

Adaption von Methoden des Soft

Das Institut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart beschäftigt sich mit den aktuellen Anforderungen an die Modellierung und Beschreibung von logistischen Systemen, vor allem von Distributionssystemen. Da bei diesen Systemen erheblich gestiegene Anforderungen an Flexibilität, Komplexität und Dynamik feststellbar sind, erhöhen sich auch die notwendigen Funktionsumfänge bei der formalen Beschreibung. Eine ähnliche Entwicklung ist bei der Konzeption und Umsetzung von Softwareprodukten zu beobachten; hier werden Beschreibungssprachen entwickelt, die einen Produktplanungsprozess von der Startphase bis zur Umsetzung begleiten. Nachfolgend werden die Möglichkeiten diskutiert, Sprachen aus der Informatik bzw. aus dem Systems Engineering auf die Beschreibung logistischer Systeme zu adaptieren.

- Karl-Heinz Wehking
- Dirk Marrenbach
- Daniel Neuhäuser

Wachsende Dynamik, Turbulenz und Komplexität

Die Distributionslogistik stellt mit ihren Dienstleistungen und Systemen die Just-in-Time- und Just-in-Sequence-Versorgung der Produktion sicher und sorgt in der Supply-Chain für eine schnelle, zuverlässige Belieferung von Handel und Endkunden. Das Umfeld heutiger Logistikunternehmen ist durch eine stetige Verkürzung der Produktlebenszyklen, eine rasant wachsende Anzahl an Produktvarianten und einen beschleunigten technischen Fortschritt geprägt. Die Globalisierung und Liberalisierung der Märkte haben den Unternehmen einerseits neue Absatz-, Produktions- und Beschaffungsmärkte eröffnet, andererseits aber auch neue Konkurrenten auf den angestammten Märkten beschert. Die gestiegene Anzahl von Produkten und Dienstleistungen hat zum Wandel vom angebotsorientierten Produzentenmarkt zum nachfrageorientierten Käufermarkt geführt.

Folgen dieser Entwicklungen sind ein steigender Zeit-, Qualitäts- und Kostendruck. Auf diesen stärkeren Verdrängungswettbewerb haben die Unternehmen mit einer Individualisierung ihres Produktangebots reagiert. Den Kunden reicht es nicht mehr, ihre Bedürfnisse aus einem Sortiment von Produktvarianten zu befriedi-

gen, sondern sie verlangen nach kundenspezifisch individuell gefertigten Produkten, die ihren wachsenden Ansprüchen genügen. Produktions- und Logistikunternehmen agieren in einem Umfeld, das durch eine erhöhte Dynamik und Turbulenz bei abnehmender Transparenz der Märkte gekennzeichnet ist.

Die permanente Beobachtung der Märkte sowie die ständige Optimierung und (Weiter-)Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen führen zu einem Anstieg der Marketing-, Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen sowie zu wachsenden Investitionen in wandlungsfähige Produktions- und Logistiksysteme. Aus diesen erhöhten Anforderungen entwickeln sich sehr effiziente und flexible Systeme, die trotz zunehmender Variantenvielfalt und verkürzter Produktionszyklen eine gesteigerte Produktivität aufweisen. Infolge dessen ist ein Übergang von einer funktional gegliederten, hierarchisch strukturierten Organisation über die Prozessorganisation zur dezentralen Organisation zu beobachten [1].

Kennzeichen zukunftsfähiger Produktions-, Logistik- und Distributionssysteme ist eine erhöhte Flexibilität, die eine dynamische Anpassung an Veränderungen ermöglicht. Flexible Produktions- und Logistiksysteme werden nicht länger als ein starres Netzwerk aufgefasst, sondern sind als temporäres Netzwerk von zielgerichtet handelnden Individuen anzusehen, die sich sowohl auf Makrosystemebene als auch auf Mikrosystemebene temporär zusammenschließen. Die kontinuierliche Anpassung von Produkten, Logistik- und Produktionssystemen setzt die Fähigkeit zur permanenten Planungsbereitschaft in einem Unternehmen voraus und muss durch geeignete Modelle und Methoden zur Analyse, Gestaltung und Optimierung unterstützt werden, die zu einer signifikanten Verkürzung und Vereinfachung des Entwicklungsprozesses beitragen.

