

## Das ASP Modell im Internet Der Dinge

**IT Integration durch Echtzeit-Logistikdienste und Open Source • Selbst organisierende Logistiknetze • Visionen mit öffentlichkeitswirksamen Einfluss • Echtzeitnahe Verknüpfung von IT und Materialfluss • Multishuttle-System als aktuelles Beispiel • Vorteile offener Plattformen • LinogistiX Logistics Services, offene Plattform für Logistik Applikationen • Open Source Rahmenwerte myWMS des Fraunhofer IML • Datenerfassung über Java-kompatible Handys • RFID-Middleware •**

Prof. Michael ten Hompel\*, Dipl.-Ing. Andreas Trautmann\*\*

Logistik ohne Software ist heute nicht mehr vorstellbar. Ob im physischen Materialfluss oder beim Supply Chain Management – sehr häufig werden die aktuellen Entwicklungen durch neue Erkenntnisse und Technologien der Informationstechnik initiiert. Die globale Verfügbarkeit von Echtzeitdaten fördert die Entwicklung des Internet der Dinge, in dem zukünftig die Pakete, Paletten und Behälter ihren Weg im logistischen Netzwerk selbstständig finden. Wie der große Bruder Internet wird auch das Internet der Dinge neben der Logistik die Gesellschaft bewegen, wenn sich eine flächendeckende Durchdringung – vom Produzenten bis zum Verbraucher – entwickelt. Wie im Internet werden sich diejenigen Lösungen durchsetzen, die offen und frei zugänglich sind und sich einfach in heterogene Systemlandschaften – vom PC-Cluster bis zum Java-Handy – integrieren lassen. Dieser Beitrag stellt eine service-orientierte Open Source Plattform für Logistik-Applikationen vor und beschreibt den aktuellen Stand der Technik auf diesem Gebiet. Außerdem wird aufgezeigt, welches Potenzial in diesem Ansatz steckt und welche zukünftigen Entwicklungen zu erwarten sind.

### Das Internet Der Dinge

Wie weit die Symbiose zwischen IT und Logistik vorangeschritten ist, zeigt sich in jüngster Zeit bei der Entwicklung und Einführung der Transponder- oder RFID-Technologie (Radio Frequency Identification). Die unmittelbare Verknüpfung von Material- und Datenfluss ermöglicht die vertikale Integration entlang der Wertschöpfungskette. Ebenso wie die Datenpakete unserer E-Mails ihren Weg im „Netz der Netze“ von einem Internetknoten zum nächsten finden, werden zukünftig auch die Pakete, Paletten und Behälter im logistischen Netzwerk ihren Weg finden. Getreu dem Motto „Selbst ist das Paket!“ sprechen die „Dinge“ der Logistik – einzelne Artikel, Paletten, Behälter – über Agenten miteinander, koordinieren sich und fordern die nötigen Ressourcen selbstständig an. Voraussetzung dafür sind autonome Objekte – Produkte, Verpackungen, Ladungsträger – und sich selbst organisierende Logistiknetze: Die „Dinge“ erhalten

eine elektronische Identität und werden drahtlos mit ihrer Umwelt vernetzt. So können Waren auf ihrem logistischen Lebensweg lückenlos verfolgt, ihr Zustand und Aufenthalt jederzeit erfasst werden. Die inner- und außerbetrieblichen Materialfluss- und Logistiksysteme verfügen damit über alle erforderlichen Informationen der Warenströme. Sie können selbstständig reagieren und sich flexibel an wechselnde Anforderungen anpassen. Das ermöglicht autonome, logistische Netzwerke – analog zum Internet.

Für jeden zugängliche, lückenlose Produktinformationen, die auf intelligenten Etiketten (RFID-Tags) hinterlegt sind, oder intelligente Umgebungen, sind Visionen, die ohne Frage öffentlichkeitswirksam sind und bisweilen sogar polarisieren, die aber zu oft den zugrunde liegenden logistischen Prozess des inner- und überbetrieblichen Warentransports unberücksichtigt lassen: Die Geschäftsprozesse der Zukunft sind durchgängig automatisiert, integriert und synchronisiert. Sie verbinden die Lieferanten der Lieferanten mit den Kunden der Kunden in einem Wertschöpfungsnetzwerk.

