

ALEM-C: Ein Vorgehensmodell für die Konfiguration der Infrastruktur selbststeuernder logistischer Prozesse

Prof. Dr.-Ing. Bernd Scholz-Reiter

Dipl.-Ing. Steffen Sowade

Dipl.-Inf. Daniel Rippel

Intelligente Planungs- und Steuerungssysteme, BIBA – Bremer Institut für
Produktion und Logistik GmbH an der Universität Bremen

Hochschulring 20, 28359 Bremen

{bsr, sow, rip}@biba.uni-bremen.de

Zusammenfassung. Die Selbststeuerung logistischer Prozesse ist ein Konzept zur Erhöhung der Flexibilität und der Robustheit logistischer Systeme gegenüber Schwankungen von Kapazitätsverfügbarkeit und -bedarf. Hierzu werden logistische Objekte mit Kompetenzen zur dezentralen Entscheidungsfindung und -ausführung ausgestattet. Die Kompetenzen werden mittels zusätzlicher Infrastrukturkomponenten aus Hardware und Software realisiert und befähigen logistische Objekte zur selbstständigen Erfüllung von Kundenaufträgen, ohne dass sie dazu der Unterstützung durch zentrale Planungs- und Steuerungssysteme bedürfen. Da bei der Auswahl der Komponenten viele domänenspezifische Anforderungen berücksichtigt werden müssen und etliche Infrastrukturkonfigurationen möglich sind, präsentiert der Beitrag ein dreiphasiges Vorgehensmodell, das den Prozess der Infrastrukturkonfiguration strukturiert. Das Modell kombiniert allgemeine Gestaltungskonzepte von Vorgehensmodellen zu einem neuen, den Anforderungen an selbststeuernde logistische Steuerungssysteme entsprechenden Vorgehensmodell. Weiterhin werden die Auswirkungen der organisatorischen Unabhängigkeit von Modellierungsinstanzen beschrieben und Mechanismen für eine kollaborative Konfiguration der Infrastrukturkomponenten vorgestellt.

1. Einleitung

Die Effizienz produktions- und transportlogistischer Prozesse ist für die Profitabilität von Unternehmen von entscheidender Bedeutung. Daher nutzen sie zum Management ihrer logistischen Zielerreichung umfangreiche Planungs- und Steuerungssysteme (PPS) [11]. Heute sind zentralisierte PPS-Systeme vielfältig im Einsatz und liefern generell gute Ergebnisse. Dies gilt jedoch nicht, wenn unvorhergesehene Schwankungen von Kapazitätsangebot oder -nachfrage, z. B. durch Maschinenaus-

fälle oder Eilaufträge, auftreten. Daher erforschen Wissenschaftler die Selbststeuerung logistischer Prozesse als alternatives Steuerungskonzept. Bisherige Forschungsergebnisse zeigen, dass selbststeuernde Prozesse fähig sind, solche Schwankungen besser zu bewältigen [22]. Die Flexibilität und die Robustheit logistischer Prozesse wird durch den Einsatz intelligenter logistischer Objekte, welche ihre Prozesse lokal selbst kontrollieren, erhöht [5]. Dazu werden diese Objekte mit Fähigkeiten zum Treffen und Ausführen von Entscheidungen ausgestattet. Die hierzu erforderlichen Hard- und Softwarekomponenten bilden die Infrastruktur des Steuerungssystems selbststeuernder logistischer Prozesse [20]. Diese wird von Logistikprozessexperten aus geeigneten Komponenten konfiguriert und muss alle szenariospezifischen Aspekte erfüllen.

Am Beispiel eines Bekleidungsherstellers wurden verschiedene Optionen für die Gestaltung der Infrastruktur selbststeuernder logistischer Prozesse in der Produktion diskutiert [18]. Hierbei wurde eine hub-artige Architektur des Steuerungssystems als günstig bestimmt, da nicht jedes Textilpanel in der Produktion mit geeigneten Infrastrukturkomponenten ausgerüstet werden kann. Stattdessen wurde vorgeschlagen, einzelne Lose von Textilpanelen mittels intelligenter Handwagen durch die Produktion zu führen (Abbildung 1). Die Hardware- und Softwareinfrastruktur des dezentralen Steuerungssystems befindet sich in einer Smart Box die an den einzelnen Handwagen und Arbeitsstationen angebracht ist. Die Smart Box an einem Handwagen übernimmt als Agent die Steuerungsaufgaben für das transportierte Los. Dazu verfügt diese Smart Box über eine Kommunikationsfunktion mit der sie von anderen intelligenten logistischen Objekten für das Los geltende Ziele, Zielfunktionen und erforderliche Eingabegrößen für die Auswahl von Arbeitsstationen erhalten und eine Arbeitsstation für den nächsten Arbeitsgang reservieren kann. Weiterhin kann eine Smart

