

# **Serviceorientierte Referenzarchitektur für Logistische Assistenzsysteme zur simulationsbasierten Entscheidungsunterstützung**

## ***Service oriented reference architecture for logistic assistance systems for simulation based decision support***

Josef Kamphues, Sven Groß, Benjamin Korth, Markus Zajac, Tobias Hegmanns,  
Fraunhofer IML, Dortmund (Germany), Josef.Kamphues@iml.fraunhofer.de,  
Sven.Gross@iml.fraunhofer.de, Benjamin.Korth@iml.fraunhofer.de,  
Markus.Zajac@iml.fraunhofer.de, Tobias.Hegmanns@iml.fraunhofer.de

**Abstract:** This paper describes a technical architecture which enables companies to easily implement simulation technologies into their business processes. To verify the operational readiness of the architecture simulation based planning methods for supply chain planning and execution are developed and implemented as prototype service modules. These service modules can be flexibly adapted to the requirements of different companies and therefore used in different planning tasks. The results are based on the research projects Supply Chain Planning (SCP) and Supply Chain Execution (SCE) which are part of the EffizienzCluster LogistikRuhr.

## **1 Einleitung**

In den vergangenen Jahren ist die Nutzung von Informationstechnik, insbesondere die Verwendung von Internetdiensten, immer wichtiger für die effiziente Gestaltung, Planung und Steuerung von Produktions- und Lieferketten geworden. Durch die Verbindung von Unternehmen zu Wertschöpfungsnetzwerken sind neue Herausforderungen entstanden. Zum einen sind große Datenmengen zu beherrschen, und zum anderen ist die Komplexität der Daten um ein Vielfaches gestiegen (vgl. Klingebiel et al. 2010). Die heutige IT-Systemlandschaft in der Logistik ist jedoch von starren und monolithischen Planungs- und Steuerungssystemen geprägt. „Standardlösungen“ stellen entweder nicht alle individuellen Unterstützungsfunktionen für ein spezifisches Unternehmen bereit oder müssen aufwändig angepasst werden. Als Ausweg werden deshalb häufig MS Excel, MS Access oder vergleichbare Programme als Planungsalternativen hinzugezogen, was letztendlich zu einer parallelen Systemlandschaft bzw. Planunginseln führt. Ist dies nicht gewünscht, bleibt nur die Entwicklung von aufwendigen und teuren Individuallösungen durch spezialisierte IT-Dienstleister, welche erhebliche

Vorlaufzeiten für die Entwicklungs-, Implementierungs- und Anlaufphasen erfordern. Entsprechend inflexibel und teuer sind diese Systeme an den ständigen Wandel der Unternehmen anzupassen. Mit dem Ziel die Informationen in Produktions- und Lieferprozessen zu verwerten und im Voraus Planungsentscheidungen zu überprüfen, werden unter anderem Simulationen eingesetzt. Zur Nutzung von Simulationstools werden jedoch Modelle notwendig, welche bei der Erstellung häufig die Integration von Daten aus unterschiedlichen Unternehmensbereichen benötigen. Erschwerend kann hinzukommen, dass die späteren Nutzer der Simulation bzw. der Simulationsergebnisse weitläufig in der Organisation verteilt sind. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit kollaborative Ansätze zu verfolgen, um die verschiedenen Nutzer adäquat einbinden zu können. Die Verbreitung kollaborativer Simulationstools in Wertschöpfungsnetzwerken ist jedoch eher gering einzuschätzen (vgl. Straßburger et al. 2008).

Das in diesem Beitrag vorgestellte Konzept greift aktuelle Ansätze zur Entscheidungsunterstützung durch Simulation auf (siehe Kapitel 2) und kombiniert sie mit einem innovativen Ansatz zur flexiblen und kostengünstigen Gestaltung von Logistik-IT-Systemen in Form serviceorientierter web-basierter Logistischer Assistenzsysteme. Dies ermöglicht es Simulationen aufwandsarm in die operativen und taktischen Planungs- und Steuerungssysteme einzubinden. Wesentliche Kriterien sind dabei die individuelle Adaptierbarkeit der Simulation sowie die Gewährleistung einer intuitiven Mensch-Maschine-Interaktion. Aktuelle IT-Technologien (bspw. Cloud Computing und SOA) können an dieser Stelle helfen, die Simulationskomponente anwenderfreundlich sowie kostengünstig in Planungs- und Steuerungssysteme zu integrieren und bedarfsgerecht bereitzustellen. Durch die Nutzung dieser IT-Technologien können viele Aspekte, welche die Komplexität von Simulationsmodellen ausmachen (bspw. Aufbau und Parametrierung), hinter intuitiv bedienbaren Frontends verborgen werden. Darüber hinaus können unterschiedliche Benutzer in verschiedenen Abteilungen Daten und Parameter der Simulation verändern und so gemeinsam ein Simulationsmodell kalibrieren. Eine service-basierte Simulation wird dieser Anforderung in technischer Hinsicht gerecht, da sie eine verteilte kooperative Erstellung und Nutzung von Simulationsmodellen ermöglicht. Den mit der Simulation einhergehenden technischen Anforderungen hinsichtlich Rechner- und Speicherleistung wird mithilfe eines cloudfähigen Ansatzes ebenfalls begegnet. Je nach Simulationsumfang können so die benötigten Rechenleistungen abgerufen und die kostenintensive Rechnerressource durch viele Nutzer gleichsam effizient genutzt werden.