Entwicklung nach dem Vorbild natürlicher Systeme

Eine vielschichtige Hierarchie von stabilen Subsystemen (Komponenten, Zellen, Elementarteilchen) charakterisiert komplexe natürliche oder künstliche Systeme. Daher werden flexible Systeme analog zu biologischen Systemen aus stabilen, in ihren Eigenschaften und ihrem Verhalten bekannten Subsystemen aufgebaut, die eine gestellte Aufgabe durch koordiniertes Interagieren erfüllen. Der Aufbau dieser flexiblen Systeme geschieht aufgrund der bekannten Eigenschaften und Verhaltensweisen nach vordefinierten Regeln. Die Interaktionen zwischen den einzelnen Subsystemen

folgen den vorgegebenen Mustern. Diese Grundstruktur komplexer biologischer Systeme ist ebenfalls auf Produktions- und Logistiksysteme anwendbar [2 bis 5].

Ein Logistiksystem kann somit als heterogenes Netzwerk aus Gütern, stationären und beweglichen Hardware- sowie Softwarekomponenten aufgefasst werden, die durch zielgerichtetes Handeln an sie gerichtete Aufgaben (Aufträge, Veränderungen) bewältigen. Damit tritt die Interaktion zwischen den Komponenten als neuer Modellierungsgegenstand in den Vordergrund, der bisher nur unzureichend durch Informations- oder Wissensflüsse abgebildet worden war. Die Autonomie von Komponenten, d. h. das selbstständige Entscheiden auf Basis eines eigenen Zielsystems und einer (eingeschränkten) Umweltwahrnehmung, löst die starre hierarchische Entscheidungsstruktur traditioneller Organisation ab und ist die Voraussetzung zur Entwicklung wandlungsfähiger selbststeuernder Systeme.

Komplexität, Turbulenz und Dynamik im Software-Engineering

Das Software-Engineering befasst sich seit den 60er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts mit der Entwicklung von Modellen und Methoden zur Analyse, zum Design, zur Implementierung und zum Testen von Softwaresystemen. Ziel des Software-Engineering ist es, dem Software-Entwickler Methoden und Modelle zur Verfügung zu stellen, die das effiziente Handling des Software-Life-Cycles ermöglichen. Im Mittelpunkt der Methoden- und Modellentwicklung steht der Softwareentwicklungsprozess. Auf Grundlage eines Vorgehensmodells werden in einem Softwareentwicklungsprozess zielgerichtet Methoden und Modelle zur Analyse des Anwendungssystems, zum Design der Anwendung, zur Implementierung der Anwendung sowie zum Testen der entwickelten Anwendung eingesetzt.

Mit dem Model Driven Development (MDD) hat die Object Management Group (OMG) einen Softwareentwicklungsprozess vorgestellt, bei dem das zu entwickelnde Softwaresystem direkt aus den beschreibenden Modellen implementiert wird. Das zu entwickelnde Softwaresystem wird in einem ersten Entwicklungsschritt vollständig mit Hilfe von Modellen, beispielsweise der Unified Modelling Language (UML), beschrieben und nach erfolgreichen Tests in einem zweiten Schritt mit Hilfe von Modelltransformatoren in Programmcode überführt. Grundlage für die modellgetriebene Entwicklung

ware-Engineering

der OMG ist die Model Driven Architecture (MDA). Die MDA beschreibt eine Hierarchie von Metamodellen bzw. Metamodellierungssprachen, mit denen Modelle zur Softwareentwicklung erarbeitet werden können.

Die Unified Modelling Language und das Business Process Model (BPM) sind zwei Beispiele für Fachmodelle, die eine bestimmte Domäne, die Entwicklung objektorientierter Software und die Geschäftsprozessmodellierung, unabhängig von der späteren Umsetzung in Java oder C++ beschreiben. Die UML ist darüber hinaus auf die Strukturen der MDA und MDD abgestimmt. Vorteil dieser Vorgehensweise gegenüber früheren Softwareentwicklungsprozessen ist die Trennung von Fach- und Implementierungsmodellen. Änderungen am Softwaresystem werden ausschließlich in das Fachmodell eingepflegt und automatisch in den Code übertragen. Durch diese Trennung können zur Analyse und zum Design Modelle verwendet werden, die speziell zur Abbildung einer Domäne entwickelt worden sind [6].

Die MDD und die MDA können als Vorbild zur Entwicklung eines modellgetriebenen Entwicklungsprozesses für Logistiksysteme dienen. Zur Abbildung von Logistiksystemen fehlen vor allem geeignete Fachmodelle, die eine ganzheitliche Abbildung analog zur UML ermöglichen. Gefragt ist folglich eine Untersuchung, die die UML auf Nutzbarkeit zur Beschreibung dieser Systeme analysiert. Im Fokus einer Weiterentwicklung des MDD/MDA-Ansatzes für Logistiksysteme stehen die Entwicklung, Erweiterung und Vernetzung von bestehenden Fachmodellen unterschiedlicher Disziplinen, wie beispielsweise Maschinenbau, Elektrotechnik, Automatisierungstechnik oder Betriebswirtschaftslehre, zu einem einheitlichen Modellsystem für die Logistik.