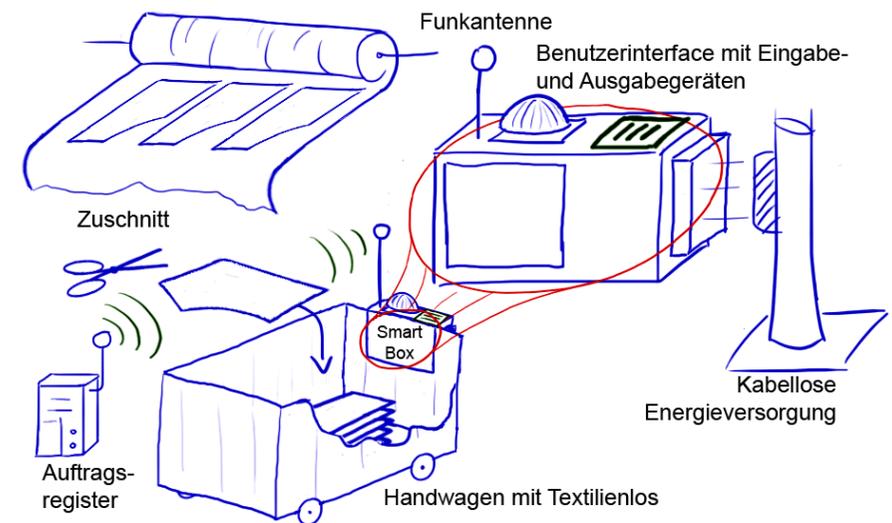


Abbildung 1 Dezentrale Produktionssteuerung in der Bekleidungsproduktion mit intelligenten selbststeuernden Handwagen [18]

Box die erhaltenen und selbst generierten Informationen als Historie über den Fertigungsprozess des transportierten Loses speichern. Neue Aufträge werden von einem Auftragsregister an die Smart Box eines Transportwagens übermittelt und damit in die Produktion eingelastet. Mit der Wahl der beschriebenen hub-artigen Steuerungssystemarchitektur sind Art und Verteilung der Steuerungsfunktionalitäten beschrieben, nicht aber die zu deren Realisierung erforderlichen Infrastrukturkomponenten selbststeuernder logistischer Prozesse ausgewählt. Hierbei spielen u.a. das Fabriklayout, die Art der zu produzierenden Güter und technologische Möglichkeiten eine wesentliche Rolle. Darüber hinaus eignet sich eine Vielzahl an Komponenten zur Realisierung der Funktionen selbststeuernder logistischer Objekte, wobei jedoch Logistikprozessexperten nicht zwangsläufig alle in Frage kommenden Technologien und Komponenten kennen bzw. beurteilen können.

Folglich ist die Aufgabe der Konfiguration der Infrastruktur solcher selbststeuernden logistischen Prozesse ist komplex. Vor diesem Hintergrund benötigen Logistikprozessexperten ein Vorgehensmodell, welches die Konfigurationsaufgabe strukturiert und sicherstellt, dass die gewählte Infrastruktur des Steuerungssystems allen szenariospezifischen Aspekten gerecht wird. Ein solches Vorgehensmodell existiert in der Anwendungsdomäne selbststeuernder logistischer Prozesse bisher nicht.

Die nachfolgenden Kapitel sind wie folgt strukturiert: Kapitel 2 führt das Konzept der Selbststeuerung logistischer Prozesse und ihrer Modellierung ein. Im dritten Kapitel werden das Logistikverständnis, die Bedeutung der organisatorischen Unabhängigkeit von Modellierern und die Infrastruktur des Kontrollsystems selbststeuernder logistischer Prozesse beschrieben. Kapitel 4 subsummiert Strukturmerkmale von Vorgehensmodellen und stellt ein neues domänenspezifisches Vorgehensmodell für die Konfiguration der Infrastruktur selbststeuernder logistischer Prozesse vor. Hierbei werden Möglichkeiten zur Berücksichtigung der zuvor genannten Anforderungen an dessen Kollaborationsfähigkeit aufgezeigt. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse und gibt einen Ausblick auf zukünftige Forschungsarbeiten.