## 2 Stand der Wissenschaft und Technik

Ab einer gewissen Größe werden die Geschäftsprozesse eines Unternehmens in aller Regel mithilfe von Informationstechnologie unterstützt. Dabei sind Software für Produktionsplanung und -steuerung, Enterprise Resource Planning, Supply Chain Management und Advanced Planning System häufige Ausprägung von Systemen zur IT-Unterstützung in der Logistik (vgl. Schönsleben 2011). Entscheidungsunterstützungssysteme (EUS) stellen ebenfalls computergestützte Planungs- und Informationssysteme dar, welche jedoch nicht nur Informationen filtern, aggregieren und darstellen, sondern den Planungs- und Entscheidungsprozess in solch einer Form unterstützen, dass die Entscheidungsqualität des Nutzers

verbessert wird. In der Praxis werden zur Entscheidungsfindung in der Prozessplanung und -steuerung verschiedene Werkzeuge und Methoden (z.B. Datenbanken, MS Excel, Simulationen) lokal und unabhängig eingesetzt. Durch diese parallele Systemlandschaft resultiert eine kritische Inkonsistenz zwischen operativen Unternehmenssystemen und der realen Planungs- und Steuerungswelt (vgl. Klingebiel 2010).

Die Weiterentwicklung der EUS, bspw. um diese in bestehende Geschäftsprozesse und IT-Systeme zu integrieren, führte zur Etablierung von Assistenzsystemen. Die in vielen Bereichen (wie bspw. Standortplanung, Produktionsplanung, Auftragsabwicklung, vgl. Hellingrath und Kuhn 2002) eingesetzten Logistischen Assistenzsysteme (LAS) sind rechnerbasierte Systeme, die den Menschen bei der Entscheidungsfindung und -umsetzung unterstützen und stellen einen integralen Bestandteil der Mensch-Maschine-Systemtechnik dar (vgl. Timpe und Jürgensohn 2002). Dabei fokussieren die LAS i.d.R. spezielle Vorhaben und nutzen dabei unterschiedlichste Bewertungsmethoden, um Entscheidungsunterstützung zu bieten.

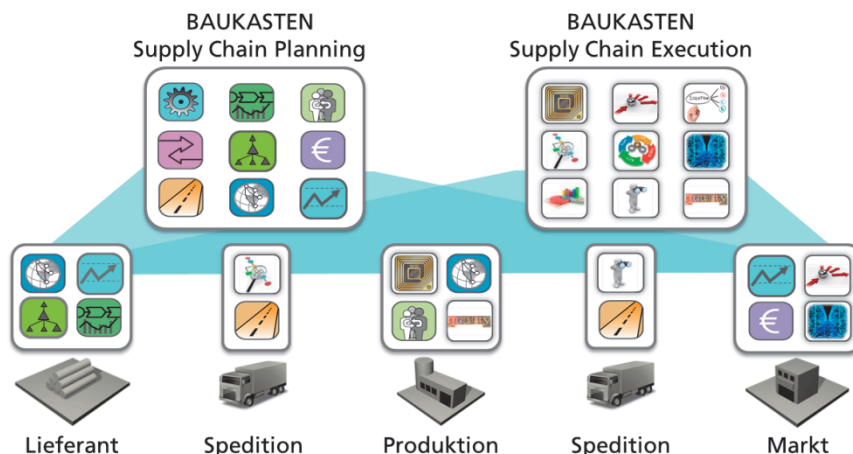
Der Anforderung, Unternehmenssoftware immer wieder neu an die Prozesse und Aufgaben im Unternehmen anzupassen, kann mit einem Serviceorientierten Ansatz, der es erlaubt Softwaresysteme zu modularisieren, effektiv begegnet werden (vgl. Schönsleben 2011). Durch lose gekoppelte und interoperable Services können Anwendungen flexibel konfiguriert und parallele Systemlandschaften vermieden werden. Zusätzlich lassen sich Services leicht auf entfernte Serversysteme oder in Cloud-Plattformen auslagern, wodurch zusätzliche Rechenleistung zu Verfügung steht. Das Vorantreiben der Modularisierung lässt sich ebenfalls bei den Softwareherstellern wie SAP und Oracle beobachten (vgl. Erkayhan 2011).

