und darstellen zu können.

Der folgende Java-Quelltext stellt einen einfachen Fall einer *cmplFrame*-Implementierung dar.

```
try {
    cmplFile = „diet.cmpl“;
    myProblem = new cmplFrame();
    myProblem.setModel(cmplFile);

    int solveResult = myProblem.solve();
    switch (solveResult) {
        case 1:
            getSolution();
            break;
        case -1:
            getCMPLMessages();
            break;
    }
}
```

```

    case -2:
        getSolverMessages();
        break;
    }
} catch (CFException ex) {
    ...
}

```

Die hervorgehobenen Quelltexte sind *cmplFrame*-Methoden, während z. B. mit *getSolution* eine nutzerdefinierte Methode vorliegt, mit der auf der Basis weiterer *cmplFrame*-Methoden ein Standardbericht über die Ergebnisse des Optimierungslaufes ausgegeben wird.

3.3.2.2 Einbindung der XML-Datenschnittstelle in *cmplFrame*

Im Sinne der beschriebenen Anforderungen an die Datenkomponente eines DSS hat aus der Managementkomponente ein lesender Zugriff im Sinne der Parameter eines Optimierungsmodells und ein schreibender Zugriff im Sinne der Ergebnisse eines Optimierungslaufes auf die entsprechende XML-Daten-datei zu erfolgen.

Die konzeptionelle Idee der Einbindung der Datenschnittstelle besteht in den folgenden Schritten:

1. Lesen der Parameter aus der XML-Daten-Datei,
2. Erzeugen eines dynamischen CMPL-Codes-Fragments für die Parameter,
3. Verbindung des CMPL-Codes-Fragments für die Parameter mit den eigentlichen Modellstrukturen,
4. Schreiben der Ergebnisse in die XML-Datei, wobei die Zugriffe auf die XML-Datendatei mit der beschriebenen *ModelDataAccess*-Klasse erfolgt, die in *cmplFrame* einzubinden ist.

Zur Realisation des ersten Schrittes sind die mit *setTemplate* und *parameterTemplate* erfolgten Set- und Parameterdefinitionen sowie die mittels *setValue* und *parameterValue* definierten Werte zu lesen und im einer Speichertabelle zwischenzuspeichern.

Aus dem Inhalt der Speichertabelle ist im zweiten Arbeitsschritt der daraus abzuleitende CMPL-Code zu erzeugen und zwischenzuspeichern. Für das Diät-Beispiel würde dieser Code dem Parameterteil des ursprünglichen CM-PL-Beispiels entsprechen.

```

NUTR := set(„A“, „B1“, „B2“, „C“);
FOOD := set(„BEEF“, „CHK“, „FISH“, „HAM“, „MCH“, „MTL“, „SPG“, „TUR“);
costs[FOOD] := ( 3.19, 2.59, 2.29, 2.89, 1.89, 1.99, 1.99, 2.49 );
vitamin[NUTR, FOOD] := ( (60, 8, 8, 40, 15, 70, 25, 60) ,
                        (20, 0, 10, 40, 35, 30, 50, 20) ,
                        (10, 20, 15, 35, 15, 15, 25, 15),
                        (15, 20, 10, 10, 15, 15, 15, 10) );
vitMin[NUTR]:= (700,700,700,700);

```

Diese beiden Arbeitsschritte sind mit einer *cmplFrame*-Methode *readXmlParameters* zu realisieren.

Dieses CMPL-Code-Fragment ist mit den eigentlichen Modellstrukturen zu verbinden. Für derartige Zwecke beinhaltet *cmplFrame* das Konzept der CM-PL-Environment-Variablen, die zur *cmplFrame*-Laufzeit durch einen zu definierenden Inhalt ersetzt werden. CMPL-Environment-Variablen sind durch <<variablenName>> gekennzeichnet. Für das Diät-Beispiel ist daher in der Sektion *parameters* statt der ursprünglichen Parameterdefinitionen die vordefinierte CMPL-Environment-Variable <<xml-data>> einzuführen und alle sonstigen Modellbestandteile unverändert zu belassen. Die CMPL-Environment-Variable <<xml-data>> steht für ein mittels *readXmlParameters* erzeugtes CMPL-Code-Fragment.

```

parameters:
    <<xml-data>>
variables:
    x[FOOD]: integer[2..10];
objectives:
    cost: costs[]T * x[]->min;
constraints:
    # vitamin restriction
    vitamin[,] * x[] >= vitMin[];

```

Diese CMPL-Datei gilt als Quelldatei, aus der zur Laufzeit eine neue CMPL-Datei für den eigentlichen Optimierungslauf erzeugt wird.

Nach dem eigentlichen Optimierungslauf sind die Optimierungsergebnisse mittels einer *cmplFrame*-Methode *writeXmlSolution* in die XML-Daten-Datei zu schreiben.

Ein Code-Beispiel in Java könnte wie folgt formuliert werden:

```

try {
    cmplFile = „diet.cmpl“;

    myProblem = new cmplFrame();
    readXmlParameters(„diet.xml“);
    myProblem.setModel(cmplFile);

    int solveResult = myProblem.solve();
    switch (solveResult) {
        case 1:
            getSolution();
            myProblem.writeXmlSolution(„diet.xml“);
            break;
        case -1:
            getCMPLMessages();
            break;
        case -2:
            getSolverMessages();
            break;
    }
} catch (CFException ex) {
    ...
}

```

Abschließend ist festzuhalten, dass sich das vorgestellte Konzept zur Einbindung der XML-Datenschnittstelle in CMPL momentan in der Entwicklung befindet und erst in einem der kommenden Releases enthalten sein wird.

4 Fazit

Ein grundsätzliches Problem von DSS besteht darin, dass speziell für die Schnittstelle der Datenkomponente keine einheitlichen Standards vorliegen und somit eine Austauschbarkeit der Datenkomponente kaum gegeben ist. Erschwerend wirkt der Sachverhalt, dass die im Rahmen eines DSS verwendbaren Simulations- bzw. Optimierungsansätze wiederum spezifische Anforderungen an die Datenkomponente besitzen. Daher bestand das Ziel dieser Arbeit in der Konzeption einer Datenschnittstelle, die sowohl für Simulations- als auch für Optimierungsansätze verwendet werden kann. Dazu wurde ein XML-Schema erarbeitet, das aus einem Template-Teil und einem Value-Teil besteht. Der Template-Teil beschreibt die Struktur von Parametern, während im Value-Teil die eigentlichen Daten enthalten sind. Zur Bearbeitung der Daten wurden ex-

emplarisch ein Daten-Editor und eine grundsätzliche Zugriffsklasse in der Sprache Java bereitgestellt. Darauf aufbauend wurden Anwendungsmöglichkeiten für Simulations- und Optimierungsansätze auf der Basis von Java-Klassen aufgezeigt. Da der Fokus dieser Arbeit auf den Parametern von Simulations- und Optimierungsmodellen lag, gilt es die Verarbeitung der Resultate von Simulations- und Optimierungsansätzen noch detaillierter zu behandeln.

Literatur

- [COIN-OR 10] OS Standard Overview, http://gsbkip.chicagogs.edu/os/standard_overview.html
- [Fourer 08] Fourer, R. et al.: Optimization Services 1.1 User's Manual 2008 http://www.coin-or.org/OS/doc/osUsersManual_1.1.pdf
- [Fourer 10] Fourer, R. et al.: OSiL: An instance language for optimization, in Computational Optimization and Applications Volume 45, Number 1/ Januar 2010, 181-203, <http://www.springerlink.com/content/34jx62447n33w634/>
- [Fourer/Gay/Kernigham 03] Fourer, R.; Gay, D. M.; Kernigham, B. W.: AMPL, 2nd ed., Thomson 2003.
- [Kallrath 04] Kallrath, J.: Modelling Languages in Mathematical Optimization, Kluwer Academic Publishers 2004.
- [Kennington 10] Kennington, A. U.: Simulation Software Development Frameworks 2010, <http://www.topology.org/soft/sim.html>
- [Law 00] Law, M.; Kelton, D.: Simulation Modeling and Analysis. Mc-Graw-Hill, 2000.
- [Müller 10] Müller, Chr.: DESMO-J Animation, <http://www.wi-bw.tfh-wildau.de/~cmueller/SimulationAnimation/OR/MS Today: Simulation Software Survey 2010>, <http://lionhrtpub.com/orms/surveys/Simulation/Simulation.html>
- [OR/MS 10] Page, B.; Kreuzer, W.: Java Simulation Handbook-Simulation Discrete Event Systems with UML and Java. Shaker Verlag, 2005.
- [Page, 05]
- [Sieben/Schildbach 94] Sieben, G.; Schildbach, T.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie. 4. Aufl., Düsseldorf 1994.
- [Steglich/Schleiff 10] Steglich, M.; Schleiff, T.: CMPL: Coliop Mathematical Programming Language. In: Wildauer Schriftenreihe – Entscheidungsunterstützung und Operations Research, Beitrag 1, Technische Hochschule Wildau [FH], 2010.
- [Tietjen 03] Tietjen, B.-K.: Konzeption und Realisierung von DSS, 2003, http://www.usf.uos.de/~matthies/hauptseminar_ss_2003.htm

Kontakt: Prof. Dr. Christian Müller

TH Wildau, Bahnhofstr., 15745 Wildau, T 03375 508-956, christian.mueller@th-wildau.de

Prof. Dr. Mike Steglich, TH Wildau, T 03375 508-356, mike.steglich@th-wildau.de

Gestaltung von Logistiknetzen mit der EDA-Heuristik

Prof. Dr. Matthias Forster

Zusammenfassung

Die Elemente logistischer Netze sind Knoten (Angebotsknoten, Nachfrageknoten und Umladeknoten) und Kanten (Transportverbindungen). Bei der Gestaltung von Logistiknetzen ist nur ein Teil der Infrastruktur vorgegeben. Es gibt eine Anzahl potentieller Knoten und Kanten, die in das Netz eingefügt werden können oder nicht. Damit sind Bau- und Betriebskosten verbunden. Bei der Netzauslegung sind Restriktionen zu beachten (betreffend Angebote und Nachfragen nach gewissen Produkten an einzelnen Orten, Bilanzgleichungen u. ä.).

Die Lineare Programmierung wird zusammen mit dem EDA-Verfahren (Estimation of Distribution Algorithm) verwendet, um Logistiknetze auszulegen. Das EDA-Verfahren ist wie die genetischen Algorithmen populationsbasiert. EDA kommt aber ohne Crossover und Mutation aus. In der vorgestellten Anwendung generiert EDA sukzessive eine große Anzahl von Netzen als Stichprobe einer sinnvoll gewählten Verteilung, deren Parameter nach jeder Hauptiteration neu geschätzt werden. Das Umlegen der Angebotsmengen auf jedes der Netze erfolgt mit Hilfe eines Linearen Programms. Jedes Netz wird bewertet unter Berücksichtigung der Bau-, Betriebs- und Transportkosten. Aus der untersuchten Stichprobe wählt EDA eine Teilmenge von Netzen aus, die die besten Zielfunktionswerte erreicht haben. Nur diese Teilmenge geht in die Neuberechnung der Verteilungsparameter ein, was zu einer Verbesserung führt. Mit den aktualisierten Parametern wird eine neue Stichprobe von Netzen erzeugt. Das Verfahren wiederholt sich bis zum Erreichen eines Endekriteriums.

1 Logistische Netzwerke

Logistische Netze sind Planungsobjekte, die aus zwei Arten von Elementen bestehen: Knoten und Kanten. Die Knoten sind Orte bzw. Punkte in dem betrachteten Planungsgebiet, an denen Angebote und/oder Nachfragen nach Gütern auftreten. Knoten können aber auch Umladeknoten ohne ein Ange-

bot oder eine Nachfrage sein. Transportvorgänge setzen Verbindungen von Knoten voraus. Es ist möglich, je zwei Knoten A und B durch eine Kante zu verbinden. Können sich die Güter im Netz über die Direktverbindung AB nur von A nach B bewegen, aber nicht von B nach A, dann nennt man die Kante (A,B) eine gerichtete Kante. Auf einer ungerichteten Kante ist die Bewegung von A nach B und von B nach A möglich. Eine der zentralen Planungsaufgaben in der Logistik ist die optimale Gestaltung von Netzwerken: Nur Teilmengen der Knoten und Kanten sind vorgegeben. Der Rest des Netzes ist unter gewissen Zielvorgaben und Nebenbedingungen aufzubauen. Bei der Frage der Gestaltung von Netzwerken sind Daten über Weglängen, Transportkosten pro Mengeneinheit, Transport- und Umladekapazitäten usw. einzubeziehen. Die Angebots- und Nachfragemengen der einzelnen Knoten spielen eine wichtige Rolle, da sie Aufbau und Form des optimierten Netzes wesentlich beeinflussen. Aus der Sicht der Optimierung sind bei der Gestaltung von Logistiknetzen kombinatorische Optimierungsprobleme (COP) zu lösen:

(COP) $\min f(x)$ s.t. $x \in S$, wobei $|S| \in \mathbb{N}$

Im (COP) ist f die zu minimierende Zielfunktion, welche auf einer geeigneten Definitionsmenge erklärt ist. f sind in der Regel die Kosten einer möglichen Lösung x . S ist die Menge der zulässigen Lösungen, aus der eine oder mehrere Elemente x zu bestimmen sind, für die f minimal wird. S ist eine endliche Menge. In der Praxis sind (COP) schwer zu lösen, da S in der Regel sehr viele Elemente enthält. Die Vollenumeration von S (prüfen und bewerten aller Elemente der Menge S) ist daher ausgeschlossen. Die Optimierung von Netzwerken soll am Beispiel der sog. Hub-Location-Probleme dargestellt werden (Hub-and-Spoke-Netze, Multi-Hub-Probleme, allgemein *Hub-Probleme* genannt).

2 Hub-and-Spoke-Netze

Die Bedeutung von Hub-Problemen erkennt man unmittelbar am Beispiel der Standortplanung der Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP-Dienste, siehe [Aber00], S. 496ff und [Gude04], S. 202). KEP-Dienste befördern täglich eine große Anzahl von Einzelsendungen. Sendungen im Direktverkehr vom Absender zum Empfänger zu transportieren wäre fast immer unwirtschaftlich. Daher ist in jedem Falle eine Bündelung der Einzelsendungen notwendig. In diesem Zusammenhang spielen die Umschlagspunkte eine wichtige Rolle. Die Standortplanung wird in zwei Phasen zerlegt. Im ersten Schritt werden die Kunden (Sender und Empfänger) sog. Depots zugeordnet. Alle Kunden,

die einem bestimmten Depot zugeordnet wurden, sind ausschließlich von diesem Depot aus zu bedienen. Bei Hub-Problemen geht es um die zweite Phase, die Bündelung der Sendungen: Ein Teil der Depots wird zu sog. Hubs ausgebaut. Der Transport von Hub zu Hub nutzt Mengenvorteile, die zu Kostenvorteilen pro Ladeinheit werden. Aus der Kombination der Depotknoten mit den Hub-Knoten entsteht ein Hub-and-Spoke-System. Die Grundidee der Hub-and-Spoke-Systeme ist, die Anzahl und Standorte der Hubs so zu wählen, dass die Entfernungen der Hubs zu den Depots möglichst kurz sind. Die Distanzen zwischen den Hubs sollten relativ groß sein, weil die Transportvolumina zwischen den Hubs kleine Einheitstransportkosten garantieren. Bei der geeigneten Wahl der Hub-Anzahl und der Hub-Standorte ist jedoch zu berücksichtigen, dass Hubs fixe und variable Kosten verursachen. Die Vor- und Nachteile der Hub-and-Spoke-Systeme beschreibt Aberle ([Aber00], S. 498), Modelle findet man in [Camp04] und [Blun05]. Viele Modelle verwenden einen Kostenfaktor für den Verkehr von Hub zu Hub. Sind i und j zwei (normale) Depots, dann seien die Kosten pro transportierter Mengeneinheit c_{ij} . Werden nun i und j zu Hubs ausgebaut, dann geht man von einem Transportvolumen zwischen i und j aus, das die Einheitstransportkosten (Kosten pro transportierter Mengeneinheit) fallen lässt. Die Einheitstransportkosten von i nach j sind dann αc_{ij} . Der Parameter α ist ein Kostenfaktor mit $0 < \alpha < 1$. Bei $\alpha = 0,6$ machen die Kosten im Hub-Hub-Verkehr nur 60 % der Transportkosten von Depot zu Depot aus.

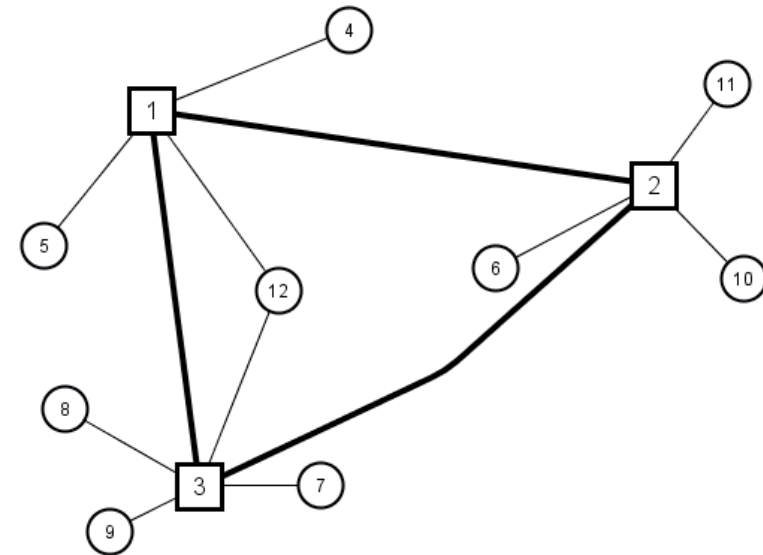


Abb. 1: Multi-Hub-System

Abbildung 1 stellt ein Netzwerk mit $n=12$ Knoten, den Hubs 1, 2 und 3 und den Depotknoten 4 bis 12 dar. Die Depots sind den Hubs zugeordnet. Einem Depot – hier etwa der Nummer 12 – können auch mehrere Hubs zugeordnet sein (1 und 3). Eine Sendung von Knoten 8 nach Knoten 10 könnte den Weg 8-3-2-10 nehmen. Der alternative Weg 8-3-1-2-10 würde bei Kostenvorteilen gewählt werden. Lösungsverfahren für Multi-Hub-Probleme werden seit Beginn der 90er Jahre intensiv untersucht (cf. [Abdi98], [Doms96], [Klin02], [Okel98]). Die Anzahl und Verteilung der Hubs wird sinnvoller Weise durch einen Vektor $x \in \{0,1\}^n$ repräsentiert. $x_k=1$ bedeutet, dass k ein Hubknoten ist für $1 \leq k \leq n$. Für $x_k=0$ ist k ein normaler Depotknoten. $x=(1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0)$ T beinhaltet die Hubs der Abbildung 1. Hat man einen Algorithmus, der eine gegebene Hub-Anordnung x durch optimale Zuordnung der Depots zu den Hubs vervollständigt, dann wird das Hub-Problem zu einem (COP). Die Menge S besteht aus allen zulässigen Hub-Anordnungen. Zu jedem $x \in S$ sind minimale Gesamtkosten $f(x)$ zu bestimmen. Der Algorithmus zur Evaluierung der Zielfunktion f weist jedem Depot das oder die Hubs zu, von dem bzw. von denen aus es bedient wird. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf das p -Hub-Median-Problem. Die Lösungsmethode ist auf alle Hub-Location-Probleme gut übertragbar.

3 Das p -Hub-Median-Problem

Hub-Median-Probleme wurden 1991 von Campbell eingeführt [Camp91]. Gegeben sei ein Netzwerk G mit folgenden Eigenschaften: G ist ein vollständiger, gerichteter Graph mit der Knotenmenge $V=\{1,2,\dots,n\}$ und der Kantenmenge A , die alle (i,j) mit $i \neq j$ und $i,j \in V$ enthält. Die Elemente von V werden Depots genannt. Jeder Kante (i,j) sind Kosten c_{ij} zugeordnet (Transportkosten je Mengeneinheit), wobei $c_{ij} \geq 0$ für alle $ij \in A$ mit der Festlegung $c_{ii}=0$ für $i=1,2,\dots,n$. Der Wert p ist eine vorgegebene Anzahl Hubs $1 \leq p < n$ und H eine beliebige Menge von Hubs, für die gilt: $|H|=p$ und $H \subset V$. Für jede fest vorgegebene Menge H von Hubs sind $d_{ij}(H)=\min\{c_{ik}+c_{mj}+\alpha c_{km} \mid k,m \in H\}$ mit $1 \leq i,j \leq n$ die Einheitstransportkosten von Depot i nach Depot j . $c_{ik}+c_{mj}+\alpha c_{km}$ sind die Transportkosten pro Mengeneinheit von i nach j über die Hubs k und m entsprechend der Transportkette $i \rightarrow k \rightarrow m \rightarrow j$. Sind i und j demselben Hub angeschlossen, dann ist $k=m$, so dass der Term $\alpha c_{km}=\alpha c_{kk}$ wegen $c_{kk}=0$ verschwindet. Ist i ein Hub, dem das Depot j zugeordnet wurde, dann gilt: $i=k=m$ und $c_{ik}+c_{mj}+\alpha c_{km}=c_{kk}+c_{mj}+\alpha c_{kk}=c_{mj}$. Transporte enthalten mindestens ein Hub, und folglich sind $i \rightarrow k \rightarrow m \rightarrow j$ oder $i \rightarrow m \rightarrow j$ oder $m \rightarrow j$ oder $i \rightarrow m$ die vier möglichen Transportketten. Der Term $c_{ik}+c_{mj}+\alpha c_{km}$ gibt in jedem der vier Fälle die Kosten an.

Im Netzwerk G sind w_{ij} Mengeneinheiten von Knoten i nach Knoten j zu transportieren mit $w_{ij} \geq 0$ und $w_{ii} = 0$ ($i, j \in V$). Für jede Menge H von $p \geq 1$ Hubs lassen sich die gesamten Transportkosten $z(H) = \sum_i \sum_j w_{ij} d_{ij}(H)$ berechnen. Unter dem p-Hub-Median-Problem versteht man die Aufgabe, ein $H^* \subset V$ mit $|H^*| = p$ und der Eigenschaft $z(H^*) \leq z(H)$ für alle $H \subset V$ mit $|H| = p$ zu finden. Die Menge H^* wird ein p-Hub-Median von G genannt. Es handelt sich hier um das Knoten-p-Hub-Median-Problem, das vom absoluten p-Hub-Median-Problem zu unterscheiden ist (cf. [Camp91]).