2. Selbststeuerung

2.1. Definition

Die Selbststeuerung logistischer Prozesse ist ein Konzept zur Bewältigung steigender Komplexität und Dynamik in logistischen Systemen [22]. Es sieht die Verwendung intelligenter logistischer Objekte als Systemelemente vor, die selbstständig Informationen verarbeiten sowie Entscheidungen treffen und ausführen können [5]. Konkret wird Selbststeuerung definiert als “processes of decentralized decision-making in heterarchical structures. It presumes interacting elements in non-deterministic systems, which possess the capability and possibility to render decisions independently. The objective of Autonomous Control is the achievement of increased robustness and positive emergence of the total system due to distributed and flexible coping with dynamics and complexity.” [5]. Die Präsenz von Entscheidungsalternativen ist die wichtigste Voraussetzung für die Entscheidungsfähigkeit der logistischen Objekte

[16]. Zusätzlich erfordern die Objekte Wissen über Entscheidungsmethoden und -algorithmen sowie über umgebungs- und objektspezifische Eigenschaften.

2.2. Modellierung mit ALEM

Um Logistikprozessexperten die Modellierung selbststeuernder logistischer Geschäftsprozesse zu ermöglichen, wurde die Autonomous Logistics Engineering Methodology (ALEM) entwickelt [17], [9]. Sie beinhaltet eine Notation, ein strukturierendes Sichtenkonzept und ein Vorgehensmodell. Darüber hinaus wird der ALEM Modellierungsprozess durch eine Entscheidung für eine Art von Systemarchitektur und die Auswahl szenariospezifischer Infrastrukturkomponenten bestimmt. ALEM integriert alle zugehörigen Methoden in ein Softwaretool, das Logistikprozessexperten durch den Prozess der Systemmodellierung leitet. ALEMs Notation basiert auf der Unified Modeling Language (UML) und verwendet zusätzlich Wissenslandkarten sowie Layout- und Produktstrukturdiagramme zur Beschreibung selbststeuernder logistischer Geschäftsprozesse [19], [21]. Ein mehrgliedriges Sichtenkonzept reduziert die Modellkomplexität [16], [14]. Jede Sicht zeigt lediglich einzelne Aspekte des Gesamtmodells und ermöglicht so die Gestaltung weniger komplexer Teilmodelle [15]. Die Hauptsichten beschreiben die Struktur, das Wissen, die Fähigkeiten, die Prozesse und die Kommunikation der Modellelemente. Weitere Sichten unterscheiden statische und dynamische Teilmodelle sowie Mikro- und Makroaspekte. Das ALEM Vorgehensmodell unterstützt Logistikprozessexperten bei der Modellierung selbststeuernder logistischer Geschäftsprozesse [9]. Seine acht Schritte beschreiben jeweils einen Aspekt selbststeuernder Prozesse. Obwohl das Vorgehensmodell eine feste Abfolge der einzelnen Schritte zeigt, dürfen Modellierer begründet davon abweichen. Eine solche Veränderung hängt u. a. davon ab, ob top-down oder bottom-up modelliert wird. Soll bspw. eine bestimmte Selbststeuerungsmethode verwendet werden, muss der Entscheidungsprozess vor der Modellierung der Objektfähigkeiten gestaltet werden. Weiterhin sind Rückkopplungen auf vorhergehende Modellierungsschritte erlaubt, um diese Schritte im Bedarfsfall mit neuen Aspekten erweitern zu können.

3. Logistik

3.1. Logistikverständnis

Räumlich-zeitliche Transfers, wie Transport, Umschlag und Lagerung, sind die Kernfunktionen logistischer Systeme [3], [12]. Ihre Systemelemente können als funktionale, instrumentelle und institutionale Designelemente interpretiert und die räumlich-zeitlichen Transfers der Objekte als Logistik verstanden werden. Die involvierten Objekte werden logistische Objekte genannt. Es handelt sich um materielle und immaterielle Ressourcen sowie um Güter aller Fertigstellungsgrade. Verkettete logistische Transferaktivitäten bilden logistische Prozesse, wobei Transfers die Beziehungen zwischen den Objekten ausdrücken. Die transferspezifischen Eigenschaften spezifizieren die Material- und Informationsflüsse innerhalb logistischer Netzwerke. Qualitative Transformationen logistischer Objekte z. B. Reifeprozesse und Fertigungspro-