Immer komplexere Prozesse in immer größeren Netzen müssen dann so implementiert werden, dass die Wartung und die Überwachung jeder Applikation und Kommunikation einfach und flexibel möglich ist. Weiterhin

wird es immer wichtiger, einen Überblick über alle beteiligten Komponenten eines Prozesses sowie deren Eigenschaften transparent zur Verfügung zu stellen (Traceability/Visability). Das erfordert eine geeignete Infrastruktur und Architektur.

### IT-Prozess-Integration durch Service Orientierte Architekturen

IT-Prozess-Integration bedeutet die automatisierte und transparente Bereitstellung aller logistischen Dienstleistungen eines Unternehmens für Geschäftspartner und Endkunden über das Internet (vgl. Beitrag „Der 4-Step-Integrator“, Jahrbuch der Logistik 2004). Shop- und Portallösungen gehören mittlerweile zur Standardausrüstung vieler Unternehmen. Die Integration weiterer IT-Systeme (Warenwirtschaft, Lagerverwaltung, Customer Relationship Management, Content Management usw.) führt zu komplexen und integrierten logistischen Netzwerken. Eine dienstbasierte Gestaltung des Informationsflusses auf Grundlage standardisierter technischer und logischer Schnittstellen und die echtzeitnahe Verknüpfung der IT-Infrastruktur mit dem physischen Materialfluss ist das Ergebnis eines vierstufigen Prozesses:

1. Integration von Shops und Portalen (Kommunikation zu Kunden und Lieferanten)

\* Inhaber des Lehrstuhls für Förder- und Lagerwesen der Universität Dortmund und Institutsleiter des Fraunhofer-IML, Dortmund

\*\* Geschäftsführer LinogistiX GmbH, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik, IML, in Dortmund

2. Integration weiterer Systeme (automatischer Datenaustausch und Schnittstellenintegration zwischen Systemen)
3. Unternehmensübergreifende Integration der IT-Systeme (Informationslogistik)
4. Integration des automatisierten Materialflusses (echtzeitnahe Kommunikation)

Ein Beispiel für solch eine echtzeitnahe Verknüpfung ist die Anbindung des am Fraunhofer IML mit Dematic entwickelten Multishuttle-Systems an ein überlagerbares Host-System (Abb. 1).