In [Camp94] wurde das p-Hub-Median-Problem als gemischt-ganzzahliges Programm formuliert:

$$\begin{aligned}
 (\text{p-HM}) \quad & \min \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{k \in V} \sum_{m \in V} w_{ij} y_{ijkm} d_{ijkm} \\
 (1.1) \quad & \sum_{k \in V} x_k = p \\
 (1.2) \quad & \sum_{k \in V} \sum_{m \in V} y_{ijkm} = 1 \quad \text{für } i, j \in V \\
 (1.3) \quad & y_{ijkm} \leq x_k \quad \text{für } i, j, k, m \in V \\
 (1.4) \quad & y_{ijkm} \leq x_m \quad \text{für } i, j, k, m \in V \\
 (1.5) \quad & x_k \in \{0, 1\} \quad \text{für } k \in V \\
 (1.6) \quad & 0 \leq y_{ijkm} \leq 1 \quad \text{für } i, j, k, m \in V.
 \end{aligned}$$

Für k aus der Menge V aller Knoten bedeutet $x_k = 1$, dass k ein Hub ist. Für $x_k = 0$ ist k ein normales Depot. Bedingung (1.5) macht aus x_k eine Binärvariable. Wegen Gleichung (1.1) werden genau p Hubs gebaut. y_{ijkm} bezeichnet den Anteil der von $i \in V$ nach $j \in V$ zu transportierenden Menge, der über Hubs an den Orten k und m fließt. Das bringen die Bedingungen (1.2) und (1.6) zum Ausdruck. Bedingungen (1.3) und (1.4) bringen zum Ausdruck, dass ein Hub sowohl am Ort k als auch am Ort m existieren muss, wenn Transporte über k und m als Umladeknoten erfolgen. w_{ij} ist die von i nach j zu transportierende Menge, und $w_{ij} y_{ijkm}$ die Menge von i nach j , die über Hubs an den Orten k und m geleitet wird. d_{ijkm} sind die Kosten pro Mengeneinheit von Depot i nach Depot j , die Einheitstransportkosten. Der Parameter d_{ijkm} berücksichtigt die Kostenreduktion auf der Verbindung (k, m) zwischen Hubs k und m , welche sich aus der Bündelung von Mengen erklärt. Mit den gegebenen Kosten c_{ij} auf der Kante (i, j) und dem bekannten Kostenfaktor α ergibt sich $d_{ijkm} = c_{ik} + c_{mj} + \alpha c_{km}$ mit $0 < \alpha < 1$. Das Ziel ist die Minimierung der Gesamtkosten als Summe über alle möglichen Transportketten.

Für $n = |V|$ Knoten hat das Modell n^4 kontinuierliche Variablen und n Binärvariablen. Wegen der großen Variablenzahl kann das Problem (p-HM) selbst für kleine n nicht optimal gelöst werden. Das Problem lässt sich als kombinatorisches Optimierungsproblem (COP) betrachten. Die zulässige Menge des

(COP) ist $S = \{x \in \{0, 1\}^n \mid x_1 + x_2 + \dots + x_n = p\}$. Die Bewertung eines konkreten $x \in S$ erfolgt durch Lösen eines Linearen Programms, das im folgenden Abschnitt formuliert wird.

4 Eine Metaheuristik für das p-Hub-Median-Problem

Die Anzahl der Depots des Problems ist n . Aus dieser Zahl sind genau $p < n$, $p \geq 1$ Depots zu wählen, die zu Hubs werden. Jeder 0-1-Vektor x aus der Menge $S = \{x \in \{0, 1\}^n \mid x_1 + x_2 + \dots + x_n = p\}$ ist eine zulässige Wahl, wenn $x_k = 1$ bedeutet „Knoten k wird Hub“ und $x_k = 0$ „Knoten k ist Depot, aber kein Hub“. Für jedes Element $a \in S$ ist

$$\begin{aligned}
 (\text{HMLP}_1(a)) \quad & \min \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{k \in V} \sum_{m \in V} w_{ij} y_{ijkm} d_{ijkm} \\
 (2.1) \quad & \sum_{k \in V} \sum_{m \in V} y_{ijkm} = 1 \quad \text{für } i, j \in V \\
 (2.2) \quad & y_{ijkm} \leq a_k \quad \text{für } i, j, k, m \in V \\
 (2.3) \quad & y_{ijkm} \leq a_m \quad \text{für } i, j, k, m \in V \\
 (2.4) \quad & 0 \leq y_{ijkm} \leq 1 \quad \text{für } i, j, k, m \in V.
 \end{aligned}$$

ein Lineares Programm, das unmittelbar aus (p-HM) hervorgeht, wenn man für den Variablenvektor $x = (x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n)^T$ den konkreten Vektor $a \in S$ einsetzt: Die Bedingung (1.1) erfüllt $x = a$ wegen der Definition der Menge S . (1.2) wird (2.1), (1.3) wird (2.2), (1.4) wird (2.3), (1.5) entfällt, weil a ein 0-1-Vektor ist, und (1.6) wird (2.4). In Problem (HMLP₁(a)) kommen keine Binärvariablen vor, es ist ein Lineares Programm, das sich weiter vereinfachen lässt.

j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	f(a)
	1	1			6 *
				1	17 *
1	1	1	1		18
1			1		9 *
				1	22
1		1			55
	1		1		11 *
	1	1	1	1	19
1					22
	1	1	1		1 *

Abb. 2: Stichprobe zehn bewerteter Lösungen

Problem (HMLP1(a)) vereinfacht sich zu

$$\begin{aligned}
 \text{(HMLP2(a))} \quad & \min \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{k \in V} \sum_{m \in V} w_{ij} y_{ijkm} d_{ijkm} \\
 \text{(3.1)} \quad & \sum_{k \in V} \sum_{m \in V} y_{ijkm} = 1 \quad \text{für } i, j \in V \\
 \text{(3.2)} \quad & y_{ijkm} \leq \min(a_k, a_m) \quad \text{für } i, j, k, m \in V \\
 \text{(3.3)} \quad & 0 \leq y_{ijkm} \leq 1 \quad \text{für } i, j, k, m \in V.
 \end{aligned}$$

Bedingung (3.2) setzt y_{ijkm} auf 0, wenn Depot k oder m kein Hub ist, was genau den Ungleichungen (2.2) und (2.3) entspricht. Das reduziert die Anzahl der Restriktionen und Variablen so, dass (HMLP2(a)) schnell gelöst wird (Beispiel s. u.). Als (3.3) kann auch eine reine Nichtnegativitätsbedingung verwendet werden, da $y_{ijkm} \leq 1$ wegen (3.2) redundant ist. (HMLP2(a)) ist in jeder Hauptiteration der Metaheuristik einmal zu lösen.

Zunächst soll die EDA-Heuristik (Estimation of Distribution Algorithm) hier in der Variante UMDA (univariate marginal distribution algorithm) vorgestellt werden (siehe [Mühl98], [Larr02]): Vorausgesetzt sei, dass der Zielfunktionswert minimiert wird. In jeder Hauptiteration von EDA wird eine Stichprobe von Binärvektoren $\{a^1, a^2, \dots, a^M\}$ erzeugt. M ist der Stichprobenumfang. a^i ist ein n -dimensionaler Binärvektor $a^i = (a^i_1, a^i_2, \dots, a^i_n) \in \{0, 1\}^n$. Kern des folgenden Algorithmus ist der Update eines Parametervektors $p \in [0, 1]^n$:

Schritt 1: *Initialisierung*

Für $j=1, 2, \dots, n$: $p_j = 0,5$

Schritt 2: *Stichprobe* a^1, a^2, \dots, a^M generieren

Für $i=1, 2, \dots, M$: Für $j=1, 2, \dots, n$:

$a^i_j = 1$ setzen mit der Wahrscheinlichkeit p_j (mit Ws. $1-p_j$ ist dann $a^i_j = 0$)

Schritt 3: *Evaluierung der Stichprobe* durch die Evaluierungsfunktion f

Für $i=1, 2, \dots, M$: Wert $v_i = f(a^i)$ von Stichprobenelement i berechnen

Schritt 4: *Sortieren der Stichprobenelemente* nach v^i

Sortiere a^1, a^2, \dots, a^M mit dem

Sortierergebnis $a^{(1)}, a^{(2)}, \dots, a^{(M)}$, so dass $v_{(1)} \leq v_{(2)} \leq \dots \leq v_{(M)}$

Schritt 5: *Update des Parametervektors* p

Die $b < M$ besten Elemente der Stichprobe gehen in die Berechnung des

Parametervektors p ein: update $p = (a^{(1)} + a^{(2)} + \dots + a^{(b)}) : b$

Schritt 6: *Terminieren*

Endekriterium erfüllt? (z. B. Konvergenz von p oder max. Iterationszahl)

JA: Programm beenden

NEIN: weiter mit Schritt 2.

In jeder Hauptiteration (Schritte 2 bis 6) zählt der Algorithmus, wie oft eine 1 in Komponente $j=1, 2, \dots, n$ der b besten Lösungen aus der Stichprobe vorkommt. Deren relativer Anteil ist dann die neue Wahrscheinlichkeit p_j . Zu diesem Zweck werden die Stichprobenelemente sortiert. $a^{(i)}$ ist das i -te Stichprobenelement in der aufsteigend sortierten Reihenfolge. Ziel: Die relative Häufigkeit guter Lösungen schrittweise anwachsen zu lassen. Da am Anfang keine Information über gute Lösungen bekannt ist, werden die Wahrscheinlichkeiten mit $p_j = 0,5, j=1, 2, \dots, n$ initialisiert. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel mit $n=5$, Stichprobenumfang $M=10$, Wahrscheinlichkeiten $p_j=0,5$ für $j=1, \dots, n$ und Parameter $b=5$. Die 5 besten Lösungen ($i=1, 2, 4, 7, 10$) haben $f(a) \leq 17$. Sie sind in der Abbildung mit * gekennzeichnet. In Spalte 1 hat Lösung $i=4$ eine 1, die Lösungen $i=1, 2, 7, 10$ sind in Spalte 1 alle 0. Daher ist $p_1=1:b=0,2$ und $p_2=3:b=0,6, p_3=0,4, p_4=0,6$ und $p_5=0,2$. Mit dem neuen Vektor $p=(0,2; 0,6; 0,4; 0,6; 0,2)^T$ wird eine weitere Stichprobe generiert usw.

Bei der Anwendung dieser Metaheuristik auf das Problem (p-HM) wird die Bedingung (1.1) anfangs nicht berücksichtigt. Im Lösungsprozess kommen daher unzulässige Lösungen vor. Bei populationsbasierten Verfahren wie der EDA-Heuristik ist es vorteilhaft, auch die wertvollen Informationen der unzulässigen Lösungen zu nutzen. Der Lösungsprozess erzeugt aber immer wieder zulässige Lösungen, die also auch (1.1) erfüllen. Die beste dieser Lösungen wird gespeichert und am Ende ausgegeben. Die EDA-Heuristik wurde in der Sprache GAMS (General Algebraic Modeling System) implementiert. Algorithmische Details erläutert der folgende Abschnitt an einem Beispiel.

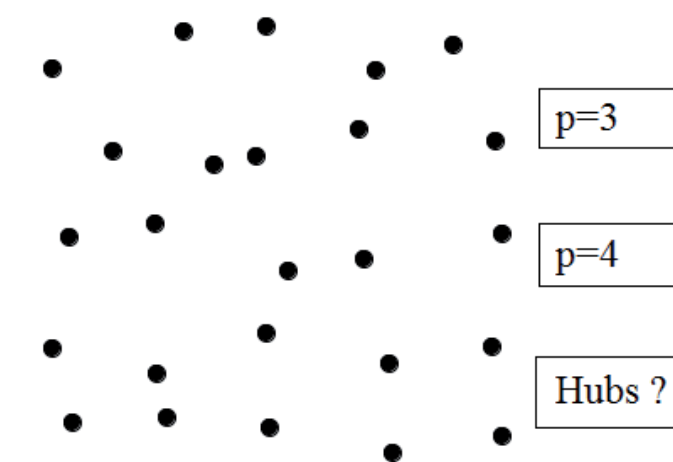


Abb. 3: Existierende Depots

5 Ein Beispiel

Die Anzahl der Depots ist $n = 25$. Für den Kostenfaktor α werden die beiden Fälle $\alpha = 0,3$ und $\alpha = 0,8$ untersucht, für die Hubanzahl p die Fälle $p = 3$ und $p = 4$. Abbildung 3 zeigt die 25 Knoten des Problems, die auf ein 5 mal 5-Gitter verteilt wurden (mit einer zufälligen Störung der echten Gitteranordnung). Von jedem Knoten $i=1,2,\dots,25$ zu jedem anderen Knoten $j=1,2,\dots,25$ ist genau eine Mengeneinheit zu transportieren: $w_{ij} = 1$ für $i,j=1,2,\dots,25, i \neq j$ und $w_{ii} = 0$ für $i=1,2,\dots,25$. Die Entfernungen der Depots wurden als euklidische Distanzen berechnet. Welche der 25 Depots sollten zu Hubs ausgebaut werden?

Alle Rechnungen erfolgten auf einem 2,00-GHz-Notebook (Intel Core 2 Duo CPU, 4 GB RAM, CPLEX Ver. 11.2.0 Ip/mip solver mit allen Optionen auf Voreinstellungen). Zuerst wurde das Problem (p-HM) in die Sprache GAMS übertragen, um es exakt zu lösen. Für $n = 25$ hat das Problem 390650 Variablen, davon 25 Binärvariablen. Die Optimierung für $\alpha = 0,3$ und $p = 3$ beendet CPLEX wegen zu wenig RAM vorzeitig. Ein weiterer Lösungsversuch mit Datenauslagerungsoption und zugelassenem Zielwert 20 % schlechter als das Optimum wurde nach 14 Stunden Rechenzeit beendet. CPLEX kann innerhalb 14 Stunden keine Lösung finden, die im Bereich von maximal 20 % über der Optimallösung liegt. Es gibt alternative Modellformulierungen des betrachteten Problems mit weniger Variablen. Andererseits kann man die Formulierung mit den n^4 Variablen y_{ijkm} praktischen Fragestellungen gut anpassen, weil alle Anteile am gesamten Transportvolumen bekannt sind. Das heuristische Lösen des Problems auf der Grundlage des Modells (HMLP₂(a)) ist eine sinnvolle Alternative zur Optimierung. Eine Variante der EDA-Heuristik, das PBIL-Verfahren (population based incremental learning) nach [Balu94], wurde in GAMS implementiert. PBIL unterscheidet sich von oben dargestelltem Algorithmus nur in Schritt 5 (Update des Parametervektors p). Um zu schnelle Konvergenz zu vermeiden, bildet PBIL eine Konvexkombination aus dem alten Vektor p und der Schätzung aus der Stichprobe:

Schritt 5*: PBIL-Update des Parametervektors p

$$\text{update } p = (1-\theta) \cdot p + \theta \cdot (a^{(1)} + a^{(2)} + \dots + a^{(b)}) : b$$

Der Parameter θ mit $0 < \theta < 1$ gibt vor, wie „konservativ“ die Heuristik arbeiten soll. θ in der Nähe von 0 ändert die Wahrscheinlichkeiten p_j nur langsam. Bei θ in der Nähe von 1 orientiert sich die Suche fast nur an der aktuellen Stichprobe. Für die Beispielrechnung wurden folgende Parameter gewählt: $n=25$, $M=20$, $b=10$ und $\theta=0,4$. Die Hauptiterationsschleife wurde 10mal wiederholt (Endekriterium: Programm nach 10 Stichproben beenden). Es wurden 4 Fälle untersucht:

- | | |
|------------------------------------|---|
| Fall 1: $\alpha = 0,3$ und $p = 3$ | Ergebnis siehe Abbildung 4
bester Zielwert: 297837 |
| Fall 2: $\alpha = 0,3$ und $p = 4$ | Ergebnis siehe Abbildung 5
bester Zielwert: 263533 |
| Fall 3: $\alpha = 0,8$ und $p = 3$ | Ergebnis siehe Abbildung 6
bester Zielwert: 337382 |
| Fall 4: $\alpha = 0,8$ und $p = 4$ | Ergebnis siehe Abbildung 7
bester Zielwert: 314713 |

Jedes der vier Probleme wurde in etwas weniger als einer Stunde Rechenzeit gelöst. Das Lineare Programm (HMLP₂(a)) wurde in weniger als zwei Sekunden gelöst. Den Hauptanteil an der Laufzeit benötigt der Matrixgenerator. In den Abbildungen stellen die Kreise normale Depotknoten dar. Die Quadrate

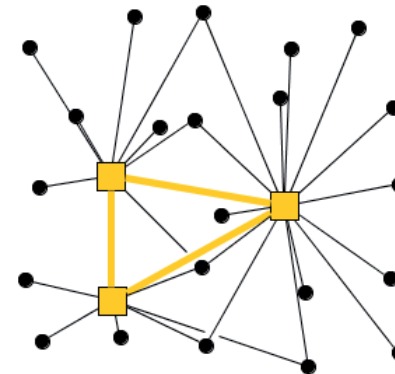


Abb. 4: Heuristische Lösung
Fallbeispiel 1

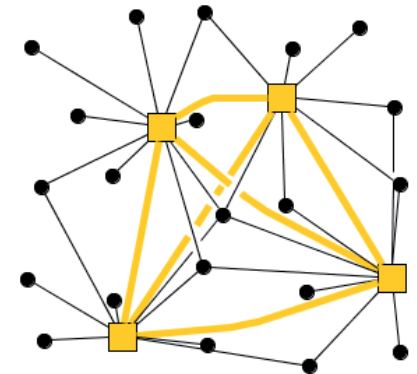


Abb. 5: Heuristische Lösung
Fallbeispiel 2

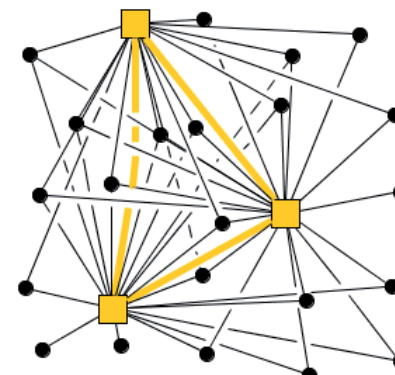


Abb. 6: Heuristische Lösung
Fallbeispiel 3

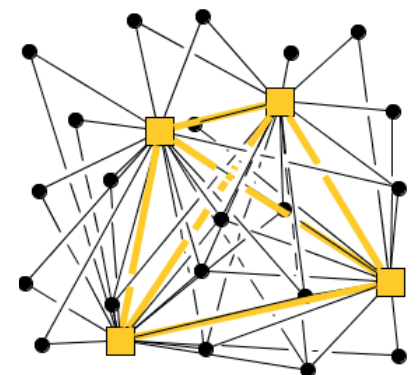


Abb. 7: Heuristische Lösung
Fallbeispiel 4

sind Hubknoten. Alle $p=3$ bzw. $p=4$ Hubs sind wechselseitig verbunden. Die Depotknoten sind an ein oder mehrere Hubs angeschlossen. Zumindest entspricht die Verteilung der Hubs und die Zuordnung der Depotknoten den Erwartungen. Den Erwartungen entspricht auch, dass die Kosten beim Übergang von $p=3$ auf $p=4$ unabhängig vom gewählten α fallen. Interessant ist der Vergleich von $\alpha=0,3$ mit $\alpha=0,8$: Für $\alpha=0,8$ unterscheiden sich die Transportkosten Depot-Hub nicht sehr von den Hub-zu-Hub-Kosten. Daher werden im Falle $\alpha=0,8$ mehr Depot-Hub-Kanten aktiviert als im Falle $\alpha=0,3$.

6 Ausblick

Die Gestaltung von Hub-and-Spoke-Netzen gehört zu den schwierigeren Optimierungsproblemen. Gemischt-ganzzahlige Probleme für Anwendungen realistischer Größe lassen sich mit Standardsoftware nicht so einfach lösen. Die Anwendbarkeit der Metaheuristik PBIL (population based incremental learning) wurde an einem Beispiel demonstriert. PBIL filtert in einem iterativen Vorgang die besten Lösungskandidaten des gegebenen Problems heraus. Über die Optimalität der Ergebnisse kann nichts ausgesagt werden. Qualitativ entsprechen die Ergebnisse den Erwartungen des menschlichen Planers.

Hub-Location-Modelle gehen implizit davon aus, dass auf den Hub-zu-Hub-Kanten (d. h. im Intra-Hub-Verkehr) Mengen bewegt werden, die zu Kostenvorteilen führen. Sie gehen also von einem kostenwirksamen Bündelungseffekt aus. Im Modell sind aber keine Mindestmengen für den Intra-Hub-Verkehr vorgegeben. Es ist durchaus möglich, dass in einer Lösung auf einer Hub-zu-Hub-Verbindung unwirtschaftliche Mengen zu bewegen sind. Eine realitätsnahe Formulierung sollte untere Schranken für Hub-zu-Hub-Flüsse beinhalten. Diese könnten auch in Form von weichen Nebenbedingungen in das Modell eingehen, falls z. B. zugelassen ist, wenn in maximal 20 % der Fälle eine Verletzung der unteren Schranken um höchstens 10 % erfolgt. Alternativ sind nichtlineare Kosten auf Hub-zu-Hub-Kanten möglich, um einen wirtschaftlichen Intra-Hub-Verkehr sicherzustellen. Metaheuristiken lassen sich in jedem Falle realen Fragestellungen flexibel anpassen. EDA-Erweiterungen für mehrfache Zielsetzungen wurden vorgeschlagen [Peli06]. Bei der Planung logistischer Netze spielen mehrere Ziele oft eine Rolle, z. B. Kosten und Transportzeiten. Die implementierte Metaheuristik bietet viele Erweiterungsmöglichkeiten.

Literatur

- [Aber00] Aberle, G.: Transportwirtschaft – Einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen. München Wien 2000.
- [Abdi98] Abdinnour-Helm, S.; Venkataramanan, M. A.: Solution approaches to hub location problems. *Ann. Ops. Res.* 78 (1998), 31-50.
- [Balu94] Baluja, S.: Population-based incremental learning: A method for integrating genetic search based function optimization and competitive learning. Technical Report CMU-CS-94-163, Carnegie Mellon Univ.
- [Blun05] Blunck, S.: Modellierung und Optimierung von Hub-and-Spoke-Netzen mit beschränkter Sortierkapazität. Wissenschaftliche Berichte des Institutes für Fördertechnik und Logistiksysteme der Universität Karlsruhe (TH), Band 65, Universitätsverlag Karlsruhe: Karlsruhe 2005.
- [Camp91] Campbell, J. F.: Hub location problems and the p-hub median problem. Center for Business and Industrial Studies Working Paper 91-06-21, Univ. of Missouri-St. Louis.
- [Camp94] Campbell, J. F.: Integer programming formulations of discrete hub location problems, *EJOR* 72 (1994), 387-405.
- [Camp04] Campbell, J. et al.: Hub Location Problems. In: Drezner, Hamacher (eds.): Facility Location. Applications and Theory, Berlin Heidelberg New York 2004, 373-407.
- [Doms96] Domschke, W.; Drexl, A.: Logistik – Standorte. München Wien 1996.
- [Gude04] Gudehus, T.: Logistik – Grundlagen, Strategien, Anwendungen. Berlin Heidelberg New York 2004.
- [Klin02] Klincewicz, J.: Enumeration and Search Procedures for a Hub Location Problem with Economies of Scale. *Ann. Ops. Res.* 110 (2002), 107-122.
- [Larr02] Larranaga, P.: A Review on Estimation of Distribution Algorithms. In: Larranaga, P.; Lozano, J. (eds.): Estimation of Distribution Algorithms, Genetic Algorithms and Evolutionary Computation. Boston 2002, 57-100.
- [Mühl98] Mühlenbein, H.: The equation for response to selection and its use for prediction. *Evolutionary Computation* 5 (1998), 303-346.
- [Oke198] O'Kelly, M. E.; Bryan, D. L.: Hub location with flow economies of scale, *Trans. Res.* 32 (1998), 605-616.
- [Peli06] Pelikan, M. et al.: Multiobjective Estimation of Distribution Algorithms. *Studies in Computational Intelligence (SCI)* 33, 223-248.