zesse sind ebenso relevant, werden von [3] und [12] jedoch vernachlässigt. Im Logistikverständnis dieses Beitrags sind sie explizit eingeschlossen. Die Funktionen logistischer Systeme lassen sich in einem Schichtenmodell anordnen. Die unterste Schicht enthält die räumlich-zeitliche Transferfunktion. Die mittlere Schicht beinhaltet die Koordinationsfunktionen für die Maximierung der logistischen Zielerreichung. Sie enthält damit das Steuerungssystem für die logistischen Prozesse. Strategische Aspekte und das Management bilden die oberste Schicht [3], [12].

3.2. Organisatorische Unabhängigkeit

Ein weiteres Charakteristikum logistischer Systeme stellt die organisatorische Unabhängigkeit miteinander kooperierender Unternehmen dar. Einerseits verwenden Unternehmen eine Vielzahl von Prozessen, um Güter zu produzieren. Andererseits spezialisieren sie sich entsprechend ihrer technologischen und ökonomischen Fähigkeiten auf die Herstellung ausgewählter Güter. Hierzu organisieren sie sich u. a. in Supply Chains [23], Produktionsnetzwerken oder virtuellen Unternehmen, sind aber weiterhin voneinander organisatorisch unabhängig und verfolgen eigene Ziele [2]. Unternehmen offenbaren zu Abstimmungszwecken innerhalb einer Supply Chain für gewöhnlich keine oder nur wenige Informationen über interne Abläufe und Ziele. Stattdessen tauschen sie Informationen in Form von Aufträgen aus. Die Aktivitäten solcher Supply Chains sind Prozesse der einzelnen Unternehmen, die weder für ihre Partner verantwortlich sind, noch die Macht haben, deren interne Prozesse zu bestimmen. Der Einsatz von Selbststeuerung führt in diesem Kontext sowohl zu einer Erhöhung der Komplexität auf der Ebene der Systemelemente und des dynamischen Verhaltens des Gesamtsystems [24] als auch zu einer Erhöhung der Komplexität der kollaborativen Interaktionsprozesse zwischen den Unternehmen.

3.3. Infrastruktur selbststeuernder logistischer Prozesse

Die Infrastrukturkomponenten selbststeuernder Prozesse werden von der Koordinationsfunktion des logistischen Kontrollsystems abgeleitet und nach den drei Systemschichten selbststeuernder logistischer Systeme geordnet [20]. Sie erweitern logistische Objekte um Hardware- und Softwarekomponenten zur Informationsbeschaffung, -verarbeitung und -verteilung sowie um höherwertige Funktionen, wie Entscheidungsfindung und -ausführung. Jede Systemschicht benötigt unterschiedliche Infrastrukturkomponenten zur Realisierung ihrer Koordinationsfunktionen. Die Komponenten adressieren primär eine Schicht, ragen aber auch in benachbarte Schichten hinein. Die Managementerschicht umfasst Algorithmen und Regeln, wie Entscheidungsfunktionen und -strategien. Sie bestimmen die Art der Informationsverarbeitung in der zweiten Schicht, wo vor allem Komponenten zum Sammeln, Verarbeiten und Verteilen von Informationen, d. h. zur Entscheidungsfindung, beschrieben sind. Die unterste Ausführungsschicht enthält Komponenten zur Interaktion mit der Umgebung, z. B. Sensoren und Aktoren. Die zusätzlichen Komponenten bilden kleine Computersysteme, welche in die logistischen Objekte und somit in das Gesamtsystem eingebettet sind. Deshalb stellen selbststeuernde logistische Kontrollsysteme eine Form eingebetteter Systeme dar [7]: Sie sind Teil größerer Systeme, realisieren

dezidierte Funktionen und besitzen sensorische und aktorische sowie Rechen- und Kommunikationsfähigkeiten [6]. Für die Modellierung und den Entwurf selbststeuernder logistischer Prozesse, die organisatorisch unabhängige Unternehmen umfassen, stellt die Konfiguration der Infrastruktur ein besonderes Problemfeld dar, welches in einem eigenen Abschnitt (4.3.) näher charakterisiert wird.