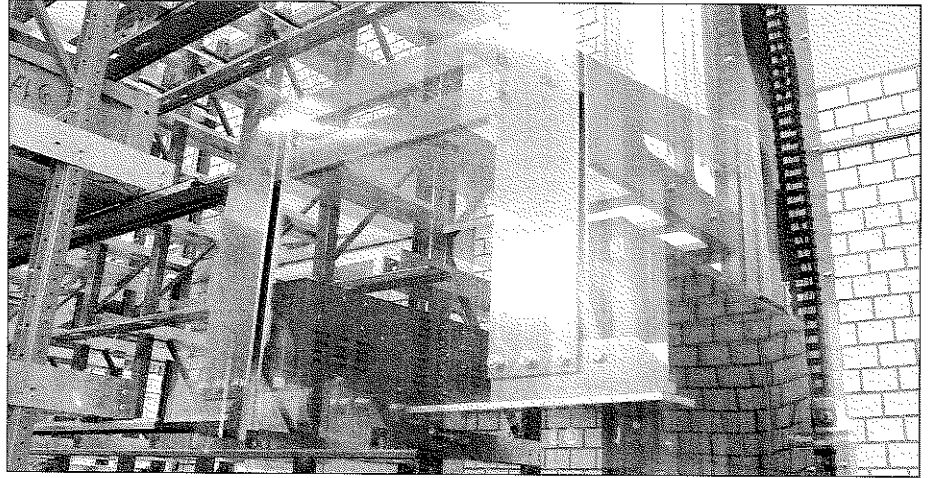


Abb. 1: Multishuttle-Fahrzeug im Aufzug

Das Grundprinzip bei dem Multishuttle-System besteht darin, mit einer Vielzahl unabhängiger Einheiten zu operieren. Kernelement ist ein regalseitig mit Energie versorgtes und mit einem aktiven Lastaufnahmemittel versehenes Fahrzeug, das auf das effiziente Handling kleinerer Einheiten ausgelegt ist, um dem Güterstruktureffekt entgegenzukommen: Bei stagnierenden Gesamtmengen steigt der Trend zur erhöhten Sendefrequenz und zum abnehmenden Volumen einzelner Sendungen. Das wiederum erfordert vollautomatisierte Systeme, die online Aufträge verarbeiten können. Die direkte Anbindung des Multishuttle über ein Portal zur Erfassung von Kundenaufträgen und ein nachgeschaltetes SAP R3 System zur Generierung von Kommissionieraufträgen erforderte zunächst die Umsetzung von proprietären Datenformaten auf Web Services [1], die einen Teil der Schnittstellen-Problematik lösen, weil sie auf den Internetprotokollen basieren und sich als Standard etabliert haben.

Soll die Vernetzung und Integration innerhalb komplexer Supply Chains für den Mittelstand und damit für die Mehrheit nutzbar gemacht werden, werden vor allem spezialisierten Systemhäusern mit klar ausgerichtetem Fokus Erfolgchancen am Markt eingeräumt. Sie führen die operativen und durch den physischen Materialfluss generierten Daten zusammen und stellen sie unter Beachtung der jeweiligen Sicherheitsanforderungen im Netzwerk zur Verfügung. Aufträge werden über standardisierte Schnittstellen entgegengenommen und in Warenbewegungen umgesetzt. Zur Realisierung solch durchgängiger Konzepte sind umfangreiche Erfahrungen sowohl in

der Anbindung von Steuerungs- und Identifikationstechnik als auch in aktuellen Internettechnologien erforderlich. Für eine professionelle Projektabwicklung müssen erprobte Werkzeuge in Form von Plattformen oder Frameworks zur Verfügung stehen, mit denen Schnittstellen erfüllt und logistische Prozesse auf einer standardisierten Basis modelliert werden können. Vorteile versprechen hier offene Plattformen, die aktuelle Standards berücksichtigen. War in den 80er-Jahren die Entwicklung der Logistik auf die (automatisierte) Funktion ausgerichtet, rückte in den 90er Jahren die prozessorientierte Sicht in den Fokus. Seit der Jahrtausendwende gewinnt hierbei die Serviceorientierte Architektur (SOA) an Boden.

In einer serviceorientierten (Software-) Architektur werden Funktionen und Dienste als Services angeboten (Abb. 2). SOA basiert auf einem domänen-spezifischen Modell, das die Objekte und ihre Interdependenzen in einem Anwendungsbereich (Domäne) definiert. Services können miteinander kommunizieren und bilden die gewünschte Geschäftslogik in Form von Diensten ab. Sie sind wieder verwendbar und nur lose gekoppelt. Web Services sind im Allgemeinen plattformübergreifend gestaltet. Die oft alles entscheidende Frage „Java oder .Net“ verliert damit an Bedeutung, da beide Technologien parallel existieren können [2]. Innerhalb einer SOA können klassische, objektorientierte Strukturen, feingranulare Komponenten oder auch Softwareagenten zur Kommunikation und Diensterbringung Verwendung finden. Dies bedeutet gleich-

zeitig die Abkehr von im Unternehmen realisierten Einzelsystemen für unterschiedliche Aufgaben zu integrierten, dienstbasierten Applikationen, die auf einheitlichen Plattformen aufgebaut sind.