Kontakt: Prof. Dr. rer. pol. Matthias Forster

TH Wildau, Bahnhofstr. 15745 Wildau, T 03375 508-529 , matthias.forster@th-wildau.de

Einfuhrzollmanagement – neue Chancen und Herausforderungen für die Standortoptimierung

Prof. Dr. Ralf Szymanski

Abstract

Die Effekte der Globalisierung generieren im besondere Maße neue Potentiale für die Standortplanung. Aktuelle Szenarien spannen sich über mehrere Kontinente und unterschiedlichste Zollregionen.

Bisherige Ansätze des Total Cost of Ownership (TCO) sind im Rahmen der Produktionsplanung häufig nur auf Beschaffungs- und Produktionskosten ausgerichtet. Eine Erweiterung der Kostenstrukturen bis zum Kunden ermöglicht durch ein aktives Zollmanagement zusätzliches Einsparungspotential.

Es wird ein Modell vorgestellt, das die internationale Handelsgesetzgebung (Local Content-Regelwerke, Zölle und Zollerstattungen) sowie die klassischen beschaffungs-, produktions- und distributionsspezifischen Kostenstrukturen repräsentiert.

Die Komplexität dieser ganzheitlichen Sichtweise erzwingt den Einsatz rechnergestützter Optimierungssysteme. Ein Anwendungsbeispiel veranschaulicht die Leistungsfähigkeit des Modells.

1 Einleitung

Zölle sind bei global agierenden Unternehmen von zentraler Bedeutung. Insbesondere bei der Fertigung von hochwertigen Konsumgütern werden unterschiedliche Strategien zur Vermeidung und Erstattung von Einfuhrabgaben definiert und geprüft. Aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten, wo welches Bauteil bzw. Modul gefertigt oder gekauft wird und an welchem Standort die Produktion stattfindet, stellt eine computergestützte Entscheidungsunterstützung ein neues Optimierungspotential dar.

Die Analyse der globalen Zollstrukturen und Auswirkungen unter betriebswirtschaftlichen Aspekten beinhaltet komplexe Herausforderungen: Preisindizes, Wechselkurse, Inflationsraten und spezifische (Rohstoff-)Preise sind ebenso zu berücksichtigen wie die Beschaffenheit von Zollunionen und zwischenstaatlichen Handels- und Zollabkommen.

In Kapitel 2 werden die zollrechtlich relevanten Optionen erörtert. Ein Schwer-

punkt dabei bildet das europäische Zollrecht. In Kapitel 3 werden dann die Komponenten eines aktiven Zollmanagements beschrieben. Strategische Überlegungen für die Standortoptimierung werden skizziert und es wird ein ganzheitliches mathematisches Optimierungsmodell vorgestellt.

2 Zölle

2.1 Begrifflichkeiten und Grundlagen

Seit Jahrtausenden dienten Zölle für die Herrschenden eines Gebiets als Gebühr für die Benutzung einer Handelsroute, eines Hafens oder eines Marktplatzes. Sie stellten eine willkommene Einkommensquelle dar. Diese Form wird in der Zolltheorie als Finanzzoll bezeichnet. Heutzutage werden Zölle nur noch bei Warenbewegungen über Staatsgrenzen hinweg erhoben. Hierbei liegt keine verwaltungsspezifische Leistung vor – im Gegensatz zu einer Gebühr. Auch werden inländisch vergleichbare Güter und Leistungen nicht belastet – dieses wäre ansonsten eine Verbrauchssteuer [2, 10, 13].

Das Motiv der Schutzzölle für heimische Märkte begann mit dem Entstehen der Nationalstaaten. Die künstliche Verteuerung von importierten Gütern führte zu einem Anreiz im eigenen Land die Herstellung dieser Güter zu übernehmen. Die gewünschte Beschäftigungs- und Vermögenseffekte sind insbesondere auch in den aufstrebenden neuen Industriestaaten zu beobachten. In der Zolltheorie gibt es neben den Finanz- und Schutzzöllen noch die Krisenzölle, zur Abwehr einer Krise eines Wirtschaftszweiges oder einer Volkswirtschaft, sowie die Ausgleichs- und Antidumpingzölle. Bei letzteren werden – im Vergleich zu einer inländischen Produktion – ungerechtfertigte Subventionen oder Dumpingpreise abgewehrt [2, 10, 13].

Die Steuerung der Zölle erfolgt durch den sogenannten Zolltarif, in dem die spezifischen Zollsätze für die einzelnen Güter und Dienstleistungen festgelegt sind. Die meisten Zollsätze unterliegen der Zolleskalation innerhalb der Wertschöpfungskette. Für Rohstoffe gilt der niedrigste Zollsatz und mit jeder Fertigungsstufe bis zum fertigen Endprodukt steigt der Zollsatz an [10].

Den stärksten Einfluss auf das heutige Zollrecht hat das General Agreement on Tariffs and Trade (GATT), das 1947 gegründet wurde. Ziel ist es, den wirtschaftspolitischen Liberalismus der Freihandelslehre zu fördern. In einem möglichst freien Welthandel werden Handelshemmnisse jeglicher Art geächtet und Schutzzölle nur in Ausnahmesituationen vorübergehend geduldet. Als tarifliche Hemmnisse gelten Zölle – als nicht-tarifliche werden Subventionen, mengenmäßige Einfuhrbergrenzen, Industrienormen, Importsteuern, Verwaltungsaufgaben betrachtet. Das GATT wurde 1995 zur World Trade Organization (WTO) fortentwickelt, der aktuell über 150 Staaten angehören [10, 13].

Die Aufgaben der WTO sind die Einhaltung, Prüfung und Weiterentwicklung des WTO-Vertragswerks, Schlichtungsverfahren und die Zusammenarbeit mit anderen nationalen und internationalen Organisationen. In mehreren Zollrunden sind Güterabkommen (GATT), Dienstleistungsabkommen (GATS) und ein Abkommen über das geistige Eigentum (TRIPs) vereinbart worden.

Die Grundprinzipien der WTO [10] sind

- Meistbegünstigung und Inländerbehandlung: Diskriminierungsverbot ausländischer Produkte untereinander sowie ausländischer gegenüber inländischen Produkten
- Transparenzgebot: Veröffentlichungsgebot sämtlicher Maßnahmen sowie die vorzeitige Information von geplanten Veränderungen für sämtliche Mitglieder
- Liberalisierungsprinzip: grundsätzlich gilt es, die Liberalisierung des Handels zu fördern. Ausnahmetatbestände unterliegen einem Diskriminierungsverbot und dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit. Für sogenannte Schutzklauseln gelten Verfahrensvorschriften und enge Voraussetzungen, um einen wirksamen Missbrauch zu verhindern.

2.2 Zollrechtliche Bestimmungen der EU

Grundlage der Europäischen Gemeinschaft (EG) ist der EG-Vertrag (EGV). Die Mitgliedsstaaten gründeten eine Zollunion, in der ab 1.1.1993 ein EG-Binnenmarkt eingeführt wurde. Zollrechtlich wurde 1994 der Zollkodex (ZK), eine EG-Verordnung mit Gesetzeskraft, als Grundlage für die einzelnen Mitgliedsstaaten beschlossen [2].

Die geringe Bedeutung der Zölle soll am Beispiel der Bundesrepublik Deutschland dargestellt werden. Die Zollverwaltung vereinnahmte 2007 ca. 110 Mrd. Euro, was ca. 50% der Steuereinnahmen des Bundes darstellte. Die Zolleinkünfte in Höhe von ca. 4 Mrd. Euro werden an die EU abgeführt. Mit 64 Mrd. Euro sind die Verbrauchsteuern eine wichtige Einnahmequelle (Energiesteuer ca. 40 Mrd. Euro, Tabaksteuer ca. 14 Mrd. Euro und Stromsteuer ca. 6 Mrd. Euro). Die Einfuhrumsatzsteuer betrug im gleichen Zeitraum ca. 42 Mrd. Euro [13].

In die EG-eingeführte Waren können in folgende Zollverfahren überführt werden. Zu beachten ist, dass die einzelnen Verfahren auch untereinander kombinierbar sind [2, 10, 11, 13]:

a) Überführung in den zollrechtlich freien Verkehr:

Die ausländischen Waren sollen endgültig im Zollgebiet verbleiben. Sie werden den inländischen gleichgestellt und die zollamtliche Überwachung endet. Im Folgenden wird an einem fiktiven Beispiel wird das Zollverfahren verdeutlicht [14]:

Rechnungspreis der Ware:	10.000 Euro
Logistikkosten bis zur Zollgrenze:	1.000 Euro
Zollwert:	11.000 Euro
Zollbetrag (Zollwert x Zollsatz) (fiktiver Zollsatz 10 %):	1.100 Euro

Einfuhrumsatzsteuer (EUST)

Zollwert:	11.000 Euro
Zollbetrag:	1.100 Euro
Verbrauchsteuern:	–
Logistikkosten ab der Zollgrenze:	100 Euro
Bemessungsgrundlage:	12.200 Euro
EUST-Betrag (EUST-Satz 19 %):	2.318 Euro
Einfuhrabgaben (Zoll- und EUST-Betrag):	418 Euro

b) Versandverfahren

Der Transport zwischen zwei Orten innerhalb der Zollunion bietet die Möglichkeit für den Importeur z. B. Zeit zu sparen, da die Binnenzollstellen weniger frequentiert sind. Auch kann die Ware vor Entgegennahme geprüft werden.

c) Zolllagerverfahren

Die ausländischen Waren werden in ein Zolllager überführt. Sie könnten bei einer Transitlagerung im Anschluss wieder ausgeführt werden oder in den freien Verkehr gebracht werden. Der Zoll wird im Lagerverfahren nicht fällig.

d) Aktive Veredelung

Ausländische Waren werden nur zum Zwecke der Veredelung ein- und anschließend wieder ausgeführt. Um die Wettbewerbsfähigkeit der eigenen Unternehmen zu fördern und gegebenenfalls auch Beschäftigungseffekte zu erzielen wird eine Zollvergünstigung für die Waren ermöglicht, die nicht dauerhaft verbleiben. Es gibt zwei Möglichkeiten:

- das Nichterhebungsverfahren (keine Erhebung der Einfuhrabgaben)
- die Zollrückvergütung (die Einfuhrabgaben werden bei der Ausfuhr erstattet oder erlassen)

Die Zollrückvergütung bietet keine Vorteile gegenüber dem Nichterhebungsverfahren. Auch in der Praxis kommt es daher kaum in Betracht [10].

e) Umwandlungsverfahren

Eingeführte Waren werden umgewandelt und verbleiben dauerhaft. Vorteilhaft ist hier die Erreichung einer günstigeren Abgabenbelastung z. B. bei Recyclingmaßnahmen.

f) Vorübergehende Verwendung

Werden Waren, z. B. zur Berufsausübung oder Baumaschinen, nur für einen zeitweilige Verwendung eingeführt so können die Einfuhrabgaben ganz oder teilweise erlassen werden.

g) Passive Veredelung

Das Gegenteil der aktiven Veredelung besagt, dass Gemeinschaftswaren nur zur Veredelung vorübergehend ausgeführt werden. Die daraus resultierenden Waren werden zollvergünstigt in den freien Verkehr überführt. Der Beantragende kann unter zwei Verfahren wählen:

- Differenzverzollung: Der Einfuhrzollsatz der veredelten Waren wird um den fiktiven Zollbetrag der ausgeführten Waren reduziert.
- Mehrwertverzollung: nur die Veredelungskosten der Waren werden verzollt.

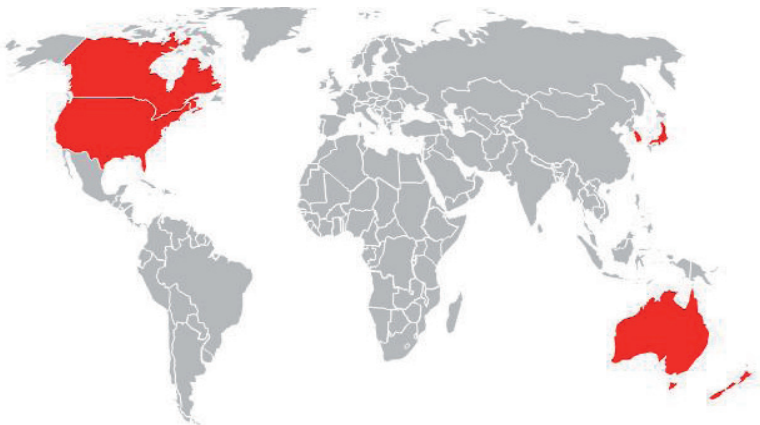
h) Ausfuhrverfahren

Da aktuell keine Ausfuhrabgaben in der EU erhoben werden, bleiben nur die Überwachung von Ausfuhrverboten und Ausfuhrbeschränkungen.

2.3 Aktuelle internationale Tendenzen

Ein wichtiges Thema ist die Gewährung von ermäßigten Zollsätzen sogar bis hin zur Zollfreiheit. Die EU hat mit sehr vielen Ländern bilaterale oder multilaterale Verträge geschlossen um sich und/oder Drittstaaten Wettbewerbsvorteile zu verschaffen. Diese Zollpräferenzen stellen zwar einen Verstoß gegenüber dem Meistbegünstigungsgrundsatz der WTO dar (also ein Zollvorteil darf nicht nur einem Handelspartner gewährt werden, sondern allen), aber im Rahmen von Zollunionen ist dies zulässig. Bei Entwicklungsländern darf dies sogar auch einseitig erfolgen.

Die nachfolgende Anti-Präferenzspinne enthält eine Übersicht über die Länder, die **keine** Zollpräferenzen mit der EU vereinbart haben.



Anti-Präferenzspinne (Stand: 01.01.2009)

Diese Präferenzregelungen der EU zeigt das folgende fiktive Beispiel: Ein fernöstlicher Automobilhersteller hat seine für die EU bestimmten Pick-ups

in Einzelteilen nach Thailand verfrachtet, dort zusammenbauen lassen und konnte dadurch eine 15 %-Zollermäßigung realisieren. Dies wurde solange praktiziert, bis dies durch die EU entdeckt wurde und Thailand die Zollermäßigung für nur zusammengesetzte Pick-ups verlor. Die Assemblierung wurde danach von Thailand nach Südafrika verlagert.

In den neuen Industrienationen Brasilien, China, Indien und Russland (BRIC-Staaten) gibt es hingegen ein Interesse die eigene stark wachsende Industrie zu schützen und zu fördern. Die BRIC-Staaten wurden von Jim O'Neill, dem Chefvolkswirt der Investmentbank Goldman Sachs, nach eigener Aussage 2001 „aus der Taufe“ gehoben [4]. Diese Staaten umfassen ca. 42 % der Weltbevölkerung und zeichnen sich durch überdurchschnittlich wachsendes Bruttoinlandsprodukt, Pro-Kopf-Wachstum und Exportwachstum aus.



BRIC-Staaten

Ein wirkungsvolles Instrument ist die Besteuerung unter Verwendung des Local Contents, der z. B. wie in Russland als Strafzoll für Komponenten oder z. B. wie in China und Indien auf Fertigerzeugnisse erhoben wird. Es gibt unterschiedliche Ansätze, einen Local Content (LC) zu spezifizieren. Ein wertmäßiger Ansatz beziffert den lokalen wertschöpferischen Prozentanteil eines Produkts. Dazu gehören neben den Material-, Lohn- und Logistikkosten auch ein anteiliger Gemeinkostenzuschlag sowie eine angemessene Gewinnmarge.

Es gibt mehrere LC-Varianten:

- *Exportvariante*: Es wird dann ein ermäßigter Einfuhrzoll oder eine Einfuhrzollfreiheit auf ein Endprodukt bei der Einfuhr in ein Drittland gewährt, wenn das Endprodukt mindestens einen lokalen wertschöpferischen Anteil von x Prozent erreicht.

Ziel ist es, die strukturelle Wettbewerbsfähigkeit von Schwellen- oder Entwicklungsländern zu stärken, indem ein monetärer Anreiz für eine Steigerung der lokalen Wertschöpfung etabliert wird.

- *Importvariante*: Es wird dann ein ermäßigter Einfuhrzoll oder eine Einfuhrzollfreiheit auf importierte Endprodukte gewährt, wenn das Endprodukt mindestens einen lokalen wertschöpfenden Anteil von y Prozent erreicht. Ziel ist die Wettbewerbsfähigkeit der eigenen Herstellerindustrie zu stärken bzw. einen wirtschaftlichen Anreiz zu geben, eine inländische Herstellung auf- oder auszubauen. Das Resultat wäre die Steigerung des inländischen Know-hows sowie Beschäftigungseffekte.
- *Sourcingvariante*: Es wird dann ein ermäßigter Einfuhrzoll oder eine Einfuhrzollfreiheit auf die importierten Komponenten gewährt, wenn das Endprodukt mindestens einen lokalen wertschöpfenden Anteil von z Prozent erreicht. Es ist dabei unerheblich, ob das Endprodukt exportiert wird oder nicht [5]. Ziel ist die Wettbewerbsfähigkeit der eigenen Komponentenzulieferindustrie zu stärken bzw. einen wirtschaftlichen Anreiz zu geben, eine inländische Komponentenfertigung auf- oder auszubauen. Das Resultat wäre ebenfalls die Steigerung des inländischen Know-hows sowie Beschäftigungseffekte.

Als besondere Herausforderung des Local Contents gilt, dass er auf die Summe der Material-, Logistik-, Herstell- und Zollkosten berechnet wird. Zusätzlich gibt es unterschiedliche Zollregeln bezüglich der Ursprungsländer für das Material, wie auch für den Vertrieb in die Kundenregionen.

3 Einfuhrzollmanagement für die Standortplanung

3.1 Standortoptimierung

Die Standortoptimierung lässt sich in drei Gebiete unterteilen: volkswirtschaftliche, betriebliche und innerbetriebliche. Im Rahmen eines Einfuhrzollmanagements ist die betriebliche Sichtweise einer aktiv agierenden Unternehmung näher zu behandeln. Innerbetriebliche Aspekte sind hierbei zu vernachlässigen und die volkswirtschaftliche Sicht handhabt die Gestaltungsmöglichkeiten eines Staates, um die Ansiedlung von potentiellen sowie die Pflege von bestehenden Standorten zu optimieren [1, 7, 12].

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die betriebliche Standortoptimierung unter den gegebenen volkswirtschaftlichen Faktoren einen Wettbewerbsvorteil zu generieren sucht. Die betriebliche Standortplanung lässt sich prinzipiell in qualitativer und quantitativer Weise durchführen. Qualitative

Fragestellungen wie Logistikanbindungen, Lohnniveau, Arbeitsproduktivität, Subventionszuschüsse und Unternehmensbesteuerungen sind von überragender Bedeutung. Für eine erste Phase ist dies ein erfolgversprechender Ansatz. Ziel der ersten Phase sollte es sein, mehrere potentiell interessante Standorte zu identifizieren. Für eine fundierte Aussage muss nun allerdings ein umfangreiches Mengen- und Wertegerüst erstellt und einer Optimierung zugeführt werden. Bei einer ganzheitlichen Sichtweise – und nur diese ermöglicht die Berücksichtigung der qualitativen Aspekte aus Phase Eins – müssen auch die vielfältigen Einfuhrzollregeln der Bezugs-, Produktions- und Kundenregionen berücksichtigt werden.

Anzumerken sei, dass das Vorgehen bei der Schließung eines Standorts äquivalent ist.

3.2 Strategische Handlungsoptionen des Einfuhrzollmanagements

Für internationale Unternehmen ergeben sich bei einem aktiven Einfuhrzollmanagement interessante Optionen der Effizienzsteigerung. Aufgrund der Errichtung von Schutzzöllen für heimische Industrien der Schwellenländer bzw. neuen Industrienationen z. B. der BRIC-Staaten sind bzw. werden dort zukünftig weiterhin sogenannte CKD-Fertigungswerke errichtet. Ziel ist es, die Einfuhrzölle für Enderzeugnisse zu umgehen. CKD steht für „completely knocked down“ und bezeichnet die Zerlegung eines Enderzeugnisses in seine Einzelteile. Ein CKD-Werk setzt diese dann im Importland wieder zusammen. Unterschiedliche Einfuhrzollsätze von 50 % oder mehr – z. B. Indien erhebt aktuell ca. 15 % auf CKD-Komponenten versus 60 % auf Enderzeugnisse im Automobilbau – führen zur Errichtung von CKD-Werken.

Weitere zusätzliche Restriktionen, wie z. B. kein unbegrenzt zur Verfügung stehendes Budget, führen dann zu Fragestellungen wie, welcher Standort zuerst errichtet werden soll.

Am Beispiel der BRIC-Staaten wäre zu evaluieren,

- welches CKD-Werk zuerst errichtet und dann welche anderen Regionen mit versorgt werden sollen; z. B. wird ein neues CKD-Werk in Indien realisiert, muss evaluiert werden, ob dieses dann auch den russischen Bedarf mit deckt oder sollte umgekehrt verfahren werden?
- in China und Indien wird jeweils ein Standort errichtet. Doch welches beliefert dann den russischen Markt?
- Was kostet eine Produktionsverlagerung von der EU in einen BRIC-Staat mit einem anschließenden Export in die EU?

Die in Kapitel zwei geschilderten zollrechtlichen Bestimmungen – insbesondere die aktive und passive Veredelung sind in der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen.

Für ein international agierendes Unternehmen stellt sich die Aufgabe ein **aktives Zollmanagement** zu institutionalisieren. Dazu sind folgende Bereiche zu berücksichtigen:

- Die einzelnen Zollregelwerke der Beschaffungs-, Produktions- und Kundenregionen werden vollständig abgebildet, insbesondere die spezifischen Local Content Bestimmungen.
- Gleiches gilt für zukünftige bzw. potentielle Regionen.
- Permanente Datenpflege der relevanten Einfuhrzollbestimmungen im Rahmen einer computergestützten Planung.

3.3 Mathematischer Modellausschnitt

Der mathematische Modellausschnitt formuliert ein gemischt-ganzzahliges Optimierungsmodell (MIP) [3, 6, 9], dass mit einem kommerziellen Standard-Solver gelöst wird [8]. Aufwendige Lösungsaufbereitungen überführen den Lösungsvektor der Optimierung in betriebswirtschaftliche Kennzahlen. Keine Berücksichtigung in dem hier diskutierten Ausschnitt finden Kapitalwertbindung und stochastische Schwankungen, basierend auf Absatzschwankungen.