Entscheidungsalternativen sind in vielseitigen und unternehmensübergreifenden Prozessketten oft nicht mit statischen Verfahren bewertbar. Daher werden Simulationen eingesetzt, mit denen die Dynamik der Prozesse untersucht werden kann (vgl. Hellingrath und Kuhn 2002). Die Bandbreite von Simulationswerkzeugen reicht von allgemeinen Programmiersprachen bis hin zu anwendungsspezifischen Simulatoren, die zwar nur in einem bestimmten Anwendungsbereich verwendet werden können, dort aber ihre Verwendung durch mitgelieferte und anwendungsnahe Bausteine erleichtern. Der Simulator OTD-NET, der in den Arbeiten im Kontext dieses Beitrags eingesetzt wird, ist am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik entwickelt worden, ermöglicht die ereignisgesteuerte Netzwerk-Simulation und findet u.a. Anwendung im Rahmen der dynamischen Bewertung von unternehmensübergreifenden Prozessen in der Automobilindustrie (vgl. Wagenitz 2007). Weitere Beispiele zu verschiedenen Simulationswerkzeugen in der Logistik finden sich u. A. in Eley (2012). Alle diese Simulatoren werden typischerweise als Stand-Alone-Werkzeuge auf lokalen Rechnerressourcen eingesetzt. Die Simulationswerkzeuge sind in vielen Fällen gar nicht, zumindest aber nicht besonders eng, in die operativen Planungs- und Entscheidungsprozesse eingebunden. Vielmehr ist die Simulation eher eine mit Projektcharakter eingesetzte Methode zur Lösung fallspezifischer Fragestellungen (vgl. Kuhn et al. 2010).

Des Weiteren nimmt die sequentielle Simulation großer und komplexer Systeme viel Zeit in Anspruch. Abhilfe schaffen bspw. verschiedene Ansätze zur Parallelisierung der Simulation. Im einfachsten Fall werden unabhängige Simulationsläufe mit verschiedenen Parametern auf unterschiedlichen Recheneinheiten durchgeführt. Weitere Möglichkeiten sind die funktionale Parallelisierung oder die Aufteilung des Modells (vgl. Seibold 2002).

### 3 Methodisches Konzept zur simulationsbasierten Entscheidungsunterstützung

Das hier beschriebene Konzept nutzt die Ergebnisse der Projekte aus dem Leitthema „Logistics-as-a-Service“ des EffizienzCluster LogistikRuhr (vgl. EffizienzCluster Management GmbH 2013). Die Arbeiten zielen auf die Entwicklung eines IT-Baukastens für logistische Entscheidungsunterstützungssysteme. Das Konzept des IT-Baukastens ermöglicht es, sowohl Domänen der Logistik, wie bspw. die Entscheidungsvorbereitung und der -unterstützung (zu welcher auch die Simulation gehört), in fachliche Services zu kapseln, als auch technische Bereiche in Form von Kommunikations- und Infrastrukturservices zur Verfügung zu stellen. Durch die Nutzung der wiederverwendbaren Services aus dem Baukasten (Abb. 1) und deren Verknüpfung lassen sich individuelle logistische Assistenzsysteme für die Entscheidungsunterstützung in Produktions- und Lieferketten konfigurieren (vgl. Steinbuß et al. 2012).