Heute stehen Technologien und Standards zur Verfügung, die die Umsetzung solcher Applikationen ermöglichen bzw. deutlich beschleunigen. Zur Definition der fachlichen Schnittstellen eignet sich beispielsweise die XML-Beschreibungssprache WSDL, wenn über WebServices kommuniziert wird. Zur Orchestrierung (Koordination) von WebServices bietet sich die BPEL-Spezifikation an. Beide Spezifikationen werden durch namenhafte Software-Hersteller wie Microsoft, IBM und SUN vorangetrieben und durch diverse Entwicklungsumgebungen unterstützt. Bei Beschränkung auf eine Plattform unter Verzicht auf die Interoperabilität gibt es plattformspezifische, laufzeitgünstigere Alternativen, etwa Java RMI/IIOP.

## LOS – Open Source Logistics Services

LinogistiX Logistics Services (LOS) beschreibt einen SOA-basierten Lösungsansatz, mit der sich elektronisch geführte, logistische Dienste („Services“) einfach umsetzen, betreiben und nutzen lassen. Dabei handelt es sich um eine serviceorientierte Logistikköpfung, welche aktuelle Standards berücksichtigt.

Zielsetzung ist die Schaffung einer offenen Plattform für Logistik-Applikationen, die sich nahtlos in vorhandene IT-Infrastrukturen und mit anderen Unter-

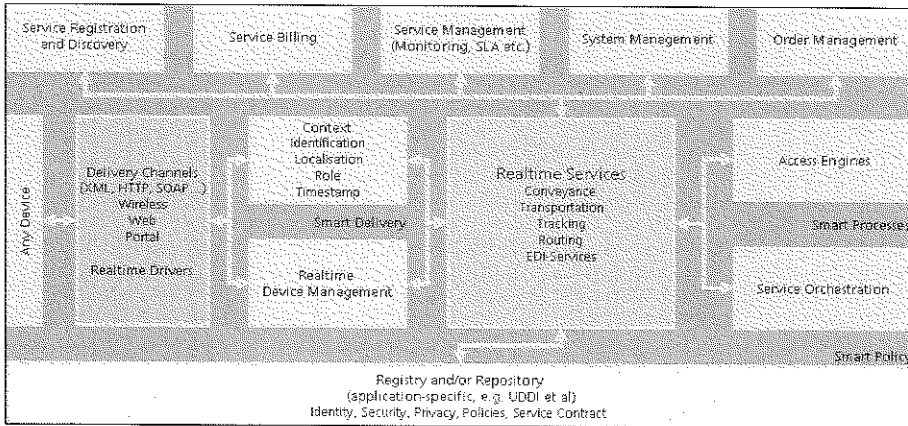


Abb. 2: Service Orientierte Architektur (SOA) nach SUN

nehmensapplikationen integrieren lässt. Die Kern-Applikation ist als Open Source verfügbar und basiert auf dem Open Source Rahmenwerk myWMS des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik. Die Zielgruppe besteht aus mittelständischen Softwarehäusern, die auf LOS aufbauend eigene, auch proprietäre Lösungen entwickeln, sowie aus Herstellern von Komponenten für Materialfluss- und Lagertechnik, die auf ihre Komponenten zugeschnittene Programme anbieten.

Mit der LOS-Kernapplikation lassen sich grundlegende logistische Funktionen wie das Verwalten von Artikeln, Beständen und Lagerplätzen oder die Steuerung von manuellen und automatisierten Transporten zu individuellen Logistik-Services zusammenbauen. Grundlegende Geschäftsprozesse wie Warenidentifikation, Einlagerung, Kommissionierung, Versand und Transport sind bereits abgebildet.

Gemäß einer modernen Mehrschichten-Architektur unterteilt sich die Gesamtapplikation in eine Präsentationsschicht, Applikationslogik und Persistenzschicht [3]. Applikations- und Persistenzschicht laufen in einem Applikationsserver. Als Präsentationsschicht kommen sowohl Webbrowser als auch leistungsfähige Client-Applikationen zum Einsatz. Rund um die Kernapplikation können Modulapplikationen gruppiert werden, um eine Kundenspezifische Lösung zu realisieren. Module stellen Dienste zur Verfügung bzw. konsumieren Dienste anderer Module (Abb. 3).