4. Vorgehensmodelle

4.1. Allgemeine Strukturmerkmale

Vorgehensmodelle strukturieren die zur Erreichung eines Ziels erforderlichen Schritte hinsichtlich Inhalt, Aufbau und Bearbeitungsreihenfolge, wobei die einzelnen Schritte wiederum zu Phasen subsumiert werden können. Sie stellen die Lösungsfindung einerseits abstrakt dar, sind aber andererseits umso mächtiger, je stärker sie die Spezifika der jeweiligen Anwendungsdomäne berücksichtigen und je umfangreicher die einzelnen Schritte methodisch ausgestaltet sind. Die bei der Domänencharakterisierung vorhandenen Freiheitsgrade erlauben die Entwicklung unterschiedlicher Vorgehensmodelle, weswegen die Charakterisierung der Anwendungsdomäne die wichtigste Grundlage für die Entwicklung von Vorgehensmodellen ist.

Vorgehensmodelle setzen jeweils unterschiedliche Mechanismen zur Strukturierung, Detaillierung und Qualitätssicherung der Ergebnisse der Schritte sowie des Gesamtmodells ein [10]. Schritte und Phasen liefern wichtige Teilergebnisse des gesamten Lösungsfindungsprozesses. Vorgehensmodelle unterscheiden sich in der Anzahl, den Inhalten und den Verbindungen von Schritten und Phasen. Beim top-down-Ansatz werden Schritte und Phasen durch Rekursionen detailliert. Im Gegenzug abstrahieren bottom-up-Modelle Teilschritte in übergeordnete Schritte [8]. Der Umfang an Mechanismen zur Qualitätssicherung der Ergebnisse von Schritten und Phasen schwankt zwischen keinen Mechanismen, einer reinen Definition von Ergebnistypen bis hin zu konkreten Methoden [1]. Zusätzlich bedarf jede Qualitätssicherung eines strukturierten Problemlösungsprozesses eines Messsystems, mit dem die Anforderungen an die Ergebnisse mit den erreichten Ergebnissen verglichen werden können. Treten Mängel in den Ergebnissen auf, können einzelne Schritte und Phasen wiederholt werden, um die Lösung inkrementell zu verbessern. In schwerwiegenden Fällen kann eine Wiederholung des gesamten Vorgehens notwendig sein. Andernfalls genügt es, einige ausgewählte Schritte zu wiederholen [9].

4.2. Vorgehensmodell zur Konfiguration der Infrastruktur

Die vorangegangenen Kapitel führten das Konzept der Selbststeuerung logistischer Prozesse ein. Die logistischen Objekte benötigen in Abhängigkeit von der gewählten Kontrollstrategie und der Architektur des Steuerungssystems unterschiedliche Infrastrukturkomponenten. Die Aufgabe, aus einer Vielzahl möglicher Komponenten eine gültige Infrastruktur zu konfigurieren, ist komplex und daher für Logistikprozessexperten schwierig. Deshalb stellt dieser Abschnitt ein Vorgehensmodell für die Konfiguration der Infrastruktur selbststeuernder logistischer Systeme vor, welches

allgemein sowie hinsichtlich seiner Mechanismen zur Strukturierung, Qualitätssicherung, Iteration und Kollaboration erläutert wird.

4.2.1. Modellüberblick

Das entwickelte Vorgehensmodell für die Konfiguration der Infrastruktur selbststeuernder logistischer Kontrollsysteme (ALEM-C; Configuration Procedure Model) spezifiziert den Prozess der Infrastrukturkonfiguration. Es besteht aus drei Phasen, die jeweils vier bis fünf Schritte subsumieren (Abbildung 2), folgt einem iterativen Ansatz und verwendet Rückkopplungen in vorhergehende Phasen, um Konfigurationen inkrementell zu entwickeln. Die Reihenfolge der Schritte in den Phasen sollte