**Abbildung 1:** Individuell adaptierbare logistische Assistenzsysteme [eig. Darst.]

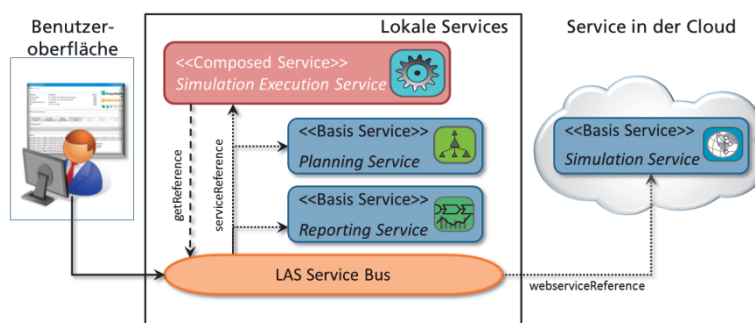
Für die individuelle Komposition von Assistenzsystemen wird eine serviceorientierte Referenzarchitektur eingeführt. Diese stellt sowohl die Komponenten (hier Services) eines Softwaresystems (hier Assistenzsystem) als auch deren Beziehungen und die Aufgabenteilung zwischen diesen Komponenten idealisiert dar (vgl. Großmann und Koschek 2005). Die technische Grundlage dieser serviceorientierten Referenzarchitektur bilden SOA-Konzepte (Josuttis 2007) sowie das Software-as-a-Service-Modell des Cloud-Computing (Baun et al. 2011). Über Cloud-Plattformen,

wie die Logistics Mall (Holtkamp et al. 2010), können individuelle Assistenzsystemlösungen dann (auch kleinen) Unternehmen kostengünstig zur Verfügung gestellt werden.

Die hier beschriebene serviceorientierte Referenzarchitektur bildet den Lösungsansatz zur Umsetzung der simulationsbasierten Entscheidungsunterstützung für die Anwendungsfälle in Kapitel 4. Die Komponenten dieser Architektur haben daher einen starken Anwendungsbezug und bestehen im Wesentlichen aus

- Services zur Planung, welche Parameter des Simulationsmodells modifizieren (vgl. „Stock Strategy Planner“ und „Target Stock Calculator“ in Kapitel 4.1), um verschiedene Planungsszenarien bei der Simulation zu berücksichtigen,
- dem Simulation Service (vgl. „Network Analyzer“ in Kapitel 4.1),
- dem Reporting Service zur Auswertung der Simulationsergebnisse,
- einem Workflowservice (vgl. Nutzung der Simulation in einem Herstellungsprozess, Kapitel 4.2)
- und einem Infrastrukturservice zur Durchführung der Kommunikation.

Die Services zusammen erlauben es, anwendungsorientierte Logistische Assistenzsysteme zur Durchführung und Auswertung von Simulationsexperimenten bei Planungs- und Steuerungsaufgaben zusammenzustellen. Ein weiterer wichtiger Aspekt in diesem Zusammenhang betrifft die bereits erwähnte Modifikation von Parametern eines Simulationsmodells. Das Simulationsmodell wird lokal erstellt und kann durch einen Service in einer Cloud-Datenbank abgelegt werden. Für die operative Entscheidungsunterstützung ist es sinnvoll die Veränderungen am Simulationsmodell auf ein sinnvolles Maß zu begrenzen. Services (wie bspw. „Stock Strategy Planner“) erlauben ausschließlich zuvor definierte Änderungen, sodass stets ein konsistentes, simulierbares Modell zur Verfügung steht. Alle Nutzer des Assistenzsystems verwenden dasselbe Simulationsmodell und verändern es für ihren Simulationslauf nur innerhalb der definierten Grenzen. Parallele Systemlandschaften mit unterschiedlichen Modellen können auf diese Weise vermieden werden. Damit entstehen Voraussetzungen für die Anwendung von Simulation in operativen Entscheidungsprozessen.



**Abbildung 2:** LAS mit Simulation Services [eig. Darst.]

Bei der Komponente „LAS Service Bus“ handelt es sich um einen Infrastrukturservice zur Abwicklung der Kommunikation zwischen Service-Nutzern und den Services

selbst. Die Services selbst sind in sich abgeschlossen („Basis Services“), der Zugriff auf diese erfolgt über eine definierte Schnittstelle. Dabei können rechenintensive Services in die Cloud ausgelagert werden. Der „LAS Service Bus“ ermöglicht eine einheitliche Kommunikation zwischen den Nutzern und den Services, und zwar unabhängig davon, ob diese lokal oder in der Cloud angesiedelt sind. Hierzu verwaltet der Service Bus die Referenzen auf die unterschiedlichen Services, über welche diese gemäß der Schnittstellenbeschreibung aufgerufen werden können, und bildet somit das Fundament des Assistenzsystems. Der als „Composed Service“ bezeichnete „Simulation Execution Service“ ist als Workflowservice bzw. Prozessautomatisierungsservice zu verstehen. Er gewährleistet bspw. die Überwachung des Status der Simulation und stellt in Abhängigkeit davon außerdem den rechtzeitigen Aufruf des nächsten Prozessschrittes (bspw. Abholen der Simulationsergebnisse und Auswertung der Ergebnisse mit Hilfe des Reporting Service) sicher (Abb. 2).