Es handelt sich bei LOS also nicht um eine Standard-Lösung, sondern um eine offene, erweiterungsfähige Kernapplikation. Durch die Verfügbarkeit erster vorhandener Module für den Logistikdienstleister wie Wareneingang, Kommissioniersteuerung, Staplerleitsystem oder webbasierte Prozesssteuerung durch mobile Endgeräte

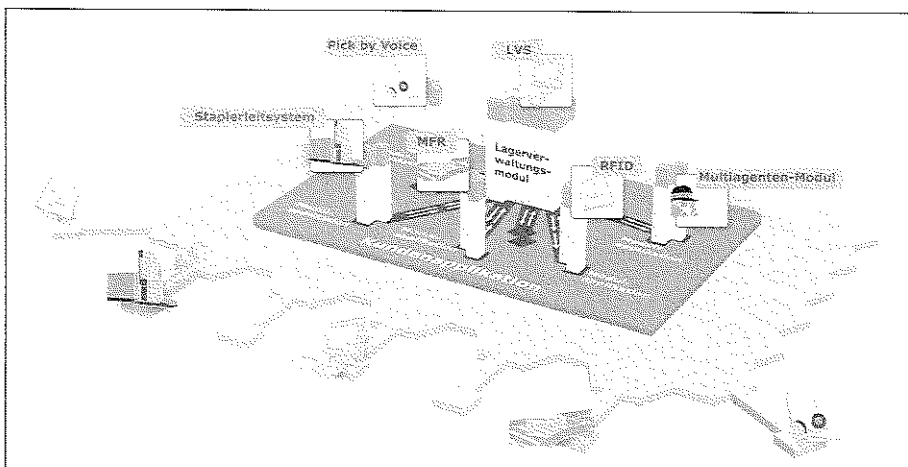


Abb. 3: Plattform LOS

gestaltet sich die Realisierung einer kundenspezifischen Lösung schnell und zuverlässig. Durch den Einsatz moderner, generischer Methoden der Softwareentwicklung wird der Aufwand für die verbleibenden und immer notwendigen Anpassungen an die Anforderungen des Kunden minimiert. Dadurch ist es möglich, die Vorteile einer Standardlösung mit den Vorteilen einer kundenspezifischen Realisierung zu verbinden, d.h. es entsteht eine schlanke Applikation, die keine unnötige Funktionalität enthält.

## Infrastruktur

LOS basiert auf dem J2EE 5 (Java Enterprise Edition in der aktuellen Version)-Standard. Damit ist ein hohes Maß an Integrationsfähigkeit gegeben. Es werden sowohl Open Source Projekte (beispielsweise JBoss Applikationsserver, Linux Betriebssystem, Postgres Datenbank) wie auch kommerzielle Lösungen (SAP Netweaver Applikationsserver, Windows XP Betriebssystem, Oracle Datenbank) unterstützt.

Ebenfalls unterstützt wird die Bereitstellung logistischer Dienste auf gängigen stationären und mobilen Plattformen. So ist beispielsweise auch die Datenerfassung über Java-kompatible Handys möglich. Neue, preiswerte und auf Datenvolumen basierende Tarife der Telekommunikationsanbieter ermöglichen es erstmalig, preiswerte Technologie zur Übertragung von Daten über öffentliche Funknetze zu nutzen und damit jeden User an praktisch jedem Ort zu integrieren – ein für die Verwaltung komplexer Supply Chains nicht zu unterschätzender Aspekt. Ein spezielles Augenmerk liegt deshalb auf der Integration mobiler Datenerfassungsgeräte mit grafikfähigem Display bzw. grafischer Benutzerschnittstelle, die aufgrund des eingesetzten Betriebssystems Java- und/oder Web-fähig sind und über WLAN und Bluetooth zur drahtlosen Kommunikation verfügen. Immer häufiger sind diese mobilen Datenerfassungsgeräte zudem mit integrierten RFID-Readern/Writern ausgestattet. Die Integration muss in einer Weise geschehen, die ein hohes Maß an Allgemeingültigkeit besitzt und dennoch unterschiedliche Geräte und Peripherie unterstützt, ohne aufwändige Installationen auf dem Gerät selbst vornehmen zu müssen. Reine Browserbasierte Lösungen bieten zwar die gewünschte Portabilität und Allge-

meingültigkeit, unterstützen jedoch häufig nicht die gerätespezifischen Eigenarten.