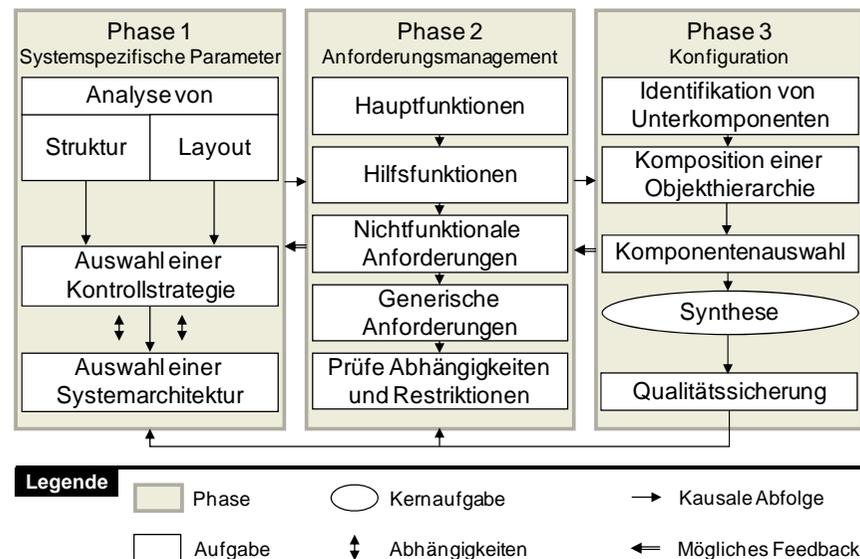


Abbildung 2 Vorgehensmodell zur Konfiguration der Infrastruktur selbststeuernder logistischer Prozesse

eingehalten werden. Sind Präzisierungen einzelner Schritte erforderlich, sollen diese über phaseninterne Rückkopplungen berücksichtigt werden, solange damit die Erreichung der Ziele der einzelnen Phasen unterstützt wird. Die Synthese einer Infrastruktur verlangt im Voraus die Beschreibung eines logistischen Szenarios, die Ermittlung daraus abgeleiteter funktionaler und nicht-funktionaler Anforderungen sowie domänenspezifisches Wissen über Technologieklassen und -komponenten, aus denen die Infrastruktur gebildet wird. Zur Bestimmung der Komponenten werden ALEM-Struktur-, Layout- und Interaktionsmodelle genutzt.

4.2.2. Phasen des Vorgehensmodells

In der ersten Phase werden systemspezifische Eigenschaften gesammelt, welche die spätere Synthese von Infrastrukturkomponenten bestimmen. Die Struktur, das Layout und die Kontrollstrategie des geplanten logistischen Systems sowie die Mikro- und

Makroarchitektur des Kontrollsystems werden bestimmt. Ein bereits erstelltes und detailliert spezifiziertes Szenario in Form eines ALEM-Modells kann diesen Schritt teilweise ersetzen. Das gewählte Layout wirkt sich u. a. auf entfernungsensitive Infrastrukturkomponenten, wie Kommunikationssysteme, aus. In der zweiten Phase werden, basierend auf dem ALEM-Modell, alle funktionalen, nicht-funktionalen und generischen Anforderungen an eine Infrastruktur bestimmt. Die Anforderungen werden aus den ALEM-Prozess- und ALEM-Interaktions-Teilmodellen abgeleitet. Am Ende der zweiten Phase werden Abhängigkeiten und Restriktionen der einzelnen Anforderungen untereinander, aber auch zum betrachteten ALEM-Modell beschrieben. Das Ergebnis der zweiten Phase ist ein detaillierter Anforderungskatalog der von Infrastrukturkomponenten zu realisierenden Funktionen. In der dritten Phase erfolgt die eigentliche Konfiguration der Komponenten zu einer Infrastruktur. In den ersten beiden Schritten werden die zu den Anforderungen passenden Unterkomponenten identifiziert und zu einer Objekthierarchie zusammengestellt. Mit dieser werden anschließend die zu den Anforderungen passenden technischen Komponenten ausgewählt. Im nachfolgenden Kernschritt, der Synthese, werden die ausgewählten Komponenten zu einem Konfigurationsinkrement kombiniert und hinsichtlich ihrer Parameter angepasst. Abschließend wird die ermittelte Konfiguration in einem Qualitätssicherungsschritt (QSS) als Ganzes überprüft.