Der Simulation Service, welcher den OTD-NET Simulator verwendet, wurde im Rahmen des Projektes Supply Chain Planning (SCP, vgl. 4.1) implementiert. Nachfolgend werden die wesentlichen technischen Aspekte des Simulation Service beschrieben. Die Nutzung geschieht gemäß der Schnittstellenbeschreibung, welche in der Web Services Description Language (Web Services Description Language 2013) angegeben wird. Über die Schnittstelle werden folgende Funktionen angeboten:

- *Konfiguration des Simulationslaufes*: Diese Funktion nutzt Geschäftsobjekte (Business Objects) um die verschiedenen Simulator- und Modellparameter des Simulationslaufes zu konfigurieren, wie bspw. Anzahl der Simulator-Instanzen (paralleler Betrieb) und Angabe des konkreten Simulationsmodells (welches zum Beispiel in einer Cloud-Datenbank abgelegt sein kann). Paralleler Betrieb eignet sich insbesondere dann, wenn mehrere Simulationsläufe mit jeweils unterschiedlichen Simulationsparametern gleichzeitig durchgeführt werden sollen und der Simulation Service in diesem Fall in der Cloud abgerufen wird.
- *Simulationslauf starten und terminieren*: Da die Simulation einen rechen- und zeitintensiven Vorgang darstellt, wird der Simulationslauf asynchron gestartet. Dadurch wird der Blockierung des Systems entgegengewirkt und das System bleibt weiter bedienbar. So kann regelmäßig der Status der Simulation abgefragt oder diese vorzeitig beendet werden. Des Weiteren werden an dieser Stelle parallele Simulator-Instanzen verwaltet und ebenfalls asynchron ausgeführt.
- *Status und Ergebnisse des Simulationslaufes abholen*: Die Abfrage bzgl. des Fortschritts liefert pro Instanz ein Geschäftsobjekt mit Statusinformationen (wie *isReady*, *isPending*, *isRunning*). Wurde für eine Instanz ein Simulationslauf fertiggestellt, dann können die Ergebnisse dieser Instanz via Service-Aufruf abgerufen und dem Reporting Service zur Verfügung gestellt werden.

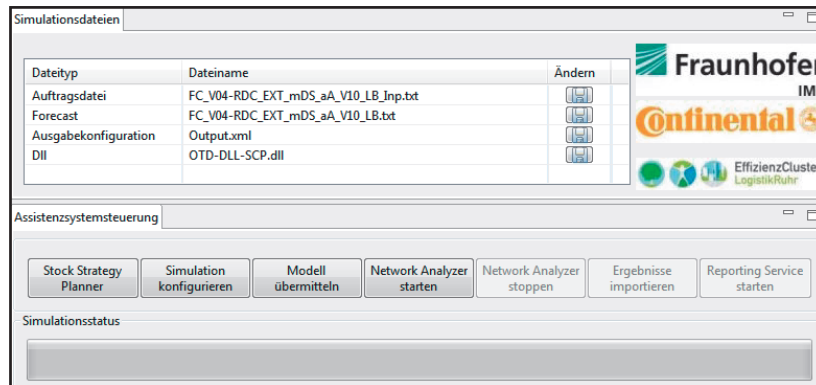


Abbildung 3: Oberfläche zur Bedienung des Simulation Service [eig. Darstellung]

- *Bedienung*: Die Bedienung einer Instanz erfolgt über eine Benutzeroberfläche, wie sie bspw. im Projekt SCP realisiert wurde (Abb. 3). Diese steuert den Workflow der konkreten Planungsaufgabe und gewährleistet die intuitive Bedienung des Assistenzsystems und der integrierten Simulationskomponente.