Bestehende Fachmodelle der Logistik

Zur Modellierung von Systemen, Funktionen und Prozessen von Logistiksystemen wird derzeit eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren eingesetzt, die für einen

bestimmten Aufgabenkontext entwickelt worden sind. Ein durchgängiger Modellierungsansatz zur ganzheitlichen Beschreibung von Logistiksystemen ist nicht bekannt [7].

Die Zweckbezogenheit von Modellen schränkt die Wiederverwendbarkeit in anderen System- und Aufgabenkontexten ein. Dementsprechend sind bewährte Modelle zur Abbildung von Logistiksystemen, wie beispielsweise das Stuttgarter Netzwerkmodell der Logistik (SNL), das Dortmunder Prozesskettenparadigma oder die Ereignisorientierte Prozesskette (EPK), auf ihre Einsatzfähigkeit im neuen Kontext, der Abbildung von temporären Netzwerken (Schwärmen) autonom agierender Einheiten, zu überprüfen. Die am Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) der Universität Stuttgart entwickelten Methoden und Modelle der Logistiksystemplanung fassen Logistiksysteme als ein Netzwerk gekoppelter Material-, Informations- und Werteflüsse auf. Entsprechend diesem Modellierungsansatz beschreibt das SNL das Verhalten eines Logistiknetzwerks mit Hilfe

		Materialfluss	Informationsfluss	Wertefluss
I	Netz- element	– Linearförderer – Hubtisch – Transportfahrzeug	– Verbindungskabel – Lichtwellenleiter – Funkfrequenz – IR-Strecke	– Geschäftsverbindung – Bankverbindung
○	Knoten	– Transportknoten – Übergabepunkt – Abgabepunkt	– Sendegerät – Empfangsgerät	– Buchungsstelle
II	Brücke	– Stapler, Hebezeug – Kran – Verladebrücke	– D/A-Wandler – Kryptograph	– Devisentausch – Überweisung
	Lager	– Lager	– Festplatte	– Konto
	Terminal	– Bahnhof – KV-Terminal	– Host – Vermittlungsstelle	– Bank

Basiselemente des Stuttgarter Netzmodells der Logistik (Bild: IFT)

von fünf generischen Prozessen (Bild 1) [8]. Zur Abbildung von Logistiksystemen, die in Form von temporären Netzwerken bzw. Schwärmen organisiert sind, erfordert dieser Modellierungsansatz Erweiterungen

- ▶ zur Abbildung selbstständig agierender logistischer Einheiten (analog zu Fraktalen, Holonen, Modelons oder Agenten)
- ▶ zur standardisierten Beschreibung von Schnittstellen (Ports für ein- und ausgehende Informations- und Materialflussobjekte) und Interaktionen zwischen den autonomen Einheiten (Verhandlungs- und Kommunikationsprotokolle) sowie
- ▶ zur Abbildung von Anforderungen an Logistiksystem (Grenzleistungen, Flächenrestriktionen o. ä.).

Die ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) und die davon abgeleiteten Entwicklungen, wie die erweiterte EPK oder die Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS), bilden eine Möglichkeit, Prozesse eines Unternehmens darzustellen. ARIS ist hier die umfangreichste Entwicklungsstufe mit verschiedenen Sichten auf das untersuchte System [9]. Jedoch steht einerseits eine betriebswirtschaftliche Sicht im Vordergrund, und andererseits können die abgebildeten Systeme nur begrenzt auf dynamische Wechselwirkungen untersucht werden. Das bedeutet, dass sich ein autonomes System bzw. die Interaktion der unterschiedlichen Systemkomponenten nicht modellieren lassen. Auch das Dortmunder Prozesskettenparadigma [10] bietet eine Möglichkeit, Unternehmensprozesse zu modellieren und abzubilden. Jedoch gelten im Wesentlichen die gleichen Kritikpunkte wie zum ARIS-Modell; hier sei aber angemerkt, dass die oben beschriebenen Ansätze auch nicht für die Modellierung temporärer Netzwerke mit autonomen Einheiten entwickelt worden sind.