Im Wesentlichen können eine statische oder eine dynamische Variante erstellt werden. Die dynamische Variante beinhaltet die Entscheidungsunterstützung für eine partielle Local Content Anwendung für spezifische Produktvarianten. Die prinzipielle Struktur ist allerdings auch in der statischen Variante darstellbar und wird im Folgenden erläutert:

Indexe und Indexmengen:

- P: Menge der Produkte mit $p \in P$
 S: Menge der Produktionsstandorte mit $s \in S$
 R: Menge der Kundenregionen (Outbounds) mit $r \in R$
 I: Menge der Beschaffungsregionen (Inbounds) mit $i \in I$
 Ipr: Teilmenge der Beschaffungsregionen mit ermäßigten Zollsätzen für p (das Produkt ist für die Kundenregion r bestimmt)
 M: Menge der Module mit $m \in M$
 Mp: Teilmenge der Module für das Produkt p (Stückliste)
 T: Menge der Zeitperioden mit $t \in T$

Einheiten:

- ME: Mengeneinheiten
 GE: Geldeinheiten
 ZE: Zeiteinheiten

Kostendaten:

- $C_{m,p,i,s,r,t}$: durchschnittliche Beschaffungskosten (Material-, Logistik- und Einfuhrzollkosten inklusive Zollerstattungen) eines Moduls m für das Produkt p aus der Beschaffungsregion i für den Produktionsstandort s bestimmt für die Kundenregion r in Periode t in GE/ME mit $m \in M_p, p \in P, i \in I_{pr}, s \in S, r \in R, t \in T$
 $LC_{p,s,r,t}$: Local-Content-Prozentwert des Produkts p im Produktionsstandort s für die Kundenregion r in Periode t in GE/ME mit $p \in P, s \in S, r \in R, t \in T$
 $ZHK_{p,s,r,t}$: Zollrechtliche Gesamtherstellkosten des Produkts p im Produktionsstandort s für die Kundenregion r in Periode t in GE/ME mit $p \in P, s \in S, r \in R, t \in T$
 $PC_{p,s,r,t}$: Gesamtproduktionskosten (Personal- und Gemeinkostenanteil) eines Produkts p vom Produktionsstandort s für die Kundenregion r in Periode t in GE/ME mit $p \in P, s \in S, r \in R, t \in T$

Entscheidungsvariablen:

- $x_{m,p,i,s,r,t}$: Volumen des Moduls m für das Produkts p aus der Beschaffungsregion i für den Produktionsstandort s bestimmt für die Kundenregion r in Periode t in ME mit $m \in M_p, p \in P, i \in I_{pr}, s \in S, r \in R, t \in T$

Optimierungsmodellausschnitt:

Zollbedingungen:

$$\sum_{m \in M_p} \sum_{i \in I_{pr}} C_{m,p,i,s,r,t} x_{m,p,i,s,r,t} + PC_{p,s,r,t} \geq LC_{p,s,r,t} * ZHK_{p,s,r,t} \quad \text{f.a. } p \in P, s \in S, r \in R, t \in T$$

Nichtnegativitäten:

$$x_{m,p,i,s,r,t} \in 0 \quad \text{für alle } m \in M_p, p \in P, i \in I_{pr}, s \in S, r \in R, t \in T$$

Der Modellgenerator wurde in FORTRAN implementiert. Die Lösung der Modelle wurde mit dem mathematischen Optimierungssystem MOPS [8] in der Version 9.13 auf einem Intel Pentium IV, 1,26 GHz, 2 GB RAM berechnet [3].

Modellausschnitt	Anzahl
Produktionsstandorte	2
Produktvarianten	ca. 30
Module	ca. 200
Entscheidungsmatrix: Zeilen x Spalten x Nichtnullelemente	in Tausend (gerundet): 265 x 550 x 1.300
Lösungszeit	4,1 Minuten

Ein Ergebnisvergleich mit und ohne Local Content – Gewährung kann in abhängig des Mengengerüsts stark schwanken. Bis zu 5 – 8 % sind realistisch.

4 Zusammenfassung

Globale Beschaffungs- und Produktionsszenarien werden zunehmend komplexer. Ein aktives Zollmanagement international agierender Unternehmen kann Einfuhrzölle reduzieren bzw. Zollerstattungen maximieren. Dazu ist es notwendig, unter einer Vielzahl von zu beschaffenden Materialien diejenigen zu identifizieren, die im Rahmen eines ganzheitlichen Ansatzes ein betriebswirtschaftliches Kostenminimum herbeiführen.

Für die Produktionsstandorte wie z. B. in den BRIC-Staaten oder anderen wird die zunehmende Bedeutung der computergestützten Entscheidungsunterstützung wichtiger. Insbesondere die Datenpflege für ein aktives Zollmanagement ist dabei sehr aufwendig. Es ermöglicht aber, zukünftige Einsparungspotentiale zu realisieren.

Literatur

- [1] Domschke, W.; Drexl, A.: Logistik: Standorte. 6. Aufl., Oldenbourg Verlag, 1995.
- [2] Holler, G.: Zollrecht und Zollabwicklung. 1. Aufl., Berliner Wissenschafts-Verlag, 2008.
- [3] Mühlenbruch, H.; Schneider, I.; Szymanski, R.: Möglichkeiten und Grenzen eines zweistufigen Beschaffungsprozesses in der Automobilindustrie. In: Wissenschaftliche Beiträge der TFH Wildau, 2008.
- [4] O'Neill, J.: BRIC-Staaten. In: Manager Magazin online, 2006.
- [5] Rogojine, S.: Investieren in Russland. Global Business Forum/3. deutsch-russische Partnertagung, Price Waterhouse Coopers, 2007.
- [6] Schneider, I.: Die Risikobetrachtung in der Beschaffung als strategische Komponente im Supply-Chain-Design – eine Analyse am Beispiel Karosserieblechteile in der Automobilindustrie. Shaker Verlag, 2010.
- [7] Suhl, L., Mellouli, T.: Optimierungssysteme. 1. Aufl., Springer Verlag, 2006.
- [8] Suhl, U. H.: MOPS – Mathematical OPTimization System. In: European Journal of Operational Research 72, 1994, 312-322.
- [9] Szymanski, R.: Die Renaissance der klassischen Kostenfunktion im Zeitalter der Supply Chain Optimierung. In: Fuchs, G. et al. (Hrsg.): Anwendungen und Techniken zur Analyse großer Datenbestände, AKWI-Fachtagung am 11. und 12.09.2008 an der Hochschule Niederrhein in Mönchengladbach, Berlin: News & Media, 2008, 24-35.
- [10] Witte P., Wolfgang, H.-M. (Hrsg.): Lehrbuch des Europäischen Zollrechts. 6. Aufl., Neue Wirtschafts-Briefe Verlag, 2009.

- [11] Witte P., Henke, R. (Hrsg.): Fallsammlung Europäisches Zollrecht. 2. Aufl., Neue Wirtschafts-Briefe Verlag, 2004.
- [12] Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 23. Aufl., Verlag Vahlen, 2008.

Internetquellen:

- [13] Statistik der Zolleinnahmen vom 1. Juni 2010:
http://www.zoll.de/b0_zoll_und_steuern/a0_zoelle/a1_grundlage_zollrecht/a0_zollamtliche_ueberwachung/a2_erhebung_abgaben/index.html
- [14] Berechnung Einfuhrzoll vom 1. Juni 2010:
http://www.zoll.de/b0_zoll_und_steuern/a3_einfuhrumsatzsteuer/c0_verfahren/a0_steuersaetze/index.html

Kontakt: Prof. Dr. Ralf Szymanski

TH Wildau, Bahnhofstr., 15745 Wildau, T 03375 508-533, ralf.szymanski@th-wildau.de

Modellgetriebene Softwareentwicklung auf der Grundlage realer Geschäftsprozessoptimierung

Prof. Dr. Michael Grütz

Bei dem Großteil der Unternehmen weltweit ist es gängige Praxis, die gesamte Geschäftsabwicklung in Modellen abzubilden: man spricht von der **Geschäftsprozessmodellierung (GPM)**. Viele Anwender bilden ihre Geschäftsprozesse mit dem Tool „ARIS“ aus dem Hause IDS Scheer ab (z. B. zwei Drittel der sog. „DAX 30-Unternehmen“). So werden regelrecht Unternehmensmodelle erstellt, ohne konkrete Absichten in Richtung Softwareentwicklung zu verfolgen: die sog. Business Domain Modellierung. Natürlich dient diese vorrangig dem Einsatz von ERP-Systemen (**Enterprise Resource Planning**) auf der Grundlage von Geschäftsprozessanalysen und -optimierungen.

Leider laufen häufig anzutreffende sog. Geschäftsprozess-Optimierungen Gefahr, in Wirklichkeit Suboptima zu erzeugen: Das Geschäftsprozess-Reengineering wird oft als reine Prozessverkürzung missverstanden. Anhand einer prozesskostenorientierten Betrachtung [KAPL 99], die auf einem Vergleich etwa mit den Opportunitätskosten basiert, soll das Vorgehen einer „realen“ **Optimierung** [KALL 07] am Beispiel einer Anwendung im Krankenhausbereich aufgezeigt werden!

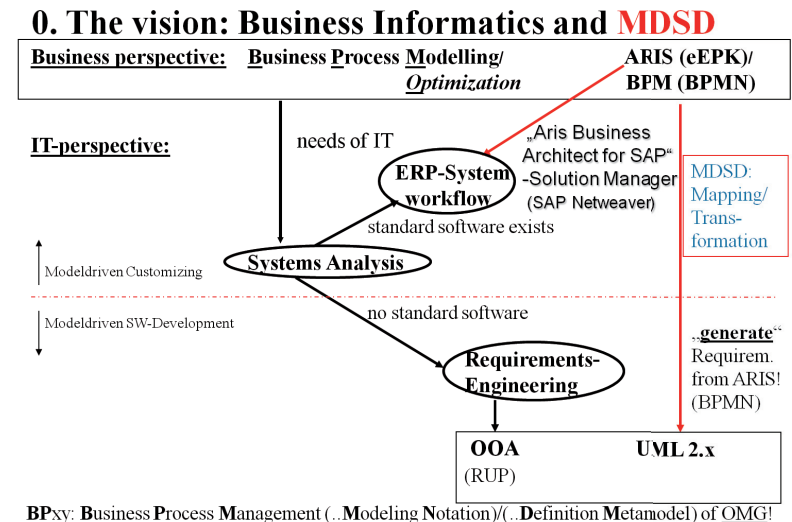
Entsteht die Notwendigkeit des weiteren Einsatzes von Informationstechnik, sind moderne Softwareentwicklungsmethoden ab den sog. „frühen Phasen“ vorgesehen. Bereits mit Beginn der Analysephase wird ein professionelles Vorgehen unabdingbar, der Einsatz von Tool-Unterstützung unumgänglich. Hier bietet sich beispielsweise das Produkt „Rational Software Architect“ (RSA) von der Marke „IBM Rational“ an.

Wenn von der „Business Domain“ auf die Softwareentwicklungsumgebung verlagert werden soll, entsteht somit ein *Bruch*: Wie gelangen die Informationen des **GPM** in den Softwareentwicklungsprozess? Denn viele Informationen können direkt übernommen werden. Tatsächlich ist ein sog. „Mapping“ von ARIS zum RSA möglich: Mithilfe einer Schnittstellensoftware aus dem Hause „Reischmann Informatik GmbH“ lassen sich Artefakte aus dem ARIS-Umfeld in den „IBM Rational Software Architect“ für den weiteren Softwareentwicklungsprozess überführen!

Liegen also die Ergebnisse einer realen Geschäftsprozessoptimierung vor, werden diese in Konstrukten der professionellen Softwareentwicklung weiter bearbeitet. Dieses Vorgehen, von der Optimierung der Geschäftsprozesse bis zum Start des eigentlichen Softwareentwicklungsprozesses, soll hier beschrieben werden.

1 Die Vision: Wirtschaftsinformatik und „Model Driven Software Development“ (MDS)

Auf der Grundlage des „Model Driven Software Development“ ergeben sich für die moderne Wirtschaftsinformatik neue Perspektiven. Diese lassen sich in zwei Sichten unterscheiden: die Geschäftsperspektive und die Perspektive der Informationstechnik (IT), beide werden in der folgenden Abbildung dargestellt:



Die **Geschäftsperspektive** blickt auf ein Unternehmensmodell, das mit Hilfe der Methoden der „Geschäftsprozessmodellierung“ erstellt wurde: Vielfach bewährt hat sich in der Praxis die „Architektur integrierter Informationssysteme“ (**ARIS**).

Im Bereich der Geschäftsprozesse praktiziert man diese Modellierung, ohne einen anschließenden Softwareentwicklungsprozess vor Augen zu haben: Hier soll der jeweilige Ablauf festgehalten werden, um eine Überprüfung auf

Wirtschaftlichkeit (Optimierung, Prozesskostenanalyse) durchführen zu können und anschließend den Einsatz von ERP-Systemen zu erleichtern [MISO o. J.]. Diese Modelle eignen sich auch hervorragend, um Mitarbeiter zu schulen und auf ihre Aufgaben vorzubereiten. Bei neuen Überlegungen sind sogar Überprüfungen zum betrieblichen Datenschutz angedacht. Erst an zweiter Stelle steht die Idee, Informationen für einen möglichen Softwareentwicklungsprozess bereit zu stellen oder eine „modellgetriebene Modifikationsentwicklung“ mit ABAP/4 oder Java add-ons zu betreiben.

Ganz aktuell wurden und werden von Seiten der „Object Management Group“ (OMG), einer Standardisierungsinitiative mehrerer Herstellerunternehmen, eigene Modellierungsstandards als Ergänzung zum bereits seit geraumer Zeit definierten Standard der „Unified Modelling Language“ (UML) entwickelt: **Business Process Management (BPM)** mit der **Business Process Modelling Notation (BPMN)** und der Definition eines Metamodells. Leider gibt es über die Arbeit mit diesen neuen Standards noch wenige Erfahrungen in der Unternehmenspraxis. Dass die OMG sich der Thematik „Geschäftsprozessmodellierung“ annimmt, zeigt, dass der UML-Standard nicht hinreichend für die Komplexität von Geschäftsprozessen ist: Aktivitätsdiagramme stellen eine grobe Vereinfachung dar, genauso wie ePKs von ARIS alleine auch nicht ausreichend sind!

Entsteht der Bedarf für Informationstechnik, öffnet sich deren eigene Perspektive: Zu Beginn eines jeden derartigen Projektes steht die Systemanalyse. Sie führt zu zwei möglichen Konsequenzen:

- Es stellt sich heraus, dass die ermittelten Anforderungen mit **Standardsoftware** abgedeckt werden können.
- Die Anforderungen lassen sich **nicht** mit **Standardsoftware** abbilden.

Im **ersten** Fall lässt sich aus den Geschäftsprozessmodellen mit speziellen Tools der Einsatz von ERP-Systemen rationell bewerkstelligen (z. B. ARIS Business Architect for SAP in Kooperation mit dem Solution Manager von SAP). So genannte Workflowmanagementsysteme können direkt aus den ARIS-Artefakten Anwendungen konstruieren. Insofern ist der im Folgenden darzustellende Ansatz des „**Model Driven Software Development**“ im Bereich der sog. Workflow-Anwendungen schon umgesetzt [ALLW 07, KAHL 05, GÖLT 04]!

Im **zweiten** Fall muss der typische Softwareentwicklungsprozess angestoßen werden: Jetzt öffnet sich die Welt der „Softwareengineeringtools“.

Zu Beginn steht das „Anforderungsmanagement“ im Rahmen des „Requirements Engineering“: Ziel ist es dabei, erste Modellierungen – heute meist in UML-Notation (**Unified Modelling Language**) – zu erstellen.

Um die Jahrtausendwende hat die OMG einen Softwareentwicklungsprozess definiert, der weitestgehende Automatisierung verspricht: der „**Model Driven Software Development**“ Ansatz (**MDSD**) oder die sog. „**MDA**“ (**Model Driven Architecture**). Hierbei werden durch Transformationen Modelle auf andere Modelle abgebildet, bis schlussendlich zumindest als Vision am Ende automatisch generierter Code entsteht.

Dieser neue Softwareentwicklungsansatz kann von der Wirtschaftsinformatik unterstützt werden: Nach abgeschlossener realer Optimierung eines Geschäftsprozesses wird dessen Modell – etwa mit ARIS erstellt – durch „mapping“ in ein „**UML**“-Modell (**Unified Modelling Language**) für weitere Transformationen gewandelt. Die „requirements“ werden aus der ARIS-Welt automatisch in die UML-Welt übertragen. Selbiges geht natürlich auch mit der BPMN-Notation der OMG, die in den aktuellen ARIS-Versionen ebenfalls vorgehalten wird!

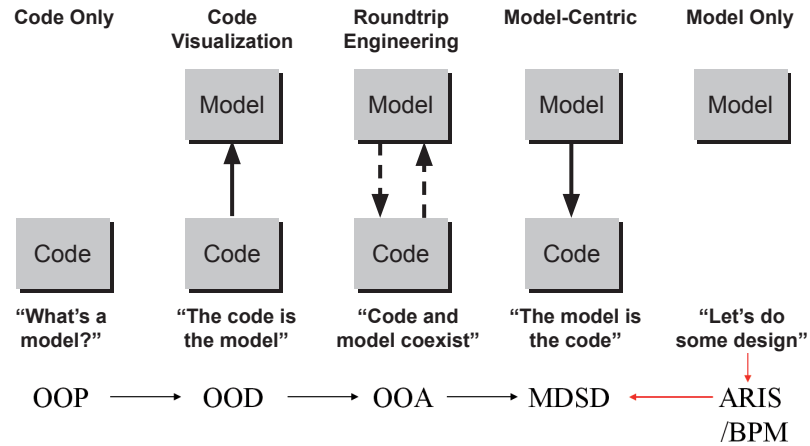
1.1 Die Entwicklung zum Modell

Am Anfang der Programmierung war der Code, in der Objektorientierung wurde von der „objektorientierten Programmierung“ (OOP) gesprochen! Mit zunehmender Professionalisierung kam die Idee der Modellbildung auf: im OOD (objektorientiertes Design) und dann in der OOA (objektorientierte Analyse) wurden Modelle zugrunde gelegt: Darstellungen, die in ihrer Abstraktion den zu beschreibenden Sachverhalt möglichst präzise und prägnant wiedergeben. In Zeiten der sog. „CASE“-tools waren Modell und Code im wechselseitigen Einsatz vorzufinden: die im Modell vollständig erfasste Information konnte in Einzelfällen zu automatischen Codegenerierungen geführt werden und wurde als Zukunft der Softwareentwicklung gefeiert. Was damals an der Komplexität der zu erstellenden Modelle und am Nichtvorhandensein von Standards scheiterte, könnte heute im Rahmen des „MDSD“ zum Durchbruch gelangen! Dank UML-Notation ergeben sich aus abstrakten Modellen durch Transformationen Artefakte, aus denen schlussendlich Code generiert werden kann!

Der Paradigmenwechsel manifestiert sich: Die historische Entwicklung von der OOP bis zur OOA mündet künftig womöglich in den MDA/MDSD-Ansatz, der für Anwendungen aus der Wirtschaftsinformatik via BPMN/ ARIS unterstützt werden kann.

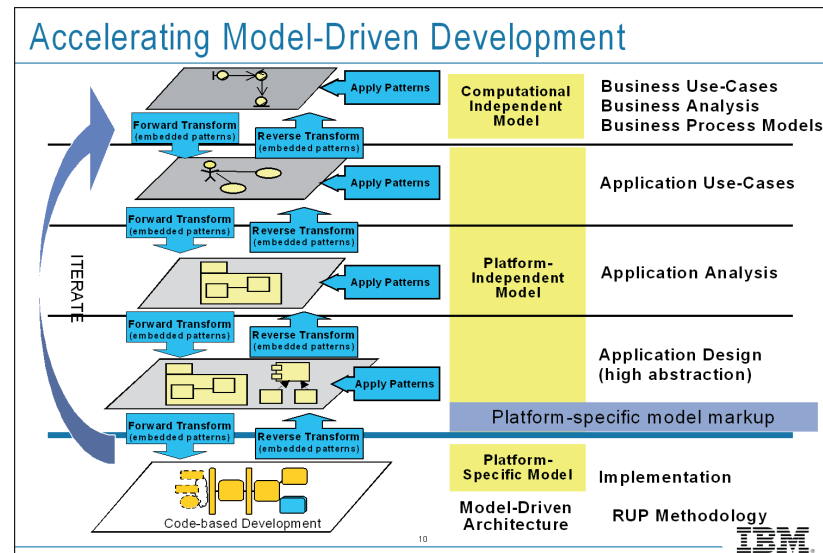
Die beschriebenen Modellkombinationen werden in der folgenden Darstellung verdeutlicht:

Changes of paradigm:



1.2 Der Ansatz des „Model Driven Software Developments“ (MDSD)

Auf der anwendungsnahen Ebene (Business domain) wird das „Computational Independent Model (CIM)“ erstellt. Hieraus wird das „Platform Independent Model“ (PIM) abgeleitet, das schließlich zum „Platform Specific Model“ (PSM) implementationsnah gewandelt wird: Aus diesem lässt sich dann der ange-



strebte Code automatisch generieren. Zwischen den einzelnen Schritten finden Transformationen (in beiden Richtungen) statt, es werden die passenden „Muster“ (patterns) ausgewählt (vgl. Abbildung „Accelerating Model-Driven Development“).

Wenn es gelingt, aus der sog. „business domain“ (modelliert mit ARIS oder BPMN) ein „Computer Independent Model“ zu erzeugen, kann der „MDSD“-Ansatz Realität werden:

CIM: Computer Independent Model ← business domain

PIM: Platform Independent Model (ARIS, BPMN)

PSM: Platform Specific Model

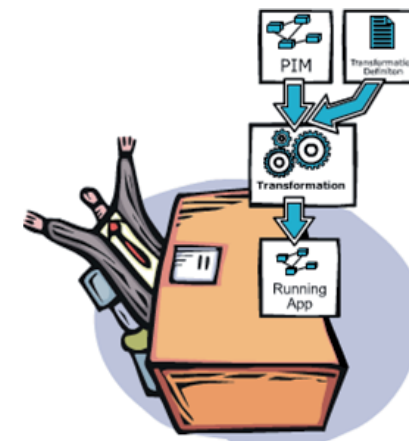
Transformations:

- CIM to PIM
- PIM to PSM
- PSM to code model



Die Endvision – das von der OMG angestrebte Ziel – zeigt folgende Grafik:

The Vision

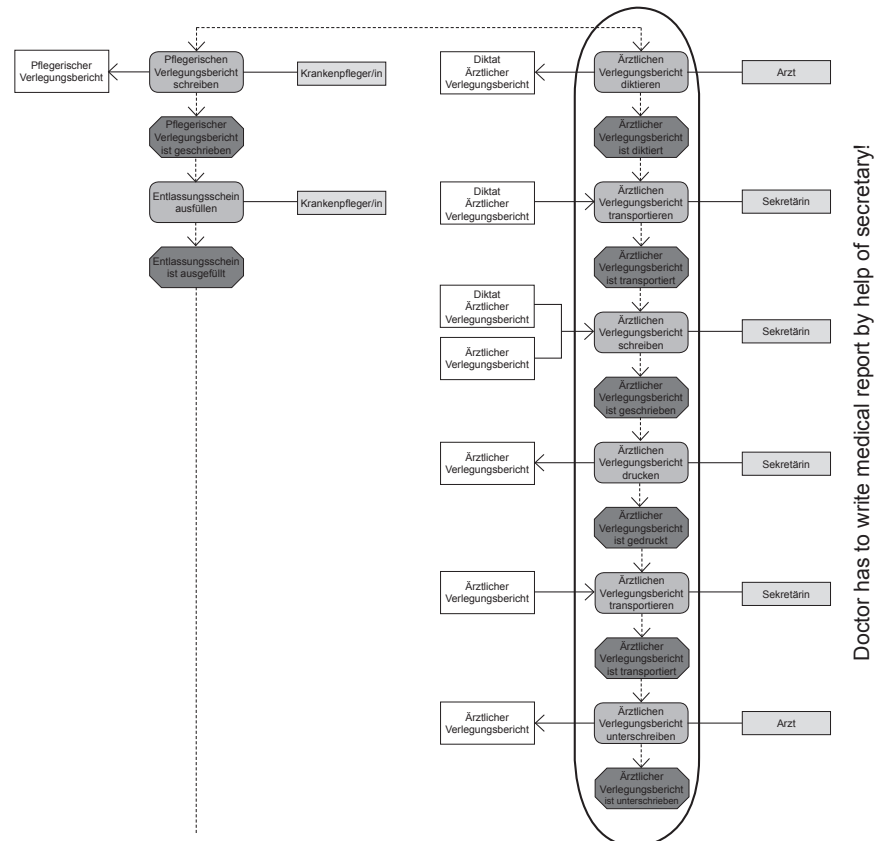


Aus der „plattformunabhängigen“ Modellierung lässt sich die lauffähige Applikation erzeugen!