## 4 Anwendung der Referenzarchitektur

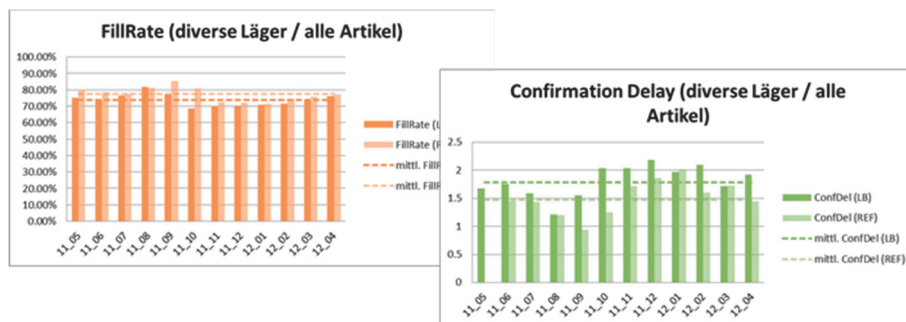
Das beschriebene Konzept für den Einsatz von Simulation in operativen Entscheidungsunterstützungsprozessen wird im Folgenden anhand von zwei Beispielen im Bereich der Supply Chain Planung sowie Auftragssteuerung verdeutlicht. Im Verbundprojekt SCP bieten die auf der Referenzarchitektur basierenden Services simulationsbasierte Planungsfunktionalitäten, die für das Bestandsmanagement in komplexen Produktions-/Distributionsnetzwerken eingesetzt werden können (vgl. Hegmanns und Orlob 2011). Die im Projekt SCE konzeptionell und zu Teilen prototypisch entwickelten Services dienen unter anderem zur Simulation von möglichen Handlungsalternativen bzgl. kurzfristiger Änderungen in der Auftragsabwicklung, die mit echtzeitnahen Informationen aus der physischen Identifikation und Erfassung von Auftragsfortschrittsdaten und Qualitätszuständen rückgekoppelt werden (vgl. Yüzgülec et al. 2012).

### 4.1 Anwendung der Simulation zur Bestands-, Transport- und Standortplanung

Im Rahmen des Projektes SCP wurde das hier beschriebene Konzept exemplarisch für das Bestandsmanagement in dem europäischen Distributionsnetzwerk der Continental Reifen GmbH umgesetzt. Das Netzwerk umfasst acht Produktionsstandorte, fünf zentrale und 30 regionale Distributionszentren sowie 31 Absatzmärkte. Da die simulierten Artikel (ca. 8000 Stück) starken saisonalen Effekten unterliegen, bietet die Bestandsplanung mit Hilfe der Simulation ein großes Potential, um Fehl- und Überbestände in den einzelnen Regionen zu reduzieren und damit Kosteneinsparungen zu erreichen. Vor allem in der taktischen Planung des Netzwerks ergeben sich viele Fragestellungen, bei der Simulationsexperimente den Planer sinnvoll unterstützen können:

- Welche Bevorratungsstrategie (bspw. regionale oder zentrale Bevorratung) führt für welche Artikelsegmente zu welchen Auswirkungen auf die Artikelverfügbarkeit und den Lieferservice in bestimmten Märkten?
- Welche Konsequenzen ergeben sich für die erforderlichen Kapazitäten in Werks- und Distributionslagern sowie für Transportkapazitäten und –frequenzen aus einer geänderten Absatzplanung?

Das zur Beantwortung dieser Fragen prototypisch entwickelte Assistenzsystem basiert auf der oben beschriebenen Referenzarchitektur. Dazu wurden sowohl lokale als auch zentrale Services realisiert. Der „Stock Strategy Planner“ dient zum einen der Definition von Artikelclustern. Der Planungsservice bietet dabei die Möglichkeit, die Artikel auf der Grundlage unterschiedlicher Analysen (bspw. ABC- oder RUS-Analyse) zu segmentieren. Zum anderen werden mit diesem Service auf der Grundlage der definierten Artikelcluster individuelle Bevorratungsebenen definiert. Für jede Artikelkategorie kann so eine individuelle Bevorratungsstrategie definiert werden (bspw. regionale Bevorratung für A-Artikel und zentrale Bevorratung für C-Artikel). Mit dem „Target Stock Calculator“ kann dann die Berechnung der artikel- und lagerspezifischen Zielreichweiten unter Berücksichtigung der Bestandstrategie und definierter Dispositionsparameter (Ziel-Servicelevel, Bestelllosgröße, Bestellrhythmus etc.) erfolgen. Die Parameter des „Stock Strategy Planner“ und des „Target Stock Calculator“ werden schließlich an den in die Cloud ausgelagerten „Simulation Service“ (hier: „Network Analyzer“) übergeben. Aus den Informationen eines Planungsszenarios wird ein Simulationsszenario erzeugt, in dem ein initial erstelltes Basismodell entsprechend parametrisiert wird. Mit dem vierten Service des Assistenzsystembaukastens („Reporting Service“) können die Ergebnisse der Simulationsexperimente zu einem Szenario ausgewertet und aufbereitet werden. Dazu werden zum einen Bestände, Servicelevel und Lieferverzug artikel- und lagerspezifisch ausgewiesen und zum anderen die Simulationsergebnisse in Form von artikel- und relationsspezifischen Kennzahlen zur Transportplanung aufbereitet (Transportfrequenzen, Transportauslastung etc.). Aus diesen Ergebnissen lassen sich somit relevante Kosten- und Leistungskennzahlen ableiten, die dem Planer als Entscheidungsgrundlage dienen (Abb. 4).