Eine nähere Betrachtung der UML zeigt auch, dass diese Sprache nicht für die ganzheitliche Beschreibung logistischer Systeme gedacht ist. Der Anspruch der UML besteht nicht darin, die Verbindung Software-Hardware-Mensch zu beschrei-

ben [11]. Zur Abbildung von Spezialfällen wurde aus der UML eine Vielzahl von Erweiterungen abgeleitet – als Beispiele seien hier die Agent UML (AUML) und die UML für Echtzeitsysteme aufgeführt. Die AUML unterstützt die Modellierung von Agenten und damit von autonom agierenden Einheiten.

Ein entscheidender Entwicklungsschritt ist die Definition und Standardisierung der Systems Modelling Language (SysML), die nicht nur eine Weiterentwicklung darstellt, sondern eine Fokussierung der UML auf die Belange des Systems-Engineering mit sich bringt [11]. Nicht alle Modellelemente der UML sind in die SysML übernommen worden. Mit der SysML wurde der Schritt von der Software- zur Systemorientierung vollzogen. Eine Adaption der SysML auf die Modellierung logistischer Systeme ist bisher noch nicht vorgenommen worden.

Resümee und Ausblick

Komplexe Distributionssysteme werden nicht mehr sequentiell, sondern wegen der immer knapperen Zeitvorgaben simultan in interdisziplinären Teams entwickelt. Die Methoden und Modelle des Systems-Engineering bieten eine domänenunabhängige Plattform zur Handhabung von komplexen Systemen und damit zur Schaffung eines einheitlichen Systemverständnisses, die das Arbeiten in interdisziplinären Teams erleichtert. Die Modellierung unterschiedlicher Logistiksysteme ist mit herkömmlichen Methoden, z. B. mit den zahlreichen Erweiterungen der UML bzw. SysML, grundsätzlich umsetzbar. Allerdings fehlt eine ganzheitliche Sprache, die eine durchgängige Modellierung von Logistiksystemen ermöglicht, ohne zwischen spezialisierten Modellierungsmethoden wechseln zu müssen. Die Umsetzung und Standardisierung dieses Ansatzes ist aus der Sicht des IFT eine der großen Herausforderungen der Logistik. Deshalb wird in den nächsten Monaten vertieft an entsprechenden Forschungsprojekten gearbeitet werden. □

Literatur

- [1] Neef, A.; Burmeister, K.: Die Schwarm-Organisation – Ein neues Paradigma für das e-Unternehmen der Zukunft. In: Kuhl, B.; Thielmann, H. (Hrsg.): Real-Time Enterprise in der Praxis – Fakten und Ausblick. Berlin: Springer-Verlag 2005.
- [2] Kelly, K.: Das Ende der Kontrolle – Die biologische Wende in Wirtschaft, Technik und Gesellschaft. Köln: Bollmann-Verlag 1997.
- [3] Köstler, A.: The Ghost in the Machine. London: Arcana Books 1967.
- [4] Warncke, H.-J.: Revolution der Unternehmenskultur – Das Fraktale Unternehmen. Berlin: Springer-Verlag 1993.
- [5] Warncke, H.-J.; Braun, J. (Hrsg.): Vom Fraktal zum Unternehmensnetzwerk – Unternehmenskooperationen erfolgreich gestalten. Berlin: Springer-Verlag 1999.
- [6] www.omg.org; Zugriff: 28.04.2008, 16.45.
- [7] Arnold, D. (Hrsg.): Intralogistik – Potentiale, Perspektiven, Prognosen. Berlin: Springer-Verlag 2006.
- [8] Roos, H.-J.: Verbesserung der Kleinteilelogistik durch konsequente Anwendung des VDA-Kleinladungsträgers nach DIN 30820. Renningen: expert-verlag 1995.
- [9] Seidlmeier, H.: Prozessmodellierung mit ARIS. 2. Auflage. Wiesbaden: Vieweg & Sohn Verlag 2006.
- [10] Käppner, M.; Laakmann F.; Stracke, N.: Dortmunder Prozesskettenparadigma – Grundlagen. Technical Report 02005 SFB 559, 2002; www.sfb559.uni-dortmund.de/download.php?id=559; Zugriff: 06.05.2008, 11.00.
- [11] Weiikiens, T.: Systems Engineering mit SysML/UML. 1. Auflage. Heidelberg: Dpunkt-Verlag 2006.

Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking
ist Leiter des Instituts für Fördertechnik und Logistik (IFT) der Universität Stuttgart



Dipl.-Ing. Dirk Marrenbach
ist Mitarbeiter der Abteilung Logistik am IFT der Universität Stuttgart



Dipl.-Logist. Daniel Neuhäuser
ist Mitarbeiter der Abteilung Logistik am IFT der Universität Stuttgart