## RFID-Modul

Durch den Einsatz einer RFID-Middleware kann die Integration von RFID-Technologie stark vereinfacht werden. Die Aufgabe einer Middleware besteht darin, unterschiedliche Geräte steuerungstechnisch anzubinden und über eine abstrakte, einheitliche Schnittstelle einer überlagerten Steuerung darzustellen. Die verwendete Middleware besteht aus einer Geräteabstraktionsebene, die alle vorhandenen RFID Lese-/Schreibgeräte vernetzt. Diese Ebene ist so ausgelegt, dass Technologiestandards gemäß ISO/IEC berücksichtigt werden, aber auch proprietäre Schnittstellen (Treiber) programmiert und eingehängt werden können. Neben der Entgegennahme von Lese-/Schreibaufrufen und dem Versenden von spontanen RFID-Leseereignissen übernimmt die Middleware das Netzwerkmanagement (Anmelden, Abmelden, Erreichbarkeit von RFID-Geräten). Zur Kopplung des RFID-Moduls mit anderen Modulapplikationen stehen Webservices bereit. Durch die Middleware können mehrere physische Geräte zu einem logischen Gerät zusammengeschaltet werden. Jedes Leseereignis wird in einer Datenbank gespeichert, um später Abfragen zu ermöglichen. Reader, Tags und Tag-Inhalte werden über eine XML-Struktur spezifiziert um flexibel angepasst werden zu können.

## Potenzial und zukünftige Entwicklungen

Mit myWMS und LOS stehen erstmals Open Source Projekte für Materialfluss und Lagerverwaltung zur Verfügung. Mit der Veröffentlichung der LOS Kernapplikation soll eine breite Installationsbasis geschaffen werden. Für einen Einstieg in das Thema Open Source in der Logistik bietet sich das öffentliche Wiki <http://wiki.linogistixs.org> als Diskussionsforum an.

Die Verwendung von durchgängigen Standards und Open Source bietet Herstellern von Logistiksoftware und Anwendern gleichermaßen Vorteile:

- Zeitgewinn bei der Erstellung neuer Applikationen

- schnelle Anbindung an über-, unter- oder beigeordnete Systeme (SPS, E-Shop, ...)
- hohe Qualität (durch die Offenheit des Quellcodes werden Sicherheitslücken schnell erkannt)
- hohe Investitionssicherheit (durch Unabhängigkeit vom Anbieter)
- hohe Stabilität und Performance (durch eine breitere Installationsbasis)
- kostengünstige Total Cost Of Ownership (geringe oder keine Lizenzgebühren)
- kostenloser Support (in Foren oder Mailinglisten im Internet)

Um komplexe Software mit geringem finanziellem und technischem Aufwand betreiben zu können und so die Teilnahme am Internet der Dinge auch für kleinere Unternehmen zu ermöglichen, bietet sich das Application Service Providing (ASP) Modell an. Dieses Modell ist bereits seit einigen Jahren bekannt und hat sich in der Praxis bewährt. Auch im WMS-Umfeld gibt es hierzu Angebote. Eine besondere Anforderung besteht in der Einbindung unterlagerter Steuerungstechnik und prozessnaher Sensor- und Identensysteme. Der Anspruch, automatisierte und teilautomatisierte Läger in einer ASP-Lösung abbilden zu können, d.h. echtzeitnahe Steuerungsaufgaben zu übernehmen, kann heute mit der beschriebenen Technologie erfüllt werden.