**Abbildung 4:** Kennzahlen FillRate (Servicelevel) und Confirmation Delay (Lieferverzug) anhand zweier Simulationläufe [eig. Darst.]



## 4.2 Konzept zur Simulation in der Auftragssteuerung

Im Verbundprojekt SCE wurden individuell adaptierbare Servicebausteine zur dezentralen Entscheidungsunterstützung in der auftragsbezogenen Materialflusssteuerung entwickelt. Die Services sind über mobile Endgeräte abrufbar und wurden exemplarisch für die Möbelindustrie realisiert. Im Anwendungsfall wird die Lieferkette eines Möbelherstellers vom Rohstofflieferanten bis zum Endkunden betrachtet. In der Supply Chain wurden Steuerungspunkte identifiziert, welche eine wirkungsoptimale Absicherung des Materialflusses ermöglichen. Der Einsatz von Simulation unterstützt hier vor allem die fallbezogene Auftrags(um-)steuerung des Produktionsprozesses nach einer negativen Qualitätskontrolle.

Im Herstellungsprozess des Möbelherstellers werden mit RFID-Tags versehene Holzkanteln zu Leimholzbrettern verleimt und an verschiedenen Stellen der Supply Chain in ihrer Qualität geprüft. Bei der Qualitätskontrolle werden unterschiedliche Sensoren zur Qualitätsbewertung (Feuchtigkeit, Oberflächenqualität) sowie RFID-Identifikation gekoppelt und die so erhobenen Daten in einem Datenpaket zusammengeführt. Über den Service „Monitoring Manager“ (Erfassung und Kontrolle von Auftragszuständen) wird dieses Datenpaket abgerufen und mit auftragsbezogenen Daten angereichert. Somit ist ein echtzeitnaher Abgleich von Ist- und Soll-Qualitätsdaten möglich. Im Falle einer positiven Prüfung wird der Prozess gewohnt weitergeführt. Ein negatives Ergebnis wird entsprechend angezeigt und weist somit einen Handlungsbedarf aus. Dieser wird durch den „Scenario Manager“ in Form von priorisierten Handlungsalternativen ausgegeben. Zur weiteren Entscheidungsunterstützung berechnet der „Simulation Service“ auf Basis des aktuellen Auftragsstatus im Netzwerk und der gewählten Handlungsalternative die Auswirkungen auf die weiteren Prozesse in der Supply Chain. Ist die Erfüllung des Kundenwunschtermins aufgrund der kurzfristigen Ausschleusung des Auftrags aus dem Auftragspool nicht gewährleistet, können Maßnahmen (bspw. Priorisierung des Auftrags bei bestimmten Produktionsschritten) geplant werden, die wiederum durch weitere Simulationsläufe auf Wirksamkeit überprüft werden. Ist auch durch diese Vorgehensweise die termingerechte Erfüllung des Auftrags nicht gewährleistet, kann durch die Unterstützung des „Allocation Service“ ein Tausch mit einem alternativen Auftrag vorgenommen werden.

## 5 Zusammenfassung

Die in diesem Beitrag vorgestellte serviceorientierte Referenzarchitektur ermöglicht die Verknüpfung modularer Service-Bausteine der Supply Chain Planung und Steuerung zu einem logistischen Assistenzsystem. Die Services ermöglichen u.a. die Erhebung, Aufbereitung und Analyse von Daten zur Parametrisierung eines Simulationsmodells, die Simulation mit Hilfe eines Simulationsservices und die Analyse der erzeugten Ergebnisse. Durch die Entwicklungen ist es möglich, die Simulation als Entscheidungsunterstützung leichter für operative und taktische Entscheidungen nutzbar zu machen.

Die Funktionsfähigkeit der realisierten Referenzarchitektur wurde anhand der prototypischen Anwendungen im Rahmen der Projekte SCP und SCE erprobt. Die Simulation arbeitet dabei im Hintergrund und wird so Teil der taktischen oder operativen Planungsprozesse. Die prototypische Realisierung des hier beschriebenen Konzepts konnte zeigen, dass die Simulationstechnik mithilfe von Planungsservices

aufwandsarm in die bestehenden Geschäftsprozesse implementiert werden kann. Das Planungspersonal kann die Simulation in Form von einfach zu kalibrierenden Szenarien ohne spezielle Fachkenntnisse in der Modellierung und Simulation nutzen. Das Zusammenspiel der Planungsservices erlaubt es, alle Planungsschritte methodengestützt und in angemessener Zeit durchzuführen. In den untersuchten Anwendungsfällen trägt Sie zu einer besseren Qualität der Planungsergebnisse und einer stärkeren Vernetzung der Anwender bei.