2 Fallstudie Krankenhaus: Verlegung eines Patienten von der Abteilung „Hals Nasen Ohren“ (HNO) in die Abteilung „Innere Medizin“

Für die weiteren Darstellungen sei das folgende Fallbeispiel verwandt, das u. a. von Studierenden in einem Projekt der FH Harz unter Leitung von Prof. Dr. Scheruhn erstellt wurde: In einem Universitätsklinikum (durchschnittlich ca. 2000 belegte Pflegebetten) wurde festgestellt, dass bei den täglich anfallenden ca. 100 Patientenverlegungen zwischen den **zehn** Abteilungen die Verweildauer einiger Patienten unnötig verlängert wird. Am Beispiel der „Hals-Nasen-Ohren“-Abteilung soll dies stellvertretend analysiert werden.

Im Mittel müssen **zehn** Patienten täglich von der „HNO“ in die „Innere Medizin“ verlegt werden. Von Seiten der Ärzteschaft ist diese Verlegung zu dokumentieren. Der diensthabende Arzt greift zu seinem Diktiergerät und spricht seinen Bericht auf Tonband. Nach dem Diktat wird das Tonband zur Stationssekretärin gebracht. Diese hat die Aufgabe, den diktierten Text zu schreiben und auszudrucken. Das gedruckte Dokument wird anschließend im Büro des Arztes abge-



legt, damit dieser es unterschreiben kann. Nach diesem Arbeitsschritt „wandert“ das unterzeichnete Dokument in einen Ablagekorb, auf welchen die Pflegekräfte der Abteilung „Innere Medizin“ jederzeit Zugriff haben. Bei der Durchführung der Verlegung des Patienten wird der Verlegungsbericht in die jeweilige Station der Inneren Medizin mitgenommen. Die Patientenverlegung muss zwischen 6:00 Uhr und 16:00 Uhr eines Arbeitstages (Montag bis Freitag) erfolgen, andernfalls verlängert sich der Aufenthalt um mindestens einen Tag! Im Detail stellt sich der betrachtete Teilprozess (Dauer ca. 60 Minuten) wie in der Abbildung oben dar, wobei vereinfacht für jede Aktivität ca. 10 Minuten angesetzt sind (somit können pro Pflgetag genau zehn Patienten verlegt werden!):

3 Geschäftsprozess-Reengineering versus -Optimierung

Bei der praktischen Anwendung der Geschäftsprozessanalyse treten viele Mythen auf, zumindest die beiden folgenden sollen hier „relativiert“ werden:

- **Optimierung**, meint eben nicht bloße „Verbesserung“, sondern setzt die Existenz von Alternativen oder Optionen voraus, von denen – nach wirtschaftlichen Kriterien betrachtet – die beste gewählt wird! [KALL 07]
- Ein Geschäftsprozess ist nicht irgendein Ablauf im Unternehmen, sondern zeichnet sich durch **wertschöpfende** Eigenschaften aus und sollte u. a. im Hinblick auf die mit diesem einhergehenden Opportunitätskosten betrachtet werden!

Vereinfacht dargestellt fragt das Geschäftsprozess-Reengineering (GPR) „nur“ nach Verkürzungsmöglichkeiten im Ablauf mit dem Ziel, Durchsatz und Produktivität per sé zu erhöhen. Damit steht beim GPR natürlich die Zahl notwendiger Aktivitäten/Funktionen im Vordergrund der Analyse: In der Ausgangssituation des obigen Beispielprozesses sind sechs Aktivitäten vorgesehen! Es wäre jedoch eine Verkürzung auf vier Aktivitäten denkbar: Mit Hilfe von „voicemail“, dem Erstellen einer Audiodatei, die via Intranet zur Sekretärin übertragen wird und von dieser als elektronische Datei geschrieben werden kann, wird ein Ausdrucken des Verlegungsberichts auf einem zu installierenden Drucker beim Arzt möglich. Die noch fehlende Unterschrift kann in seinem Büro geleistet werden. Eine weitere Verkürzung des Prozesses auf nur noch drei Aktivitäten ist unter Verwendung einer „Schreibsoftware“ wie „dragon naturally speaking“ oder „IBM viavoice“ und einem Drucker im Büro des Arztes möglich. Somit ergibt sich als Ergebnis des GPR ein kürzestmöglicher Prozess, der nur noch drei Aktivitäten als Minimum benötigt, mit Optimierung hat dies jedoch nichts gemein: Bei der Geschäftsprozessoptimierung sollte **nicht** nach der **minimalen** Anzahl von Aktivitäten gefragt werden, sondern nach der **wirtschaftlichsten** Organisation des Prozesses!

Auch der ursprüngliche Geschäftsprozess wird bei einer Neuorganisation mit Kosten verbunden sein: Die Diktiergeräte müssen erneuert werden, eine Anschaffung ist vorzusehen! Bei der Organisation des Prozesses mit vier Aktivitäten müssen die Zusatzkosten für „voicemail“ und Drucker in Ansatz gestellt werden. Diese Organisation ist nur dann als wirtschaftlich anzusehen, wenn diese Mehrkosten geringer als die hier anzusetzenden „**Opportunitätskosten**“ sind. Gleiches gilt bei drei Aktivitäten, hier kommen die Zusatzkosten für den „voice-master“ und den Drucker hinzu.

Die **Opportunitätskosten**, die bei Verkürzung des Prozesses und damit womöglich auch der Patientenverweildauer anfallen, betragen

=0, wenn die Verkürzung keinen Nutzen stiftet! Dies ist dann der Fall, wenn parallele Aktivitäten mehr Zeit benötigen (z. B. das Warten auf die Ergebnisse der Kernspintomographie).

>= Hotelkosten, wenn keine Nachfrage nach dem frei werdenden Patientenbett besteht, die entstehende Kapazität also nicht für einen anderen Patienten genutzt werden kann.

>= Deckungsbeitrag, wenn Nachfrage nach dem freiwerdenden Patientenbett besteht, die entstehende Kapazität für einen anderen Patienten genutzt werden kann.

Der Deckungsbeitrag ergibt sich im Krankenhaus vereinfacht aus dem **Erlös** pro Fall abzgl. der fallspezifischen, **variablen Kosten!** (zur Deckung der **Fixkosten** und des zu erwirtschaftenden **Gewinns!**)

Schlechtestenfalls – bei nicht vorhandener Kostentransparenz – können die Opportunitätskosten als „**willingness to pay**“ angesetzt werden: Das Management gibt an, was ihm das Verkürzen eines Prozesses „wert“ ist! (Beispielsweise könnte das Marketing eines Automobilherstellers die Verkürzung der gesamten Produktionszeit für ein Fahrzeug als Chance sehen, dem Wettbewerb Aufträge „abzunehmen“... Die potentielle Umsatzerhöhung hilft die „willingness to pay“ zu quantifizieren!)

3.1 Die Sicht der Betriebswirtschaftlehre: die Grenzkosten

Eine betriebswirtschaftliche Bewertung der Organisationsalternativen konzentriert sich auf den Nutzen der Prozessverkürzung im Hinblick auf die damit einhergehenden **Grenzkosten**. Sind diese geringer als die anzusetzenden „**Opportunitätskosten**“?

Ein Zahlenbeispiel: Basis sei ein Pflgetag mit im Mittel **zehn** zu verlegenden Patienten in **zehn** Abteilungen!

- Dauer jeder Aktivität: 1 Zeiteinheit
- **Opportunitätskosten**: 1000 € pro Zeiteinheit (realisierbar wenn mindestens **zehn** Patientenverlegungen nicht am Folgetag statt finden müssen oder sogar früher möglich sind!)
- Zusätzliche Prozesskosten für **zehn** Abteilungen bei

6 Aktivitäten (Schreibpersonal und Tagesmieten für neue Geräte):	1500 €
4 Aktivitäten (Pers. +Tagesmieten für SW voicemail + Drucker):	3000 €
3 Aktivitäten (Tagesmieten für SW voice-master + Drucker):	4500 €

3.2 Die Berechnung der Grenzkosten

Bei Verkürzung von **6 auf 4** Aktivitäten betragen die **Grenzkosten**:
 $3000 - 1500 = 1500 / 2 \text{ Zeiteinheiten} = 750 \text{ €/Zeiteinheit}$.

Bei Verkürzung von **4 auf 3** Aktivitäten betragen die **Grenzkosten**:
 $4500 - 3000 = 1500 \text{ €/Zeiteinheit}$.

3.3 Der Vergleich der Opportunitätskosten mit den Grenzkosten

Die Opportunitätskosten betragen 1000 €/ZE.

$1000 \text{ €/ZE} > 750 \text{ €/ZE} \rightarrow 4$ Aktivitäten sind wirtschaftlich, die Opportunitätskosten sind **höher** als die Grenzkosten! Es können $2 \times 250 \text{ €} = 500 \text{ €}$ an Kosten eingespart werden!

$1000 \text{ €/ZE} < 1500 \text{ €/ZE} \rightarrow 3$ Aktivitäten sind unwirtschaftlich, die Opportunitätskosten sind **kleiner** als die Grenzkosten! Der Verlust dieser kostspieligen Variante beträgt 500 €!

3.4 Die Konsequenz für die Entscheidungsfindung

Um 15:30 Uhr wäre für einen Patienten beim Geschäftsprozess mit vier Aktivitäten eine Verlegung am gleichen Tag nicht mehr möglich: Es entgingen Opportunitätskosten in Höhe von 1000 €! Hätte man für drei Aktivitäten entschieden, könnte der Patient noch verlegt werden! Aber: Den Mehrkosten von 1500 € (in zehn Abteilungen) stünden Opportunitätskosten in Höhe von 1000 € entgegen, das Uniklinikum würde täglich 500 € „drauf“ zahlen.

Hätte man also – wie beim reinen Reengineering angedacht – die kürzest-mögliche Variante gewählt, hätte dies zwar womöglich zu einer kürzeren Verweildauer geführt, der tägliche Verlust von 500 € wäre jedoch gar nicht erkannt worden! Das Vorgehen nach dem reinen Reengineering kann also **suboptimal** geraten!

Als Begründung für das reine Verkürzen beim Reengineering werden in der Praxis die hohe Komplexität der Prozesse und die Schwierigkeiten der Kostenerfassung angeführt. Natürlich ist die Voraussetzung jeglicher Optimierung das Vorhandensein von Daten über die Prozesskosten. Diese sind – um

suboptimale Lösungen zu vermeiden – unabdingbar. Die Potentiale der Prozesskostenanalyse mit Tools wie dem „ARIS Business Optimizer“ stellen eine Option dar!

4 Reale Optimierung mit Modellen des Operations Research

Die Wirtschaftsinformatik bietet alternative Betrachtungsweisen für diesen Fall diskreter Verkürzungsstrategien an:

- Zum einen kann eine Prozessoptimierung mit Tools wie dem „ARIS Business Simulator“ angegangen werden, wobei sich das Optimum meist nur annähern lässt.
- Zum anderen bietet sich - mit exakt ermittelbarer Optimallösung – die Lineare Programmierung, eine Teildisziplin des Operations Research an.

4.1 Die Sicht der Wirtschaftsinformatik: die Prozesskosten

Der Modellierungsansatz der Wirtschaftsinformatik führt natürlich zu den gleichen Ergebnissen wie die rein betriebswirtschaftliche Betrachtungsweise! Hier das obige Beispiel mit denselben Annahmen als Modell mit **diskreten** Verkürzungsalternativen:

- Dauer jeder Aktivität: 1 Zeiteinheit
- *Opportunitätskosten: 1000 € pro Zeiteinheit*
- Zusätzliche Prozesskosten bei

6 Aktivitäten (neue Geräte):	1500 €
4 Aktivitäten (SW für voicemail + Drucker):	3000 €
3 Aktivitäten (SW für voice-master + Drucker):	4500 €

Im folgenden Netzplan betragen die gesamten Prozesskosten für die jeweilige Geschäftsprozessalternative:

- 1-2 : 7500 € (6 x 1000 + 1500)
- 1-4 : 7000 € (4 x 1000 + 3000)
- 1-3 : 7500 € (3 x 1000 + 4500)

Die Optimallösung ist eindeutig Pfad 1-4 mit 7000 € Kosten!

4.2 Das Modell

Bei der mathematischen Modellierung werden die drei Prozessalternativen durch die Einführung von sog. Schaltervariablen umgesetzt: $x_{ij} = 0$ oder 1! Eine auf „1“ gesetzte Schaltervariable wird mit dem zugehörigen Wert der zusätzlichen Prozesskosten in der Zielfunktion gewichtet. Die jeweilige Dauer (u_4) der Alternative muss mit den Opportunitätskosten multipliziert werden.

Jetzt ist das Zeitpotential im Knoten 4 größer als die Dauer der drei möglichen Kanten, die wechselseitig „geschaltet“ werden können, d. h. nur ein Pfad darf genutzt werden (XOR) [MEYE 84]:

LP-Model : $u_4 \geq 6 - M(1 - x_{12})$;

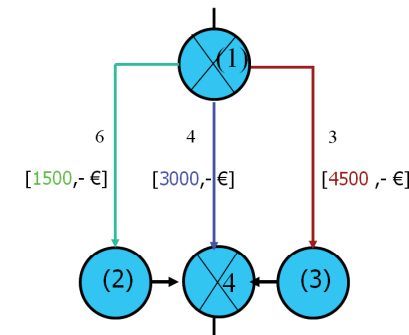
2nd appr.: $u_4 \geq 4 - M(1 - x_{14})$; $x_{12}, x_{13}, x_{14} = 0$ or 1;

(„PIM“) $u_4 \geq 3 - M(1 - x_{13})$; $M \rightarrow \infty$

$$1000 u_4 + 1500 x_{12} + 3000 x_{14} + 4500 x_{13} \rightarrow \min! \text{ (obj. function)}$$

$x_{12} + x_{14} + x_{13} = 1$; (XOR!)

opportunity cost: 1000 €/timeunit
additional process cost: [x €]



5 Die technische Umsetzung

5.1 Praxisbeispiel

Der aufgezeigte Lösungsweg lässt sich in ein Tool zur Geschäftsprozessanalyse benutzerfreundlich einbetten. Von einem Münchner Softwarehersteller wurde das Konzept zur realen Optimierung in ein ERP-Produkt integriert, hier ein Beispiel der eingesetzten Produktoberfläche [GÖLT 04]:

Example: a real world ERP-system with real process-optimization:

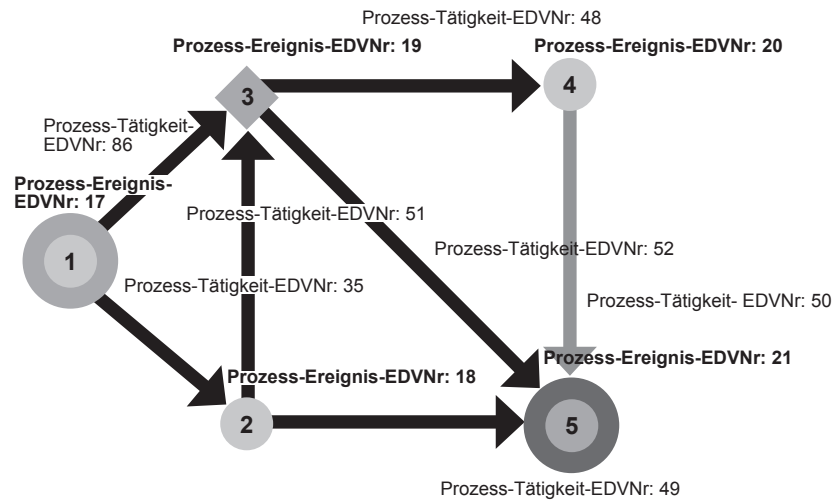
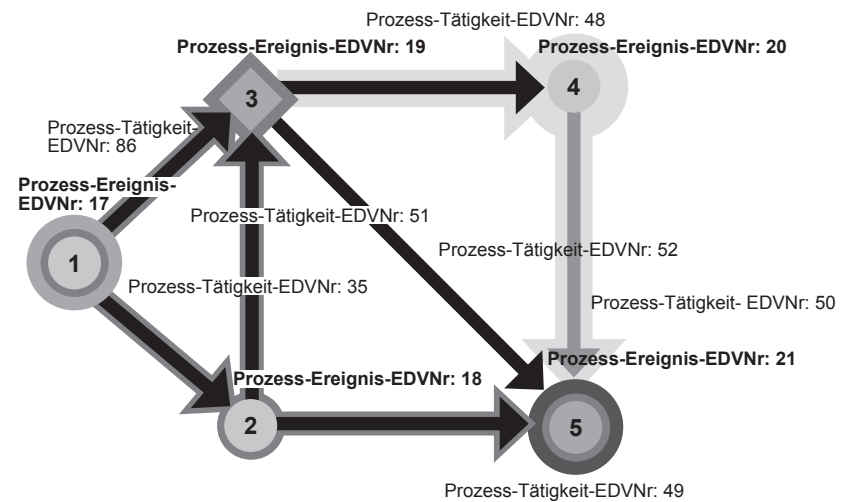


Diagram-Assistent

Prozess:											
Optimalkosten:	3525										
Optimaldauer:	9										
Ereignisse:											
Nummer:	1	2	3	4	5						
Bezeichnung:	-	-	-	-	-						
EDVNr:	17	18	19	20	21						
Früh Eintritt:	0	2	5	-	9						
Spät Eintritt:	0	2	5	-	9						
Kritisch:	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja						
Ausgewählt:	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja						
Tätigkeiten:											
Nummer:	1	2	3	4	5	6	7				
Bezeichnung:	-	-	-	-	-	-	-				
EDVNr:	35	36	48	49	50	51	52				
Früh Beginn:	0	0	-	2	-	2	5				
Spät Beginn:	0	0	-	6	-	2	5				
Früh Ende:	2	5	5	5	5	5	9				
Spät Ende:	2	5	-	9	-	5	9				
Dauer:	2	5	3	4	3	4	4				
Kosten:	200	75	-	200	-	350	450				
Puffer1:	0	0	-	4	-	0	0				
Puffer2:	0	0	-	4	-	0	0				
Puffer3:	0	0	-	4	-	0	0				
Puffer4:	0	0	-	4	-	0	0				
Kritisch:	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja				
Ausgewählt:	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja				

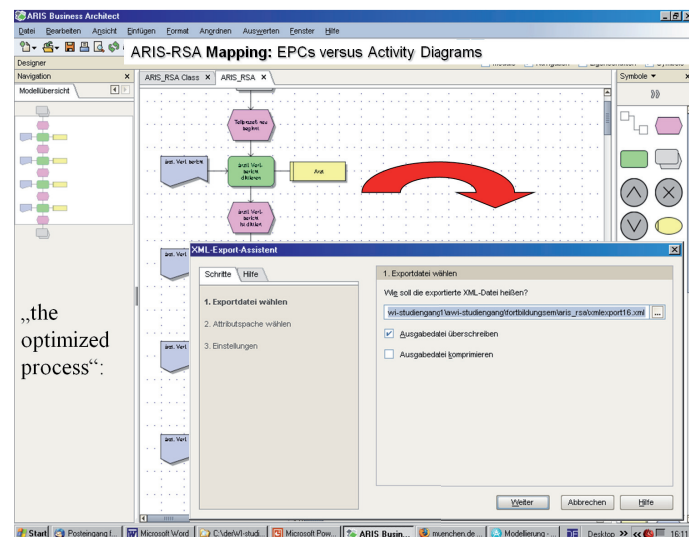
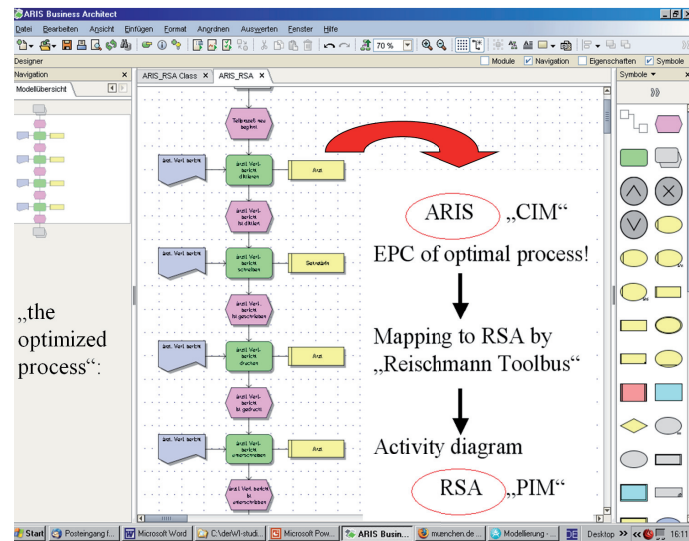
Microsoft Excel - Tests.xls

Ausgangsdaten:											
Prozess:											
Kosten pro Zeiteinheit:	250										
Start-Ereignis:	17										
End-Ereignis:	21										
Ereignisse:											
Nummer:	1	2	3	4	5						
Bezeichnung:	-	-	-	-	-						
EDVNr:	17	18	19	20	21						
Tätigkeiten:											
Nummer:	1	2	3	4	5	6	7				
Bezeichnung:	-	-	-	-	-	-	-				
EDVNr:	35	36	48	49	50	51	52				
VON:	17	17	19	18	19	18	19				
NACH:	18	19	20	21							
Dauer(Normal):	2	5	7	3	-	4	4				
Dauer(Minimal):	2	4	6	1	-	2	4				
Kosten(Normal):	200	75	125	200	-	150	450				
Verkürz_-Kosten:	0	100	150	50	-	200	50				