4.2.3. Qualitätssicherungsmechanismen

Jedes Konfigurationsinkrement muss am Ende der dritten Phase einen QSS passieren. Dieser prüft die Gültigkeit des Inkrements in Bezug auf die systemspezifischen Parameter und ob es den in der zweiten Phase spezifizierten Anforderungen vollständig genügt. Das Prüfergebnis wird in die vorangegangenen Phasen rückgekoppelt, um sukzessiv passendere Inkremente zu entwickeln. Dies ist vor allem dann relevant, wenn zwischenzeitlich neue Anforderungen entstanden sind oder Modellelemente verändert wurden. Der gesamte Konfigurationsprozess iteriert solange, bis eine technisch machbare und ökonomische sinnvolle Lösung durch den QSS bestätigt wird. Während der QSS nur in der dritten Phase ein eigenständiger Schritt ist, existieren innerhalb jedes Schritts sekundäre Qualitätssicherungsmechanismen, welche eine Überprüfung der syntaktischen Korrektheit und Vollständigkeit der Ergebnisse leisten. Treten hier Probleme auf, sind Ergänzungen im ALEM-Modell oder im Anforderungskatalog erforderlich. Sekundäre Qualitätssicherungsmechanismen sind am Ende jedes einzelnen Schrittes anzuwenden, entfallen jedoch in der Abbildung aus Gründen der Übersichtlichkeit.

4.2.4. Iterationsmechanismen

Das Vorgehensmodell verwendet zwei verschiedene Iterationsmechanismen. Der erste Mechanismus ist repetitiv, der zweite ist rekursiv. Der Qualitätssicherungsschritt der dritten Phase löst den repetitiven Mechanismus aus, indem er systematisch Abweichungen und Inkompatibilitäten der aktuellen Konfiguration zu den Spezifika des Szenarios und seiner Anforderungen bestimmt und als Rückkopplung in vorangegangene Phasen liefert. Eine Rückkopplung in die erste Phase verlangt für gewöhnlich eine Anpassung des strukturellen Designs des ALEM-Modells, während

Rückkopplungen in die zweite Phase eine Verbesserung des Anforderungsmodells erfordern. Aus diesem Grund werden beim repetitiven Mechanismus alle einzelnen Schritte der betroffenen Phase sowie alle nachfolgenden Phasen erneut durchlaufen. Im Gegensatz dazu werden mit dem zweiten Iterationsmechanismus einzelne Elemente mittels Rekursion detailliert. Hierzu wiederholen Logistikprozessexperten den aktuellen Schritt einer Phase solange, bis das gewünschte Detailniveau erreicht und das aktuelle Element hinreichend beschrieben ist. Die Iteration von Aufgaben ist, ungeachtet des zusätzlichen Zeitaufwands, eine adäquate Möglichkeit, um die Qualität eines (Teil-) Modells hinsichtlich seiner Modellierungstiefe zu erhöhen.

4.3. Infrastrukturkonfiguration unter organisatorischer Unabhängigkeit

Das vorgeschlagene Vorgehensmodell strukturiert den Konfigurationsprozess logistischer Systeme, die vollständig von einem Modellierer überblickt werden können. Demgegenüber führt die Einbeziehung mehrerer unabhängiger Organisationen in ein Logistiksystem zu Problemen bei dessen Modellierung, insbesondere im Hinblick auf die Konfiguration der Infrastruktur. Das erste Problem resultiert aus einem Mangel an Überblick über fremde Systeme und deren Systemelemente, Prozesse und Ziele. Die Geheimhaltung dieser Informationen schadet dem Modellierungsergebnis, da statt dem für eine ALEM-Modellierung erforderlichen Detailwissen nur eine vage Vorstellung über das Gesamtsystem und seine Teile besteht. Zweitens fehlen ALEM Mechanismen zur kollaborativen Modellierung selbststeuernder logistischer Geschäftsprozesse. Stattdessen liegt ALEM die Annahme zu Grunde, dass ein einzelner Logistikprozessexperte das gesamte System modelliert, obwohl er nur ein Teilsystem detailliert abbilden kann. Deshalb muss der Konfigurationsprozess die Kompatibilität aller Infrastrukturkomponenten eines logistischen Systems zueinander sicherstellen.