## Literatur

- Baun, C.; Kunze, M.; Nimis, J. et. al: Cloud Computing, Web-basierte dynamische IT-Services. Berlin, Heidelberg; Germany; Springer-Verlag 2011.
- EffizienzCluster Management GmbH: Logistics-as-a-Service - IT als Treiber für Innovation. Abgerufen unter : [http://www.effizienzcluster.de/de/leitthemen\\_projekte/leitthema.php?lthPid=2](http://www.effizienzcluster.de/de/leitthemen_projekte/leitthema.php?lthPid=2) (30.05.2013).
- Eley, M.: Simulation in der Logistik, Berlin, Springer Verlag 2012.
- Erkayhan, S.: Ein Vorgehensmodell zur automatischen Kopplung von Services am Beispiel der Integration von Standardsoftwaresystemen. KIT, Karlsruhe, Hannover, Karlsruhe 2011.
- Großmann, M.; Koschek, H.: Unternehmensportale. Grundlagen, Architekturen, Technologien. Berlin: Springer Verlag 2005.
- Hegmanns, T.; Orlob, J.: Simulation-based IT-support for tactical distribution network planning. In: Spath, D.; Ilg, R.; Krause, T. (Hrsg.): 21th International Conference on Production Research (ICPR 21). Innovation in Product and Production. 31.07-04.08.11. Stuttgart; Germany; Fraunhofer Verlag 2011.
- Hellingrath, B.; Kuhn, A.: Supply Chain Management – Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette. Heidelberg, New York, Berlin; Germany; Springer Verlag 2002.
- Holtkamp, B.; Steinbuss, S.; Gsell H., Loeffeler, T.; Springer, U.: Towards a Logistics Cloud, Sixth International Conference on Semantics, Knowledge and Grids, Springer 2010.
- Josuttis, N.: SOA in Practice. The Art of Distributed System Design. Sebastopol; USA; O'Reilly Media Inc 2007.
- Klingebiel, K.; Toth, M.; Wagenitz, A.: Logistische Assistenzsysteme, in: Praxishandbuch Logistik, hrsg. von Pradel, U.- H. et al. Köln; Germany; Deutscher Wirtschaftsverlag 2010.
- Kuhn, A.; Wagenitz, A.; Klingebiel, K.: Praxis Materialflusssimulation: Antworten, zu oft zu spät? In: Jahrbuch Logistik, S. 206 – 211, Korschbroich; Germany; Free Beratung Gesellschaft für Kommunikation im Marketing mbH 2010.
- Schönsleben, P.: Integrales Logistikmanagement, Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend; 6. Auflage, Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer-Verlag 2011.
- Seibold, W.: Ein Mehrprozessorsystem mit rekonfigurierbarer Verbindungsstruktur für die parallele und verteilte ereignisgesteuerte Simulation. Universität Stuttgart, Stuttgart 2002.
- Steinbuß, S.; Hegmanns, T.; Yüzgülec, G. et al.: A construction kit of flexible services for supply chain planning and operations. In: Proceedings of 11th International Conference on Modeling and Applied Simulation. Vienna; Austria 2012.

- Straßburger, S.; Schulze, T.; Fujimoto, R.: Future trends in distributed simulation and distributed virtual environments. Peer study final report, Version 1.0. Ilmenau, Magdeburg, Atlanta – January 17, 2008.
- Timpe, K.-P.; Jürgensohn, T.: Perspektiven der Mensch-Maschine-Systemtechnik. In: Timpe, K.-P.; Jürgensohn, T.; Kolrep, H. (Hrsg): Mensch-Maschine-Systemtechnik. Symposium, Düsseldorf 2002.
- Wagenitz, A.: Modellierungsmethode zur Auftragsabwicklung in der Automobilindustrie; Dortmund Universität (Diss.) 2007.
- Web Services Description Language (WSDL) 1.1. <http://www.w3.org/TR/wsdl> (31.07.2013).
- Yüzgülec, G.; Klingebiel, K.; Groß, S.: Konzeption von IT-Bausteinen zur echtzeitnahen Steuerung von Supply Chains. In: Schenk, M.; Zadek, H.; Müller, G. et al. (Hrsg.): 17. Magdeburger Logistiktage, Sichere und nachhaltige Logistik. Magdeburg; Germany; Magdeburger Logistiktagung 2012.