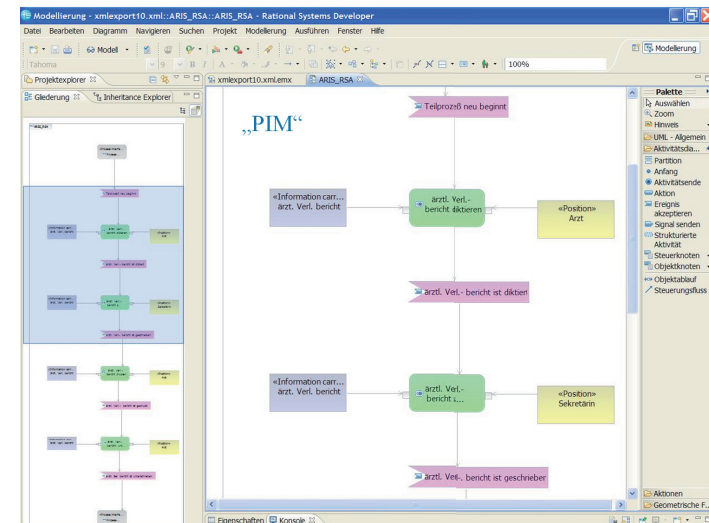
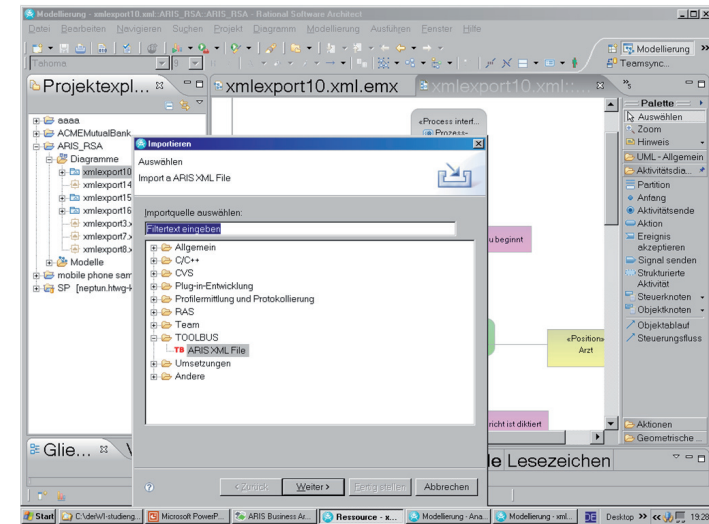


5.2 ARIS-RSA Mapping: EPK versus Aktivitätsdiagramm

Nachdem nun das Ergebnis einer „realen“ Geschäftsprozessoptimierung vorliegt, kann auf dieser Grundlage der Softwareentwicklungsprozess anschließen: Das Modell – in ARIS als ereignisorientierte Prozesskette modelliert – wird nun auf eine UML-basierte Softwareentwicklungsumgebung für die weitere Vorgehensweise durch „mapping“ übertragen:



Über eine XML-Schnittstelle kann die EPK aus dem ARIS Business Architect in das IBM-Produkt „Rational Software Architect“ (RSA) importiert werden: es wird ein Aktivitätsdiagramm erstellt:

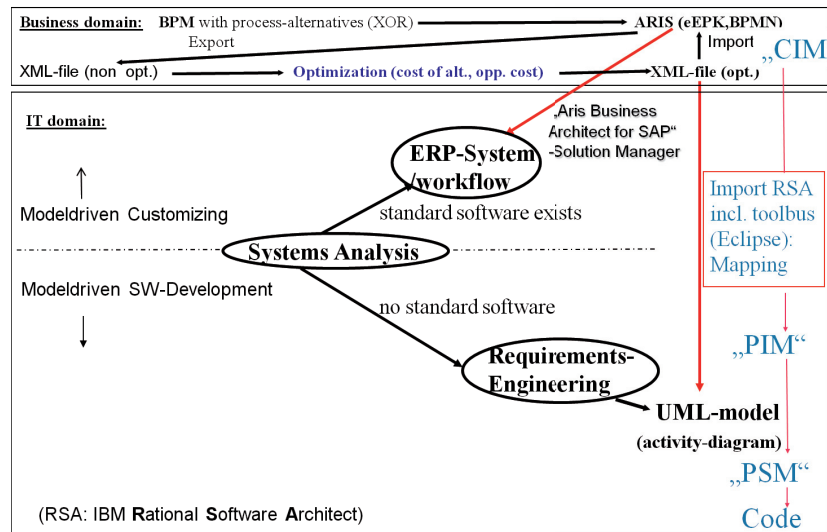


Diese „Mapping“-Funktion wird durch den „toolbus“ aus dem Hause „Reischmann Informatik GmbH“ ermöglicht: Diese Schnittstellensoftware setzt auf der Basis des Eclipse-Frameworks auf, was die Integration des Tools innerhalb des RSA ermöglicht.

5.3 Das Gesamtkonzept

Das in ARIS modellierte Geschäftsprozessmodell wird als XML-Datei exportiert, in einem Zusatztool automatisch optimiert (die Eingabe der Opportunitätskosten sowie der Kosten für die Prozessalternativen kann in ARIS erfolgen) und wieder als XML-Datei an das Softwareentwicklungstool „IBM Rational Software Architect“ (RSA) zum Mapping weitergeleitet. Das Aktivitätsdiagramm (UML) des optimierten Geschäftsprozessmodells liegt zur weiteren Softwareentwicklung im RSA vor:

The technique: Business Informatics and **MDSD**



Für das automatische customizing für Workflowtools wird die XML-Datei mit dem optimierten Modell wieder in ARIS (z. B. „ARIS Business Architect for SAP“) eingelesen. Jetzt kann die automatische Gestaltung eines ERP-Systems über den „Solution Manager“ im Netweaver von SAP angestoßen werden. Im Beispiel von Abschnitt 5.1 wurde dieses Vorgehen in das ERP-System direkt integriert!

Es sollte aufgezeigt werden, welches Innovationspotential die aktuellen Entwicklungen in Sachen „Model Driven Software Development“ (MDSD) für die Wirtschaftsinformatik beinhalten. Bei dieser Sicht kann man die Geschäftsprozessmodellierung als „Computational Independent Model“ (CIM) betrachten. Im Falle des womöglich anschließenden Softwareentwicklungsprozesses stellt das aufgezeigte „mapping“ den Beginn der Aktivitäten auf dem Level des „Platform Independent Model“ (PIM) dar. Die daran anknüpfenden Trans-

formationen führen zum „Platform Specific Model (PSM)“, Grundlage für das angestrebte, automatische Codegenerieren:

Wenn es gelingt, die Ansätze zur realen Optimierung in Prozessanalysetools zu integrieren, steht einer Umsetzung optimierter Geschäftsprozesse in Softwareapplikationen mit hohem Qualitätsanspruch nichts mehr im Wege!

Literatur

- [ALLW 07] Allweyer, T.: Erzeugung detaillierter und ausführbarer Geschäftsprozessmodelle durch Modell-zu-Modell-Transformationen. Tagungsband des 6. workshops des GI-Arbeitskreises „Geschäftsprozessmanagement mit EPK (WI-EPK)“, am 29.11.2007 in St. Augustin.
- [GUCK 07] Guckert, M.: Evaluierung von Standardsoftware zur Abbildung von Geschäftsprozessen. Tagungsband der AKWI-Fachtagung am 14.9.2007 an der HS Fulda.
- [GÖLT 04] Göltner, F.: Geschäftsprozessoptimierung mittels Netzplantechnik – Interactive Calculation And Reorganization Utility Software BPR – ICARUS. Diplomarbeit, Fakultät Informatik der HTWG Konstanz 2004.
- [HAAS 07] Haase, A.: Modelltransformationen in der Theorie. Java-Spektrum 2, April/Mai 2007.
- [KAHL 05] Kahl, T.; Kupsch, F.: Transformation und Mapping von Prozessmodellen in verteilten Umgebungen mit der EPK. Tagungsband des 4. Workshops des GI-Arbeitskreises „Geschäftsprozessmanagement mit EPK“ am 8.12.2005 in Hamburg.
- [KALL 07] Kallrath, R.; Maindl, K.: Real Optimization with SAP APO. 2007.
- [KAMY 05] Kamyar, S.; Dominitzki, P.; Loos, P.: Einsatz von Ereignisgesteuerten Prozessketten zur Modellierung von Prozessen in der Krankenhausdomäne, 4. Workshops des GI-Arbeitskreises Geschäftsprozessmanagement mit EPK am 8.12.2005 in Hamburg.
- [KAPL 99] Kaplan, R.; Cooper, R.: Prozesskostenrechnung als Managementinstrument, 1999.
- [KERN 07] Kern, H.; Kühne S.: Verarbeitung von ARIS-EPK-Modellen im Eclipse-Modelling Framework. Tagungsband des 6. workshops des GI-Arbeitskreises „Geschäftsprozessmanagement mit EPK“ am 29.11.2007.
- [MEYE 84] Meyer, M.; Hansen, K.: Planungsverfahren des Operations Research. 1984.
- [MISO o.J.] Misof, D.: Prozesskostenrechnung mit ARIS Business Optimizer. ARIS Expert paper.
- [O.V. 08] o.V.: Daimler Worldwide, Softwareentwicklung. Transport 2/2008, 50.
- [THON 05] Thonemann, U.: Operations Management. 2005.
- [VÖLT 07] Völter, M.; Groher, I.: Modelltransformationen in der Praxis. Java-Spektrum 2/2007.

Kontakt: Prof. Dr. Michael Grütz

Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG), Braunergerstr. 55, 78462 Konstanz, T 07531 206-398, gruetz@htwg-konstanz.de

Konzept, Methoden und offene Fragen für einen Web-Service zur Analyse des Wissensmanagement-Reifegrades in Logistikunternehmen

Prof. Dr.-Ing. Gaby Neumann

Abstrakt

Voraussetzung für eine zweckgerichtete Wissensmanagement-Anwendung in Logistikunternehmen ist eine methodisch-fundierte Analyse der Wirksamkeit von Wissensmanagement-Maßnahmen in der Logistik unter besonderer Berücksichtigung der Spezifik des jeweiligen Unternehmens sowie der Wirkungsweise des Veränderungstreibers Wissen für die zielgerichtete Beeinflussung der Logistikprozesse und Logistikleistung. Dies soll mit Hilfe einer webbasierten Infrastruktur aus Methoden, Werkzeugen sowie modell-/simulationsgestützten Beratungs-/Unterstützungsfunktionen erreicht werden. Hierfür wird der Beitrag des Rahmenkonzept und die exemplarische Umsetzung des Web-Services vorstellen, bevor schwerpunktmäßig auf die Methoden und Werkzeuge zur Gewinnung und statistischen Analyse von Unternehmensdaten sowie ihre Interpretation mittels Clusterbildung und Mustererkennung zur systemgestützten Ermittlung des unternehmensspezifischen Wissensmanagement-Reifegrades und für die automatische Ableitung von Empfehlungen für wissensbezogene Interventionen in die (logistischen) Unternehmensprozesse eingegangen wird. Abschließend werden offene Fragen und bestehende Herausforderungen diskutiert.

1 Einführung und Motivation

Mit der zunehmenden Komplexität und Kompliziertheit logistischer Prozesse und Systeme sowie ihrer globalen Vernetzung zur Bewältigung der wachsenden Vielfalt an logistischen Aufgaben wird auch in der Logistik das Wissen immer mehr zu einer wettbewerbsrelevanten strategischen Ressource. Mit den auf das Management dieser Ressource ausgerichteten Aktivitäten verbinden die Unternehmen dann auch hohe Erwartungen: Geringerer Aufwand für Wissenssuche, bessere Nutzung von vorhandenem Wissen, mehr Zeit, Ideen und Innovationen zu generieren, verbesserte interne und externe Kommunikation, schnellere Integration von neuen Mitarbeitern. Dennoch oder

gerade deshalb ist vielfach eine eher zögerliche Umsetzung des Themas Wissensmanagement in die Unternehmenspraxis zu beobachten. Das gilt in besonderem Maße auch für die Logistik-unternehmen. Zwar konnten bereits im Jahr 2002, im Rahmen einer Trenduntersuchung zum Wissensmanagement in logistischen Netzwerken, Unternehmen als so genannte Wissensmanagementführer identifiziert werden [BAUM02]. Gleichzeitig waren jedoch vielfältige Probleme für die weitergehende Implementierung von Wissensmanagement und sein Betreiben im logistischen Tagesgeschäft zu konstatieren. Diese bezogen sich sowohl auf Budget- und Zeitrestriktionen als auch auf die ungenügende Strukturierung und Aufbereitung des Wissens sowie eine unzureichende Methodenkenntnis. Darüber hinaus lässt sich der Erfolg von Wissensmanagement nur sehr schwer messen und quantitativ bewerten. Vermutlich sind genau diese fehlenden betriebswirtschaftlichen Maße ein weiterer Grund für die Akzeptanzprobleme und die fehlende selbstverständliche Umsetzung von Wissensmanagement in Planung, Betrieb und Management logistischer Systeme und Prozesse.

Die größte Herausforderung bei der Anwendung von Methoden und Instrumenten des Wissensmanagement in Planung und Betrieb logistischer Systeme und Prozesse besteht letztlich darin, das richtige Wissen in der richtigen Qualität und zu den richtigen Kosten zur richtigen Zeit am richtigen Ort bereitzustellen. Dabei ist von essentieller Bedeutung, nicht nur auf die Einführung von Wissensmanagementtechnologie und die Integration von Softwaretools für das Ablegen und Auffinden von Wissen und Informationen in den Unternehmenskontext zu fokussieren [GUDE03], sondern vielmehr die Menschen in den Unternehmen wieder in den Mittelpunkt der Betrachtungen zu rücken und zu versuchen, ihnen genau die Art und den Umfang an Unterstützung zu geben, die sie in einer konkreten Situation benötigen.

Eine gemeinsam mit (Logistik-)Unternehmen aus Deutschland, Portugal, Polen, Lettland und der Ukraine durchgeführte Studie zur Standortbestimmung und Potentialanalyse für Wissensmanagement in der Logistik [NEUM09] sollte zur Überwindung der skizzierten Probleme und zur Bestimmung des Einflusses von Wissensmanagement auf die logistische Leistungsfähigkeit der Unternehmen beitragen. Da der Fokus hierbei eher auf lokalen oder regionalen Akteuren als auf den Global Player lag, wurde der hierfür entwickelte Fragebogen den Unternehmen in der jeweiligen Landessprache zur Verfügung gestellt. In Zusammenfassung der Erkenntnisse der Befragungen ergibt sich als wesentliche Schlussfolgerung, dass Wissensmanagement noch immer von eher geringer Bedeutung in der Logistik ist. Dies ist in den folgenden Beobachtungen begründet:

- Die Rücklaufquote an ausgefüllten Fragebögen war mit weniger 5 % (von denen letztlich nur 68, also ca. 3 %, ausgewertet werden konnten) sehr niedrig.
- Das auf einer Skala von 0 bis 5 qualitativ ermittelte durchschnittliche Investitionsvolumen in Wissensmanagement-Aktivitäten liegt mit einem Wert von 2,6 noch unterhalb mittlerer Investitionen.
- Der auf einer Skala von -5 bis +5 aus der Differenz zwischen den jeweils vergebenen Prioritäten und den qualitativ bewerteten Investitionsniveaus ermittelte mittlere Handlungsbedarf bzgl. einzelner Wissensmanagement-Aktivitäten lässt mit einem Wert von +0,4 (das entspricht einem geringen zusätzlichen Investitionsbedarf) nicht wirklich Handlungsbedarf erkennen (s. Abb. 1).
- Es gab nur eine Handvoll signifikanter positiver Einflüsse der Investitionen in die 16 Wissensmanagementaktivitäten auf die 32 betrachteten Leistungskennzahlen der Unternehmen.

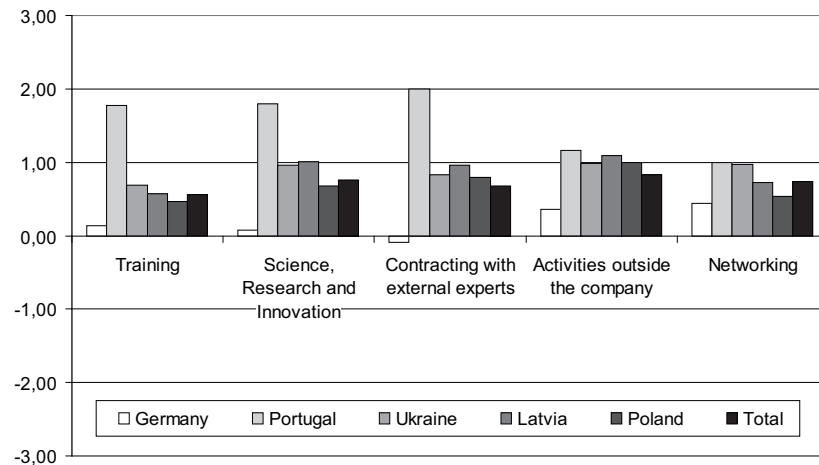


Abb. 1: Eventuelle Handlungsbedarfe für Klassen von wissensbezogenen Aktivitäten (positive Werte = Investitionsbedarfe; negative Werte = Investitionsüberschuss)

Jedoch sehen alle teilnehmenden Unternehmen Wissen als außerordentlich wichtig an und sind sehr an den Ergebnissen der Studie interessiert. Dies belegt, dass trotz aller Ernüchterung, die – wie es allgemein für die Umsetzung technischer Innovationen und Konzepte typisch ist – auf eine Phase der übertriebenen Erwartungen folgt (s. Abb. 2), die Rolle des Wissens sowie der Fakt, dass die Anwendung von Wissensmanagement positive Auswirkungen haben

kann, unstrittig sind. Das Problem scheint eher in einem mangelndem Wissen und Verständnis seitens der Unternehmen dazu zu bestehen, wie Wissensmanagementmethoden maßgeschneidert implementiert werden können. Der Umstand, dass beispielsweise Wissensbilanzen in der Logistik kaum erstellt werden oder gar unbekannt sind, kann als Indikator für diese Feststellung dienen. Der Weg, dieses Dilemma zu überwinden, kann nur darin bestehen, die Unternehmen mit den entsprechenden Informationen zu versorgen und ihnen eventuell Hilfestellung beim Erreichen der Menschen, Auswählen der Technologie oder Verändern der Organisation zu geben.

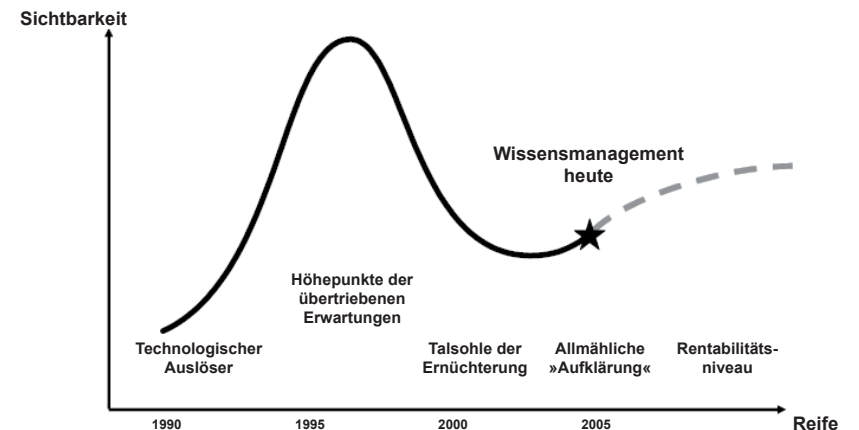


Abb. 2: Die Hype-Kurve des Wissensmanagement [KNOX04]

Grundsätzlich ist zu konstatieren, dass aufgrund der relativ kleinen Grundgesamtheit an Unternehmen bzw. Fragebögen, auf der diese Analyse beruht, jedoch keine statistische Gesicherheit der Erkenntnisse gegeben ist und die Frage nach der Wirksamkeit von Wissensmanagement-Maßnahmen in der Logistik weiterhin unbeantwortet bleibt. Da es aus den bisherigen Erfahrungen als unwahrscheinlich einzuschätzen ist, die verwendbare Datenbasis aus direktem Unternehmensinput über Fragebögen oder Interviews mit endlichem Aufwand so zu erweitern, dass belastbare Ergebnisse gewonnen werden können, soll eine webbasierte Infrastruktur für eine fortlaufende standardisierte Datensammlung und -analyse entwickelt werden. Dieser Web-Service umfasst Methoden und Werkzeuge für ein Benchmarking des Wissensmanagement-Reifegrades von Unternehmen, für das Empfehlen von Maßnahmen zu seiner Verbesserung und für die Analyse der Auswirkung dieser Wissensmanagement-Maßnahmen auf die Unternehmensperformanz. Der Vorteil eines Web-Service liegt dabei auch darin, dass die Dateneingabe tatsächlich glaubhaft anonymisiert erfolgen kann, was möglicherweise bisher

einer der Gründe für den sehr eingeschränkten Rücklauf an verwertbaren Fragebögen war. Ein anderer Grund war die generelle Ablehnung von Fragebögen aufgrund des für die Beantwortung eventuell erforderlichen Zeitaufwandes oder der Flut an eingehenden Fragebögen, für die auf die Beantwortung hin ja doch kein Feedback zu erwarten ist. Um diesem Negativimage einer Befragung entgegenzuwirken und die Unternehmen zur Bereitstellung ihrer Daten zu motivieren, muss der Web-Service auf die Dateneingabe hin unmittelbar mit einem direkten, unternehmensspezifischen Feedback in Form einer konkreten statistischen Auswertung und Interpretation der Daten reagieren. Die sich daraus ableitenden Anforderungen an einen solchen Web-Service werden im Folgenden detailliert betrachtet.

2 Anforderungen an einen Web-Service für die Analyse des Wissensmanagement-Reifegrades in (Logistik-)Unternehmen

Ziel jeder Wissensmanagement-Aktivität muss es sein, die Unternehmensprozesse zielgerichtet und positiv im Sinne von Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit zu beeinflussen. Ersteres zielt auf den Nutzen der organisationalen Wissensbasis für die Schaffung und Sicherung leistungsfähiger Unternehmensprozesse und -strukturen im Sinne einer effizienten und effektiven Produktion oder Leistungserbringung ab, während Letzteres auf die Sicherung von Produkt- und Prozessqualität sowie Innovationsfähigkeit, um neue Produkte oder Dienstleistungen anbieten zu können, im Sinne einer Sicherung und Erweiterung der Marktposition ausgerichtet ist. Somit stellt jede wissensbasierte Weiterentwicklung des Unternehmens einen umfassenden Veränderungsprozess dar, den es durch das Management zu führen und in dem es die Mitarbeiter mitzunehmen gilt. Dieser Herausforderung im Allgemeinen widmet sich das Change Management, das das Planen, Initiieren, Realisieren, Reflektieren und Stabilisieren von Veränderungsprozessen auf Unternehmens- und persönlicher Ebene zum Ziel hat [KOST09]. Das Spektrum der Veränderungsinhalte reicht dabei von der strategischen Ausrichtung bis hin zur Durchführung von Maßnahmen zur Persönlichkeitsentwicklung der Mitarbeiter, wobei im Fokus dieses Beitrages, wie bereits erläutert, solche Veränderungen stehen, die aus der Erschließung, Gewinnung, Entwicklung und Nutzung von Wissen als strategischer Ressource resultieren.