Als Beispiel für einen durch die RFID-Technik einfach realisierbaren Service sei das Mehrwegbehälter-Management genannt: wenn die im Umlauf befindlichen Behälter mit einem wieder beschreibbaren Transponder ausgestattet sind, können alle für das Behältermanagement relevanten Daten, die im Laufe des Benutzungszyklus zu verschiedenen Zeitpunkten entstehen, auf den Transpondern gespeichert werden. Sie stehen somit auch dezentral, d.h. ohne Anfragen/Zugriffe auf zentrale Datenbankserver, zur Verfügung. Die RFID-Technologie ermöglicht neue Dienstleistungsangebote wie beispielsweise wertschöpfungskettenweite Verfolgung der Ladungsträger (Tracking + Tracing), Einsparungen beim Handling durch Pulkerfassung sowie das Sammeln und Verfügbarmachen von sicheren, dokumentierten Daten.

In Zusammenarbeit mit Partner aus dem Bereich Logistik-IT und Betreibern

von Rechenzentren sind solche Lösungen heute für den produktiven Einsatz realisierbar.

Die Komplexität und Dynamik der Logistiksoftware von Heute und Morgen macht es notwendig, über neue Wege nachzudenken. Wieder einmal zeigt uns das Internet, wohin die Reise gehen wird. Die Nutzung kollektiver Intelligenz und offener Rahmenwerke wie Wikipedia und Google Earth weisen den Weg in die Zukunft, ganz nach dem Motto von Graham Greene: „Wer mit offenen Karten spielt, hat gewöhnlich alle Trümpfe in der Hand.“

## Literatur

- \* ten Hompel, M (Herausgeber, Autor), Heidenbluth, V.: Taschenlexikon der Logistik, Springer, Berlin, 2005, ISBN 3-540-28581-4.
- \* Arnold, Dieter (Hrsg.), ten Hompel, M.: Das Internet der Dinge – Potenziale autonomer Objekte und selbstorganisierender Systeme in der Intralogistik. In: Intralogistik – Potenziale, Perspektiven-Prognosen. Springer-Verlag Berlin, ISBN 978-3-540-29657-7
- \* Bullinger, H.-J. (Herausgeber), ten Hompel, M. (Herausgeber, Co-Autor): [www.Internet-der-Dinge.de](http://www.Internet-der-Dinge.de), Springer, Berlin, 2006, ISBN 3540367292, Erscheinungsdatum: Dez. 2006.
- \* ten Hompel, M., Trautmann, A.: Modellierung prozessadaptiver Agenten zur Steuerung autonomer Lagerfahrzeuge. In: 3. Wissenschaftssymposium Logistik 2006, S. 40-54, BVL, Dortmund
- \* [www.linogistix.com](http://www.linogistix.com)
- \* [www.mywms.org](http://www.mywms.org)
- [1] Web Services sind internetbasierte Dienste zur Informationsübertragung, die über einen Uniform Resource Identifier (URI) identifizierbar und zumeist auf Basis von XML (Extensible Markup Language) definiert sind. Kerntechnologien für Web Services sind u. a. SOAP (XML-RPC, objektorientierte Kommunikation), WSDL (Methoden) und UDDI (Verzeichnisdienste) [Taschenlexikon Logistik].
- [2] Java ist eine betriebssystemunabhängige, objektorientierte Programmiersprache der Firma Sun Microsystems, Inc. Java Virtual Machines zum Interpretieren von Java-Programmen sind z. B. Bestandteil aller gängigen Browser. [Taschenlexikon Logistik]
- Dot.Net wurde kurz nach der Jahrtausendwende von der Firma Microsoft ins Leben gerufen. Dot.Net oder kurz .Net bezeichnet ein serviceorientiertes Ensemble von Technologien, Programmiersprachen, Kommunikationsstrategien und Produkten. Wesentliches Element ist das .Net Framework. Dabei handelt es sich um eine Schicht zwischen dem Betriebssystem (Windows) und den Anwendungen (Programmen). Dot.Net Programme setzen ein .Net Framework mit einer Framework Class Library (FCL) und eine Virtuelle Maschine (VM) als Laufzeitumgebung voraus.
- [3] Persistenz bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, Daten, Strukturen und Objekte dauerhaft zu speichern. In der Logistik erfolgt z. B. die Persistierung der Bestandsdaten eines Lagers in dem Datenbanksystem einer entspr. Lagerverwaltung.