Prinzipiell lassen sich Prozesse des Change Management in vier Phasen einteilen: Vorbereitung, Diagnose, Eingriff bzw. Behandlung und Nachbereitung. In der Phase der Vorbereitung gilt es, den Rahmen für die Veränderungen zu gestalten, den Veränderungsprozess zu konzipieren und die Projektstruk-

turen zu schaffen. Die Diagnose dient der Definition von IST-Situation bzw. SOLL-Zustand und damit der Identifikation und Spezifikation der zu lösenden Probleme. Letztlich ergibt sich hieraus der bestehende Handlungsbedarf, die angestrebte Veränderung. Mit dem Eingriff in die Prozesse und Strukturen des Unternehmens soll die Veränderung herbeigeführt werden. Hierfür sind geeignete Maßnahmen und Vorgehensweisen zu planen, in ihrer potentiellen Wirkung zu beurteilen und schließlich im Unternehmen umzusetzen. Der Erfolg der Maßnahmen bzw. des Vorgehens wird in der Nachbereitung bewertet, um den Grad der Zielerreichung oder eventuell bestehende Bedarfe für weitere Eingriffe zu erkennen. Auch gilt es hier, die Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Veränderungsprozess in einer kritischen Reflexion und strukturierten Dokumentation (z. B. als Lessons Learned) zu sichern. In diesem Kontext kommt dem Wissensmanagement einerseits die Rolle einer Steuerungs- und Überwachungsmethode für die Lenkung des Veränderungsprozesses, also für das Change Management, zu und andererseits kann Wissensmanagement, oder genauer gesagt der Eingriff in die Unternehmensprozesse und -strukturen über die Ressource Wissen, selbst zu einer Maßnahme im Veränderungsprozess werden. Solche wissensbasierten Veränderungsprozesse stellen wiederum eine spezifische Ausprägung des allgemeinen Problemlösungsprozesses mit seinen Phasen Problemfindung/-spezifikation, Lösungsfindung, Lösungsbewertung und Lösungumsetzung dar, so dass sich die Erkenntnisse aus der kognitiven Psychologie zu Herausforderungen und Vorgehensmethoden beim Umgang der Menschen mit Problemen [DÖRN87], [GOME97] sehr gut übertragen lassen.

In der kognitiven Psychologie [DÖRN87] wird ein Problem beschrieben als eine Situation mit

- einem unerwünschten, im Regelfall gegebenen und unbeeinflussbaren Anfangszustand (IST),
- einem erwünschten, im Regelfall geforderten Endzustand (Ziel, SOLL) sowie
- einer „Barriere“, die die Überführung des Anfangszustandes in den Endzustand momentan verhindert.

Probleme bestehen also immer dann, wenn

- die Mittel und Wege zum Erreichen eines Zieles unbekannt sind oder
- die bekannten Mittel auf neue Weise zu kombinieren und damit neue Wege zu beschreiten sind, aber auch dann, wenn
- über das angestrebte Ziel keine klaren Vorstellungen existieren.

Grundvoraussetzung für das Lösen von Problemen ist demzufolge das Erkennen des Problems bzw. seines Charakters: Ist z. B. die Frage, wie ein wünschenswerter oder erforderlicher Zielzustand aussieht, zu beantworten

oder aber ist dieser klar definiert und es gilt, die richtigen Maßnahmen einzuleiten, um diesen Zielzustand überhaupt und dann noch möglichst effizient zu erreichen. Gerade Letzteres, also das effiziente Problemlösen, ist eine Zielfunktion, die mit wachsender Komplexität des Realitätsbereiches, in dem das Problem angesiedelt ist, und dem deshalb größer werdenden Handlungsspielraum erheblich im Schwierigkeitsgrad zunimmt. Konsequenterweise kann unter Problemlösen damit der „Prozess des Auffindens eines Weges in einem Labyrinth möglicher Wege“ [DÖRN87] verstanden werden. Hierbei bestehen die Herausforderungen für den Problemlöser darin,

- ein Problem als solches überhaupt wahrzunehmen, d. h. das IST in seiner Erscheinung, hinsichtlich seiner Unzulänglichkeiten oder als Abweichung von einem angestrebten SOLL hinreichend genau zu spezifizieren,
- geeignete LösungsWEGE für die Beseitigung oder Verringerung dieses Problems zu erkennen,
- die geeigneten MITTEL und METHODEN hierfür auszuwählen und richtig, ggf. in zweckmäßiger Weise logisch miteinander verknüpft anzuwenden sowie
- die gefundenen Lösungen auf ihren Gehalt und ihre Realisierbarkeit hin zu überprüfen.

(Für die Umsetzung eines Lösungsvorschlages in die Praxis muss ein Problemlöser über die eigentliche Lösungsentwicklung hinaus auch in der Lage sein, Andere von der Richtigkeit, von der Substanz der Problemlösung bzw. der gefundenen Idee zu überzeugen sowie Wege zu ihrer praktischen Anwendung und ökonomischen Umsetzung zu entwickeln.) Sowohl das Erkennen eines Problems als auch seine (erfolgreiche, effiziente) Lösung sind damit maßgeblich vom Wissen und den Erfahrungen des Problemlösers (als Individuum oder als Gruppe) abhängig. Diesbezüglich in einer konkreten Situation bestehende Defizite beschreiben dann den spezifischen Unterstützungsbedarf, der durch Wissen, Führungsmethoden und (intelligente) Werkzeuge zu befriedigt ist [NEUM01].

In Bezug auf wissensbasierte Veränderungsprozesse in Unternehmen lassen sich diese Unterstützungsbedarfe weiter konkretisieren:

- Unternehmen können nicht selten bestehende Wissensprobleme nicht korrekt spezifizieren, weil sie den Schritt von den Symptomen zur Identifikation ihrer Ursachen nicht gehen können. Das führt regelmäßig dazu, dass die Symptome als Probleme angesehen werden und jeder Lösungsversuch lediglich auf die Beseitigung der Symptome ausgerichtet ist, während die eigentlichen Probleme bestehen bleiben [STRU06].
- In den (Logistik-)Unternehmen besteht nur bedingt Klarheit über die Rolle des Wissens in ihren Prozessen. Typischerweise wird zwar eine große

Bedeutung unterstellt, eine wissensfördernde Unternehmenskultur fehlt oftmals jedoch ebenso wie eine Wissensbilanz [NEUM09].

- Unternehmen sind sich oft nicht bewusst, dass sie bereits Wissensmanagement betreiben und Wissensmanagement-Tools nutzen. Das führt zu einer erhöhten Hemmschwelle, Wissensmanagement bewusst anzuwenden und in wissensbezogene Aktivitäten zu investieren, weil von einem kompletten Neustart mit erheblichem Investitionsbedarf anstelle eines Ausbaus bereits vorhandener Lösungen ausgegangen wird.
- Wenn Unternehmen an Wissensmanagement denken, fokussieren Sie allzuoft auf rein informationstechnische Mittel und Methoden, also die Einführung von Wissensdatenbanken und internen Vernetzungen, ohne die Gesamtheit der Handlungsfelder – Mensch, Organisation und Technik [REIN01] – zu sehen. Das hat in der Vergangenheit nachweislich zum Scheitern diverser Wissensmanagement-Projekte und zu einem erheblichen Imageschaden für das Wissensmanagement geführt [KNOX04].
- Unternehmen sind deshalb zögerlich, in Wissensmanagement-Maßnahmen (d. h. Methoden und Werkzeuge) zu investieren, weil sie deren Wirkung auf die Unternehmensprozesse und -performanz weder abschätzen noch quantitativ bewerten können. Es fehlt die methodische Grundlage sowohl für eine fundierte Auswahlentscheidung unter der übergroßen Vielzahl und Vielfalt an Wissensmanagement-Maßnahmen und die Planung ihrer Umsetzung [BAUM02] als auch für die realistische Bewertung der hieraus zu erwartenden Effekte.

Diese Unterstützungsbedarfe gezielt und unternehmensindividuell wie situationsspezifisch zu bedienen, um das Potential wissensbasierter Veränderungsprozesse für die Leistungsfähigkeit und den nachhaltigen Erfolg des Unternehmens erschließen zu können, ist das Ziel eines Web-Service für die Analyse des Wissensmanagement-Reifegrades in (Logistik-)Unternehmen. Dieser Web-Service zur Unterstützung des Management von Wissen und wissensbezogenen Aktivitäten in (Logistik-)Unternehmen soll sowohl vertrauenswürdige, d. h. korrekte und aktuelle, Informationen zum gegenwärtigen Stand des Wissens und seiner Nutzung in einem Unternehmen bereitstellen als auch über Werkzeuge und Methoden zur Identifikation von Veränderungschancen oder -erfordernissen den Umgang mit Wissen betreffend verfügen. Die hierfür erforderliche Funktionalität umfasst somit Komponenten für:

- komfortable Dateneingabe und intuitiven Informationsabruf durch das Unternehmensmanagement;
- die Analyse unternehmensspezifischer Daten hinsichtlich der Wirksamkeit von Investitionen in wissensbezogene Aktivitäten und der Notwendigkeit, die strategische Ausrichtung solcher Investitionen an aktuelle Anforderungen anzupassen;

- die Präsentation der Analyseresultate, um den gegenwärtigen Umgang des Unternehmens mit Wissen zu charakterisieren und solche Bereiche zu veranschaulichen, in denen diesbezüglich Veränderungen notwendig sind oder die zumindest vertiefend untersucht werden sollten;
- direktes, spezifisches Feedback zum gegenwärtigen Wissensmanagement-Reifegrad des Unternehmens im Vergleich zu seinem bisherigen Reifegradniveau und dem vergleichbarer Unternehmen (und ggf. auch von Wettbewerbern);
- das Vorschlagen von geeigneten Maßnahmen und Aktivitäten zur Veränderung der Einstellung gegenüber Wissen und im Umgang mit Wissen sowie das Erreichen des nächsten Reifegradniveaus im Wissensmanagement;
- die Unterstützung des Unternehmensmanagement bei der Beurteilung der Wirksamkeit und des konkreten Nutzens von wissensbezogenen Veränderungsprozessen und Investitionen.

Des Weiteren soll der Web-Service die strukturierte Suche nach und umfassende Analyse von Wissensmanagement-Auswirkungen auf Unternehmen in einem breiter angelegten Ansatz ermöglichen. Hierfür sind die untersuchten Unternehmen nach Branchen, Regionen, Wissensintensität oder anderen Kriterien zu clustern, um verallgemeinerte Erkenntnisse für die verschiedenen Gruppen von Unternehmen ableiten und diese den einzelnen Unternehmen als Vergleichsbasis anbieten zu können.

3 Rahmenkonzept des Web-Service

Um den im vorigen Abschnitt beschriebenen Anforderungen gerecht werden zu können und gleichzeitig in einen schrittweisen Auf- und Ausbau zu ermöglichen, ist der Web-Service als Netzwerk aus in sich geschlossenen Funktionsmodulen mit einer gemeinsamen Datenbasis und Benutzerschnittstelle zu konzipieren (s. Abb. 3). Den Rahmen bildet eine allgemeine Infrastruktur, die Funktionen für die Nutzerverwaltung – es sollen anonymisierte, aber auch identifizierbare Eingaben möglich sein – und den Zugriff auf die spezifischen Funktionsmodule sowie methodische Erläuterungen im Sinne einer Hilfefunktion bereitstellt. Hierin sind die verfügbaren Funktionsmodule eingebettet, so dass der Web-Service zeitnah auch mit wenigen Kernfunktionen vollfunktionsfähig und für den Nutzer sinnbringend starten kann. Zu diesen Kernfunktionen gehören Module zur Dateneingabe und -aktualisierung, zur statistischen Datenanalyse, zum Unternehmensbenchmarking inklusive Clusterbildung sowie zur unternehmensindividuellen Ergebnisausgabe und -interpretation. Diese Funktionen ermöglichen eine Analyse der Rolle von und des Umgangs mit Wissen

im Unternehmen, unterstützen das Erkennen von Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT) für die (wissensbasierte) Unternehmensentwicklung, helfen bei der Ableitung und Spezifikation von Veränderungsbedarfen und erlauben somit eine (zunächst) qualitativ-interpretative Bestimmung des derzeitigen Wissensmanagement-Reifegrades des Unternehmens.

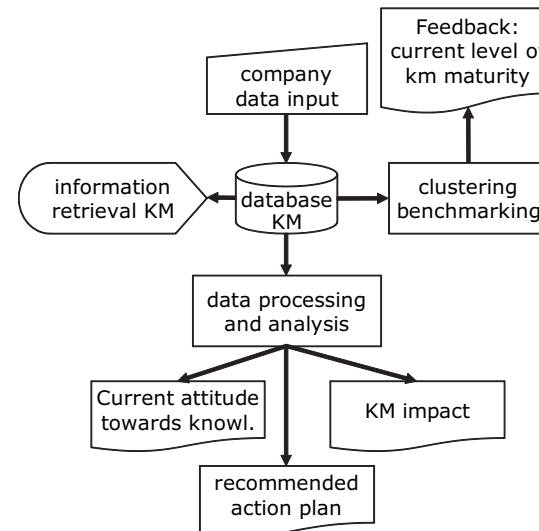


Abb. 3: Rahmenkonzept des Web-Service

Die Ermittlung des Wissensmanagement-Reifegrades des Unternehmens bildet die Voraussetzung für eine zielgerichtete Veränderung, zeigt dieser doch einerseits, wo das Unternehmen im Umgang mit Wissen (bezogen auf seine geschäftsfeld- bzw. branchenspezifischen Anforderungen) gerade steht, und gibt andererseits den Weg für die weitere Entwicklung in Form des anzustrebenden Reifegrades wie auch der eventuellen Zwischenstufen auf dem Weg dorthin vor. Die im Wissensmanagement verwendeten Reifegradmodelle orientieren sich typischerweise an solchen aus der Softwareentwicklung und unterstützen Unternehmen in der Selbsteinschätzung ihres Wissensmanagement-Reifegrades durch die Beantwortung von Fragen zu ausgewählten konkret beobachtbaren (Wissensmanagement-)Fähigkeiten der Mitarbeiter, der technischen Infrastruktur sowie in den Abläufen. Aus den Antworten wird dann das vorhandene Reifegradniveau abgeleitet.

Allerdings besteht durch die eher qualitativen, auf das (subjektive) Empfinden der Wissenssituation im Unternehmen ausgerichteten Fragen latent die

Gefahr von Missverständnissen und Fehlinterpretationen, was eventuell zur fehlerhaften Bewertung des derzeitigen Reifegradniveaus führt. Um dem entgegenzuwirken, ist ein Benchmarking mit Hilfe quantitativer Bewertungsgrößen, wie z. B. Key Performance Indicators (KPI), sinnvoll. Hierbei kann das Unternehmen sowohl mit sich selbst verglichen werden, um die Veränderung über der Zeit und das Erreichen definierter Zielgrößen zu erkennen (internes Benchmarking), als in Beziehung gebracht werden zu vergleichbaren Unternehmen (externes Benchmarking). Letzteres hilft sowohl in der Beurteilung des eigenen Standes als auch in der Ableitung möglicherweise geeigneter (Wissensmanagement-)Maßnahmen für eine Verbesserung. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass das betrachtete Unternehmen tatsächlich vergleichbaren Unternehmen gegenübergestellt wird. Da sich diese Vergleichbarkeit weniger auf klassische Unternehmensmerkmale, wie Branche, Größe, Umsatz etc., und vielmehr auf die Rolle des Wissens in den Unternehmensprozesse und für den Unternehmenserfolg bezieht, ist eine dynamische Gruppierung der Unternehmen und eine immer wieder aufs Neue überprüfte Einordnung des betrachteten Unternehmens in eine Gruppe erforderlich. Die hierfür verwendeten Gruppierungskriterien sowie die Regeln für Gruppenbildung und Unternehmenszuordnung sind regelmäßig auf ihre Sinnfälligkeit hin zu evaluieren.

Im Sinne des zuvor skizzierten Veränderungs- und Problemlösungsprozesses fokussieren die vorgestellten Kernfunktionen damit zunächst auf die Beschreibung, Analyse und Bewertung der derzeitigen Situation (IST) sowie auf die Motivation der erforderlichen oder möglichen Veränderung (SOLL). Mit dem weiteren Ausbau soll der Web-Service dann beispielsweise ergänzt werden um Methoden und Werkzeuge für die zielgerichtete Auswahl der für das Erreichen der angestrebten Veränderungen (aus Unternehmens- wie Problemsicht) am besten geeigneten (Wissensmanagement-)Maßnahmen [STRU06] einschließlich ihrer Verknüpfung zu einem strategischen Veränderungsprojekt (MITTEL/METHODEN und WEGE) sowie ein Modell für die simulationsbasierte Wirksamkeitsanalyse und Aufwand-Nutzen-Abschätzung der vorgeschlagenen/gewählten Maßnahmen [NEUM08].

4 Exemplarische Umsetzung des Web-Service

Die exemplarische Umsetzung der beschriebenen Kernfunktionen des Web-Service erfolgte PHP-basiert mit einer zentralen MySQL-Datenbasis [KRAS07]. Ziel war es, die Umsetzbarkeit des beschriebenen Konzeptes sowie die Basisfunktionalität in einer realitätsnahen IT-Umgebung zu testen.

Die Startseite (s. Abb. 4) eröffnet zwei Wege zur Dateneingabe und weiteren Nutzung: Will der Nutzer (bzw. das Unternehmen) anonym bleiben, werden nachfolgend Daten für die einmalige Auswertung erhoben. Dies ermöglicht eine unmittelbare statistische Analyse ausgewählte Unternehmenskennzahlen sowie den Vergleich der Ergebnisse mit denen der aus Wissensmanagement-Gesichtspunkten ähnlichen Unternehmen (externes Benchmarking). Soll darüber hinaus eine fortlaufende Bewertung der wissens-basierten Veränderungen im Unternehmen erfolgen (internes Benchmarking), ist vor der Dateneingabe eine Registrierung des Nutzers (bzw. des Unternehmens) erforderlich, über die auf die bereits vorhandenen Unternehmensdaten wieder zugegriffen und ein eindeutiger Vergleich zwischen verschiedenen Situationen des gleichen Unternehmens realisiert werden kann. Jeder Dateneintrag bzw. jede Änderung wird mit einem Zeitstempel versehen, um die beschriebene Situation zeitlich eindeutig einordnen und in regelmäßigen Intervall „einfrieren“ zu können. Ersteres ist von Bedeutung für das externe Benchmarking, während Letzteres die Voraussetzung für das interne Benchmarking ist.

The screenshot shows a web browser window with the title 'Company's characteristics - Microsoft Internet Explorer'. The address bar shows 'http://localhost:8080/kmlogistics/userinfo.php'. The main content area has the heading 'WEB-based infrastructure for benchmarking a logistic company's knowledge management maturity'. Below this is a navigation menu with buttons for 'Home', 'Company's characteristics', 'KM priorities', 'KM Investments', 'KM benchmarking', 'Needs for KM', 'Company data', 'Change login data', and 'Log Out'. The main form area is titled 'Company's characteristics' and contains the following sections:

- 1. Country where company is registered**: A dropdown menu with 'Latvia' selected.
- 2. Characteristics of the company**:
 - a. Type of the company**: Radio buttons for 'logistic service provider' (checked), 'retailer', 'other (please specify)', 'manufacturer', and 'consultant'. There is a text input field for 'other (please specify)'.
 - b. Your place of work**: Radio buttons for 'National headquarter', 'Regional unit', and 'Local unit'.
 - c. The data you will provide relate to:** Radio buttons for 'International operations' (checked) and 'National operations'.

Abb. 4: Web-Service für ein Unternehmensbenchmarking hinsichtlich des Wissensmanagement-Reifegrades

Unabhängig davon, ob es sich um eine anonyme oder registrierte Nutzung handelt, muss nun ein Online-Fragebogen ausgefüllt werden (s. Abb. 5). Dieser orientiert sich in seinen Fragen und der Struktur an dem von [NEUM09] für

eine empirische Analyse des aktuellen Implementationsstandes von Wissensmanagement in der Logistik verwendeten Fragebogens:

- (I) Allgemeine Unternehmenscharakteristika
- (II) Zur Rolle von Wissen im Unternehmen
- (III) Investitionen in bestimmte wissensbezogene Aktivitäten (qualitativ)
- (IV) Priorität des Zugangs zu bestimmten wissensbezogenen Aktivitäten
- (V) Zur Unternehmensperformanz (jeweils vor und nach der Investition in Wissen)

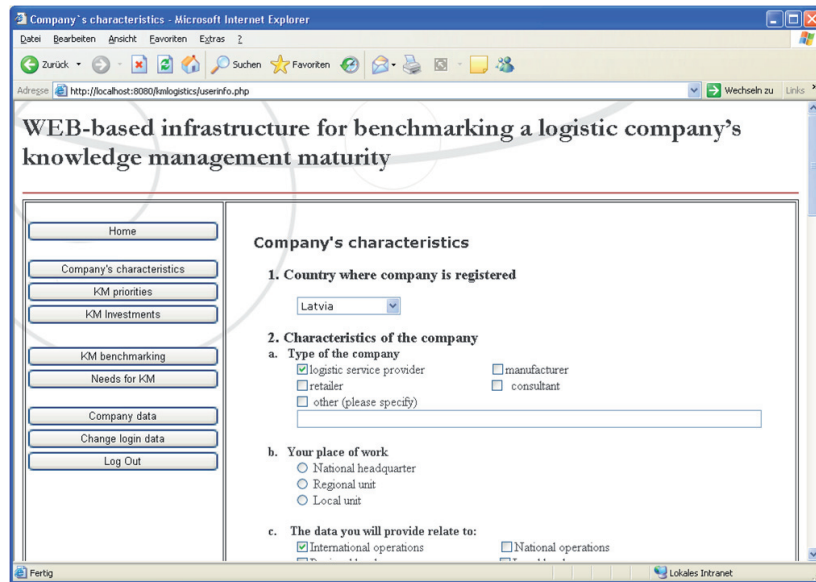


Abb. 5: Web-Service – Beschreibung des Unternehmens

Nach der Beantwortung der Fragen kann der Nutzer sofort eine unternehmensspezifische Auswertung mit folgenden Informationen abrufen (s. Abb. 6):

- Eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus der statistischen Analyse (z. B. Mittelwert, Minimum, Maximum je Kategorie)
- Ein Feedback zur Notwendigkeit weiterer wissensbezogener Investitionen bzw. Empfehlungen zur Anpassung der Investitionsstrategie für die wissensbezogenen Aktivitäten
- Ergebnisse aus dem wissensmanagement-bezogenen Unternehmensvergleich (externes Benchmarking mit einer Kurzcharakteristik des Clusters, dem das Unternehmen zugeordnet wurde)
- ggf. Ergebnisse aus dem Vergleich des Wissensmanagement-Reifegrades über der Zeit (internes Benchmarking)

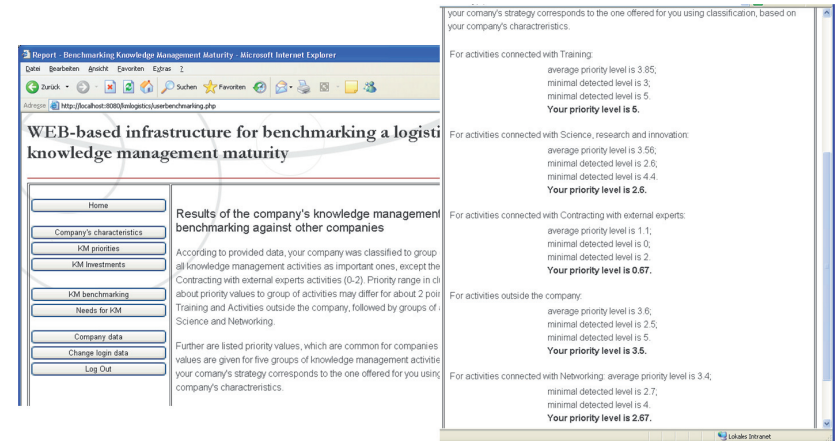


Abb. 6: Web-Service – Bericht zum Wissensmanagement-Reifegrad des Unternehmens

5 Methoden und Werkzeuge zur Gewinnung und statistischen Analyse von Unternehmensdaten

Voraussetzung für das Erstellen dieser Berichte sind die entsprechenden Komponenten für Benchmarking und Clusterbildung. Die Benchmarking-Komponente nutzt zunächst die Ergebnisse der vorangegangenen Analyse (d. h. die zuletzt „eingefrorenen“ Ergebnisse) zum Umgang mit Wissen für das gleiche Unternehmen, um Feedback zur wissensmanagementbezogenen Weiterentwicklung des Unternehmens zu liefern. Nützliche Benchmarks hierfür sind:

- das Investitionsniveau in wissensbezogene Aktivitäten, da dieses die aktuelle Wissensmanagement-Situation des Unternehmens beschreibt;
- die Priorität verschiedener wissensbezogener Aktivitäten, da dieses Rückschlüsse auf die zukünftige Wissensmanagement-Strategie des Unternehmens erlaubt;
- Indikatoren für die Notwendigkeit, für bestimmte wissensbezogene Aktivitäten die Investitionsstrategien zu verändern.

Darüber hinaus vergleicht die Benchmarking-Komponente auch die Einstellung gegenüber der Ressource Wissen des betrachteten Unternehmens mit der für vergleichbare Unternehmen ermittelten. Hierfür werden die Investitionen in die einzelnen wissensbezogenen Aktivitäten und die diesen zugeordneten Prioritäten solcher vergleichbarer Unternehmen anonymisiert in einem Diagramm dargestellt (s. Abb. 7).

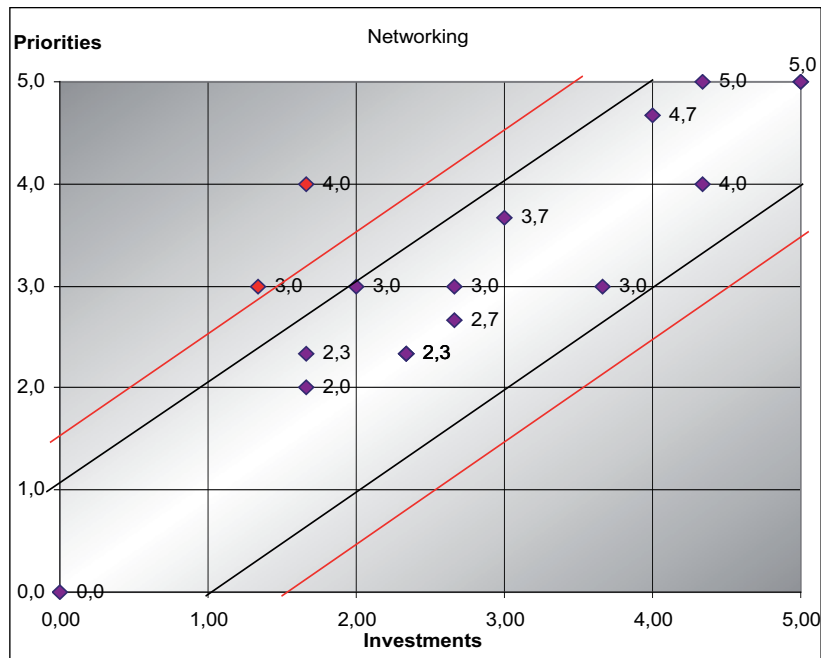


Abb. 7: Web-Service – Beispiel für das Unternehmensbenchmarking

Dabei kann im Idealfall erwartet werden, dass die Investitionen der Unternehmen unmittelbar auf die Prioritäten ausgerichtet sind und die Unternehmensmarkierung deshalb auf der Diagrammdiagonalen zu finden ist. Je mehr die Unternehmensmarkierung neben dieser Ideallinie liegt, umso notwendiger ist eine Neuanpassung der Investitionsstrategie für diese Aktivität oder zumindest eine weiterführende Untersuchung der Ursachen für diese Abweichung. Korridore, die bestimmte Abweichungsgrade (z. B. ± 1 oder $\pm 1,5$) abbilden, und die gleichzeitige Darstellung der Lage der Vergleichsunternehmen helfen dabei zu beurteilen, wie stark ein möglicher Interventionsbedarf ausgeprägt ist. Je mehr die Vergleichsunternehmen hier mit dem betrachteten Unternehmen in Bezug auf den Wissensmanagement-Reifegrad und den Änderungsbedarf übereinstimmen, desto aussagefähiger sind die Analyseergebnisse. Aus diesem Grund kommt der Komponente für die Clusterbildung besondere Bedeutung für die Qualität jedweder Rückmeldung an das Unternehmen zu.

Für das Ableiten des zu erwartenden Wissensmanagement-Reifegrades eines Unternehmens sind, wie bereits erläutert, weder geeignete Unternehmenscluster vorhanden noch die typischen Gruppierungsregeln auf der Basis von

Standardkriterien, wie Jahresumsatz, Mitarbeiteranzahl oder sogar Branche, anwendbar. Stattdessen ist anzunehmen, dass genau solche Unternehmen gute Benchmarks darstellen, die zuallererst die gleiche Einstellung zu Wissen als strategischer Ressource aufweisen. Da dies unmittelbar aus der Priorität abgeleitet werden kann, die die Unternehmensführung einer bestimmten wissensbezogenen Aktivität gibt, soll genau diese Prioritätsverteilung als Hauptklassifizierungskriterium genutzt werden. Für die demnach zu einem Cluster gehörenden Unternehmen werden dann die wichtigsten Unternehmenscharakteristika analysiert, um die erkannte Prioritätsvergabe für das Cluster nachvollziehen zu können.

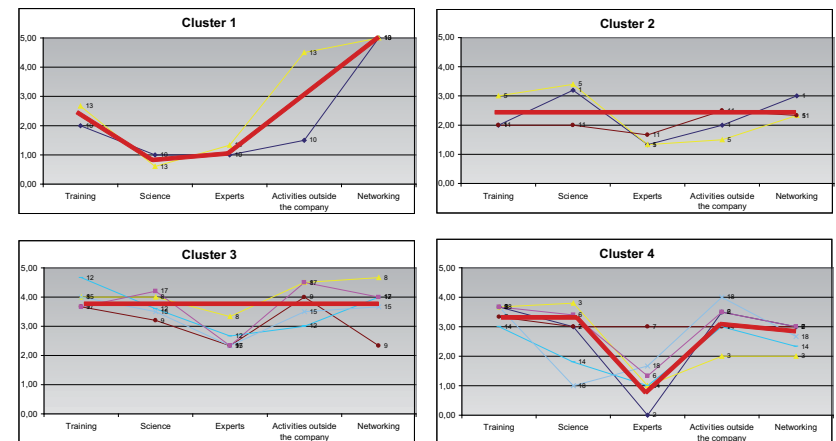


Abb. 8: Prioritätsmuster für die Cluster deutscher Logistikunternehmen [KRAS07]

Als Datenbasis für die durchgeführte Clusteranalyse sind die beantworteten Fragebögen aus der empirischen Untersuchung der Jahre 2006 und 2007 genutzt worden [NEUM09]. Da die deutschen Unternehmen in ihren Interventionsbedarfen, Investitionsniveaus und Prioritätsvergaben deutlich von den für lettische, polnische und ukrainische Unternehmen erzielten Ergebnissen abweichen, sind die beiden Datenmengen separat analysiert worden. Aus Experimenten [KRAS07] ist dann jeweils sowohl die am besten geeignete Methode für die Clusterbildung als auch die am besten passende Anzahl an Clustern gewählt worden. Im Ergebnis sind die deutschen Unternehmen in vier Cluster und die osteuropäischen Unternehmen in fünf Cluster gruppiert worden. Die Cluster weisen signifikante Unterschiede in der Prioritätsverteilung über alle untersuchten wissensbezogenen Aktivitäten auf (s. Abb. 8 für die deutschen Unternehmen), was auf eine jeweils andersgeartete Einstellung zu Wissen

als strategische Ressource für die Unternehmensentwicklung schließen lässt. Allerdings ist einschränkend anzumerken, dass die Ergebnisse infolge der geringen Grundgesamtheit von nur 18 deutschen und 46 osteuropäischen Unternehmen, die dieser Analyse zugrunde lag, lediglich als erste Clusterbildung verstanden werden können. Ausnahmen und Ausreißer haben möglicherweise noch einen großen Einfluss auf die Gruppierung und ihre Merkmale; die kleinsten Cluster aus nur zwei oder drei Unternehmen sind möglicherweise nicht robust gegenüber neu hinzukommenden Unternehmen.

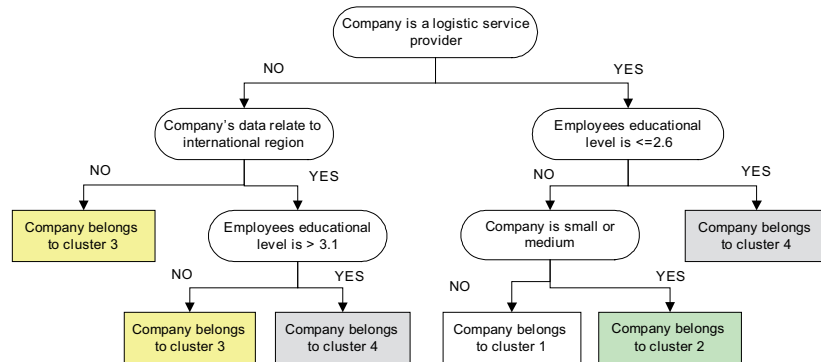


Abb. 9: Entscheidungsbaum für die Clusterbildung deutscher Logistikunternehmen [KRAS07]

Nichtsdestotrotz waren die bisher identifizierten Cluster geeignet, um aus der Analyse und dem Vergleich allgemeiner Unternehmenscharakteristika Regeln für die Unternehmensklassifizierung abzuleiten, nach denen neue Unternehmen den bisher gruppierten zugeordnet werden können. Im Ergebnis sind analog zu den beiden Gruppen von Clustern spezifische Algorithmen für die Clusterbildung entstanden: Der Algorithmus für die Gruppierung deutscher Unternehmen umfasst sechs Regeln (s. Abb. 9), der Algorithmus für die Gruppierung der osteuropäischen Unternehmen besteht aus neun Regeln. Trotz der korrekten Zuordnung der überwiegenden Anzahl an Unternehmen trat auch hier infolge der kleinen Datenbasis ein methodisches Problem auf: Es war nicht möglich, die vorhandenen Daten für die Validierung in ein Trainingsset und ein Testset zu teilen, so dass es kaum möglich ist, die Korrektheit beider Regelbäume bei neuen Daten zu beurteilen. Aus diesem Grund müssen Clusteranalyse und Ableitung der Regeln wiederholt werden, sobald ein hinreichender Umfang an neuen Daten vorliegt.

6 Offene Fragen und bestehende Herausforderungen

Mit der Konzipierung und exemplarischen Umsetzung eines Web-Service für die Analyse des Wissensmanagement-Reifegrades in (Logistik-)Unternehmen ist ein erster Schritt in Richtung eines intelligenten Unterstützungsangebotes für wissensbasierte Veränderungsprozesse in Unternehmen gelungen. Aufgrund der kleinen Datenbasis, die den bisherigen Ableitungen zugrunde lag, bilden weder die hinterlegten Regeln für die Zuordnung eines Unternehmens zu einem der vordefinierten Unternehmenscluster noch die Clusterbildung selbst wirklich tragfähige Fundamente für eine valide Bewertung der Ergebnisse aus der statistischen Analyse der Unternehmensparameter. Hierin liegt sicher der größte Schwachpunkt des vorgestellten Konzeptes. Dies zu überwinden, erfordert zuallererst eine deutliche Vergrößerung der Datenbasis, was wiederum nur über die Publikation des Web-Service und die breite Unternehmensansprache in Deutschland und Europa erreicht werden kann.

Der Verbesserungsprozess für Regeln und Clusterbildung erfordert eine erneute Offline-Auswertung der gesamten Datenbasis, sobald diese einen hinreichenden Zuwachs erhalten hat. Auf der Basis der bisherigen Untersuchungen mit 18 deutschen und 46 osteuropäischen Unternehmen ist davon auszugehen, dass dieses Maß bei zumindest einer Verdopplung des zugrundeliegenden Datenmaterials liegt. Auch dann dürfte lediglich eine bessere, jedoch noch keine ausreichend gute Lösung vorliegen, so dass mit einer regelmäßigen Wiederholung der Analysen gerechnet werden muss. Alternativ zum Kriterium der Vergrößerung der Datenbasis kann auch der Zeitabstand zur letzten Überprüfung und Verbesserung der Algorithmen als auslösendes Moment genutzt werden, falls sich der Beteiligungsprozess neuer Unternehmen eher schleppend gestaltet. In diesem Fall kann auch mit einer geringeren Anzahl neuer Daten die Auswertung wiederholt werden, um eventuell zu einer besseren Lösung für die Cluster und Regeln zu kommen.

In diesem Zusammenhang gilt es auch, den Schutz der Unternehmensdaten gegenüber unberechtigten Zugriffen sicherzustellen sowie die Verfälschung der Datenbasis durch unsinnige Informationen zu verhindern, um das Vertrauen in die Seriosität des Web-Service aufzubauen bzw. zu stärken. Ersteres ist vor allem eine Notwendigkeit für die registrierten Nutzer, die zwar qualitatives, aber dennoch sensibles Datenmaterial (bisher durch Passwort und Zeitstempel geschützt) bereitstellen; Letzteres dürfte vor allem bei der anonymen Nutzung des Web-Service auftreten. Für die Lösung beider Probleme sind softwaretechnologische Ansätze gefordert, wie sie bereits bei den unterschiedlichsten Internetanwendungen zum Einsatz kommen.

Neben der korrekten Einordnung eines Unternehmens in ein Cluster vergleichbarer Unternehmen ist die (automatische) Ableitung von fundierten Empfehlungen für wissensbezogene Interventionen eine weitere Herausforderung. Während bisher lediglich das Erkennen von Abweichungen ausgewählter Parameter gegenüber dem Vergleichscluster unterstützt wird, muss es zukünftig möglich sein, diese Abweichungen tatsächlich auch methodisch und sachlogisch fundiert zu bewerten. Voraussetzung hierfür ist eine weitergehende Analyse der gewählten Kennzahlen hinsichtlich ihrer tatsächlichen Aussagefähigkeit zum Wissensmanagement-Reifegrad eines Unternehmens sowie der Nachweis, dass erkannte Abweichungen tatsächlich ein Indikator für Handlungsbedarfe sind.

Schließlich fehlt derzeit noch die Umsetzung einer automatischen Generierung unternehmensindividueller Berichte und Auswertungen, die nicht nur aus vorgefertigten Textbausteinen und einfachen statistischen Ergebnisgrößen bestehen, sondern auch Auswertungsgrafiken in der zuvor beschriebenen Form, Informationen zur Clusterung bzw. dem Ergebnis der Zuordnung zu einem Cluster (z. B. die Charakterisierung des entsprechenden Unternehmensclusters einschließlich erster Interpretationen, was die Zugehörigkeit aus Sicht des Wissensmanagement-Reifegrades bedeutet), die Resultate aus dem internen und/oder externen Benchmarking, Indikatoren für eventuelle Handlungsbedarfe sowie daraus abgeleitete Handlungsempfehlungen.

Mit der Bewältigung dieser Herausforderungen und der Beantwortung der offenen Fragen kann das mit der Konzipierung des Web-Service verbundene Ziel einer wirklichen, intelligenten Unterstützungsumgebung für das Wissensmanagement in den (Logistik-)Unternehmen erreicht werden. Hierfür wird nachdrücklich die Kooperation mit Softwareentwicklern für Internetanwendungen gesucht.

Der darüber hinaus erforderliche Ausbau um weitere Komponenten zur Spezifikation der vorhandenen Wissensmanagement-Infrastruktur und Identifikation der leistungshemmenden Probleme bzw. der Ursachen bestehender Verbesserungspotentiale sowie zur Sensitivitätsmodellierung und simulationsgestützten Wirksamkeitsanalyse ggf. umzusetzender wissensbezogener Aktivitäten führt dann zu einem Serviceangebot neuer Qualität, das die Entscheidungsfindung im Unternehmensmanagement nachhaltig unterstützen und das Potential der Ressource Wissen im Unternehmen wirklich erschließen helfen kann.

Literatur

- [BAUM02] Baumgarten, H.; Thoms, J.: Trends und Strategien in der Logistik: Supply Chains im Wandel. Berlin 2002.
- [DÖRN87] Dörner, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. 2. Aufl., Kohlhammer: Stuttgart u. a. 1987.
- [GOME97] Gomez, P.; Probst, G.: Die Praxis des ganzheitlichen Problemlösens – Vernetzt denken, unternehmerisch handeln, persönlich überzeugen. Haupt: Bern u. a. 1997.
- [GUDE03] Gudehus, T.: Der Einfluß des Menschen auf die Leistungsfähigkeit von Logistiksystemen. Proc. 12. Deutscher Materialfluss-Kongress, VDI-Berichte 1744, VDI Verlag: Düsseldorf 2003, 281-289.
- [KNOX04] Knox, R. et al.: Hype Cycle for the Knowledge Workplace. Strategic Analysis Report. Gartner Research 2004.
- [KOST09] Kostka, C.; Mönch, A.: Change Management. 7 Methoden für die Gestaltung von Veränderungsprozessen, 4. Aufl., Hanser: München 2009.
- [KRAS07] Krasnova, A.: Web-based Infrastructure for Benchmarking a Logistics Company's Knowledge Management Maturity. Master thesis, Riga Technical University 2007.
- [NEUM01] Neumann, G.: Wissensbasierte Unterstützung des Planers krangestützter Materialflusslösungen. LOGiSCH: Magdeburg 2001.
- [NEUM08] Neumann, G.; Düring D.: Analyse der Wirkbeziehungen des Wissensmanagement in der Logistik. In: M. Tschandl; S. Bäck (Hrsg.): Supply Chain Performance, Leykam Buchverlag: Graz 2008, 287-307.
- [NEUM09] Neumann, G.; Tomé, E.: Empirical impact study on the role of knowledge management in logistics. Int. J. Electronic Customer Relationship Management, Vol. 3, No. 4, 2009, 344-359.
- [REIN01] Reinmann-Rothmeier, G.; Mandl, H.; Erlach, C.; Neubauer, A.: Wissensmanagement lernen. Beltz: Weinheim und Basel 2001.
- [STRU06] Strubelt, H.; Neumann, G.: Requirements for Knowledge Management Support to Implement ECR in Practice. MSL – Magdeburger Schriften zur Logistik, 23(2006), 47-57.

Kontakt: Prof. Dr.-Ing. Gaby Neumann

TH Wildau, Bahnhofstr., 15745 Wildau, T 03375 508-147, gaby.neumann@th-wildau.de

Autoren

Prof. Dr. Thomas Barton

Fachhochschule Worms, Fachbereich Informatik, Studiengang Wirtschaftsinformatik
Erenburgerstraße 19, 67549 Worms
Tel. +49 6241 509-253, E-Mail: barton@fh-worms.de

Prof. Dr. rer. pol. Matthias Forster

Technische Hochschule Wildau, Fachbereich Betriebswirtschaft/Wirtschaftsinformatik
Bahnhofstraße, 15745 Wildau
Tel. +49 3375 508-529, E-Mail: matthias.forster@th-wildau.de

Prof. Dr. Michael Grütz

Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG), Fakultät Informatik,
Studiengang Wirtschaftsinformatik
Brauneggerstraße 55, 78462 Konstanz
Tel. +49 7531 206-398, E-Mail: gruetz@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Frank Herrmann

Dipl.-Wirt.-Inf. (FH) Georg Burgmayr

Hochschule Regensburg, Innovationszentrum für Produktionslogistik und
Fabrikplanung (IPF)
Universitätsstraße 31, 93053 Regensburg
Tel. +49 941 943-1307, E-Mail: frank.herrmann@hs-regensburg.de

Prof. Dr. Christian Müller

Technische Hochschule Wildau, Fachbereich Betriebswirtschaft/Wirtschaftsinformatik
Bahnhofstraße, 15745 Wildau
Tel. +49 3375 508-956, E-Mail: christian.mueller@th-wildau.de

Prof. Dr.-Ing. Gaby Neumann

Technische Hochschule Wildau, Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieur-
wesen, Studiengang Technische Logistik
Bahnhofstraße, 15745 Wildau
Tel. +49 3375 508-147, E-Mail: gaby.neumann@th-wildau.de

Prof. Dr. Mike Steglich

Technische Hochschule Wildau, Fachbereich Betriebswirtschaft/Wirtschaftsinformatik
Bahnhofstraße, 15745 Wildau
Tel. +49 3375 508-356, E-Mail: mike.steglich@th-wildau.de

Prof. Dr. Ralf Szymanski

Technische Hochschule Wildau, Fachbereich Betriebswirtschaft/Wirtschaftsinformatik
Bahnhofstraße, 15745 Wildau
Tel. +49 3375 508-533, E-Mail: ralf.szymanski@th-wildau.de

Beiträge der Fachtagung »Logistische Anwendungen in der Wirtschaftsinformatik« im Rahmen der 23. Jahrestagung des Arbeitskreises Wirtschaftsinformatik an Fachhochschulen (AKWI) vom 14.09. bis 15.09.2010 an der Technischen Hochschule Wildau [FH]

Autoren:

Prof. Dr. Thomas Barton, Dipl.-Wirt.-Inf. (FH) Georg Burgmayr,
Prof. Dr. rer. pol. Matthias Forster, Prof. Dr. Michael Grütz,
Prof. Dr.-Ing. Frank Herrmann, Prof. Dr. Christian Müller,
Prof. Dr.-Ing. Gaby Neumann, Prof. Dr. Mike Steglich,
Prof. Dr. Ralf Szymanski

Verlag News & Media, Berlin

ISBN 978-3-936527-24-7