In der Literatur werden verschiedene Mechanismen vorgeschlagen, denen eine kollaborative Modellierung genügen soll. Hierzu gehören Sichten, welche die Modelle aus der räumlichen und organisatorischen Perspektive des jeweiligen Modellierers zeigen sowie Sichten, welche die Semantik von Entscheidungen in einem Teilmodell darstellen und so die Komplexität großer Logistiknetze für einen Modellierer reduzieren [4], [13]. Weiterhin soll das Modell, ganz oder in Auszügen, in generischen Formaten exportierbar sein. Ferner wird ein Versionskontrollsystem gefordert, mit dem verschiedene Modellversionen miteinander verglichen und Änderungen zurückverfolgt werden können. Ebenso soll eine Komponente die Zugriffsrechte von Benutzern auf Modellteile verwalten und eine Kommentarfunktion den Anwendern die asynchrone Platzierung von Kommentaren auf dem Modellarbeitsbereich erlauben. Am wichtigsten aber ist ein Mechanismus, der Modelle in Teilmodelle zerlegen und sie später wieder verbinden kann [4]. Hierzu müssen Mechanismen, z. B. Schnittstellen, zum Austausch von Teilmodellen hinzugefügt werden, die eine inter-organisatorische Modellierung logistischer Systeme zu beliebigen Zeitpunkten ermöglichen [13]. Für die Interaktion zwischen Teilmodellen genügt der Austausch der Schnittstellencharakteristika. Dazu definiert jede Organisation die Informationen, die benötigt bzw. produziert werden, sowie deren Übertragungsweise. Im Modell erscheinen bekannte Modellelemente als Whitebox und unbekannte Elemente als Blackbox.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Selbststeuernde logistische Prozesse fordern eine Verlagerung von Entscheidungskompetenzen zu logistischen Objekten, welche mit den dazu erforderlichen physischen und logischen Komponenten ausgerüstet werden müssen, deren Gesamtheit die Infrastruktur selbststeuernder logistischer Prozesse bildet. Die jeweils große Anzahl der in Frage kommenden Komponenten und ihre wechselseitigen Abhängigkeiten führen zu einem komplexen Konfigurationsproblem. Zu dessen Beherrschung präsentiert der Beitrag ein dreiphasiges Vorgehensmodell, das die Spezifikation eines logistischen Szenarios und daraus die Ableitung domänenspezifischer Anforderungen verlangt, bevor eine geeignete Infrastrukturkonfiguration gebildet werden kann. Neben einer Beschreibung struktureller Merkmale sowie von Mechanismen zur Qualitätssicherung und zur Iteration von Schritten und Phasen wurden die Bedeutung von Kollaborationen im Konfigurationsprozess erläutert und Mechanismen zur kollaborativen Konfiguration der selbststeuernden Infrastruktur vorgeschlagen.

Nachfolgende Forschungsarbeiten sollen für die einzelnen Schritte des Vorgehensmodells geeignete Methoden festlegen. Des Weiteren soll genauer untersucht werden, wie unterschiedliche Modellierungsinstanzen gleichzeitig und gleichberechtigt die Infrastruktur selbststeuernder logistischer Prozesse gestalten können.

Danksagung

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Teilprojekts B2 des Sonderforschungsbereichs 637: „Selbststeuerung logistischer Prozesse – Ein Paradigmenwechsel und seine Grenzen“, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird.

Literatur

- [1] Das V-Model XT. Online: <http://www.v-modell-xt.de>. Abruf: 03.01.2010.
- [2] M.C. Cooper, D.M. Lambert und J.D. Pagh. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. In *International Journal of Logistics Management, The*, 8(1):1–14, 1997.
- [3] W. Delfmann. *Logistikforschung: Entwicklungsgrundzüge und Gestaltungsansätze*, Kapitel: Kernelemente der Logistik-Konzeption. Unternehmensführung und Logistik; Schmidt, E., Berlin, 1999.
- [4] P. Perez Gonzalez und J.M. Framiñan Torres. Tools for Collaborative Business Process Modeling: Classification and Evaluation. In *Encyclopedia of Networked and Virtual Organizations*, 3:1643–1652, 2008. Portugal.
- [5] M. Hülsmann und K. Windt, Hrsg., *Understanding of Autonomous Cooperation and Control in Logistics – The Impact of Autonomy on Management, Information, Communication and Material Flow*. Springer, Berlin, 2007.
- [6] C. Holzmann. *Spatial Awareness of Autonomous Embedded Systems*. Vieweg+Teubner / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009.

- [7] D. Hristu-Varsakelis und W.S. Levine. Hrsg., *Handbook of Networked and Embedded Control Systems*. Birkhäuser, Boston, 2005.
- [8] R. Kneuper, R. Petrasch, und M. Wiemers, Hrsg., *Angepasste Vorgehensmodelle*, Band 9. Shaker, 2002.
- [9] J. Kolditz. *Fachkonzeption für Selbststeuernde Logistische Prozesse*. Dissertation, Universität Bremen, 2009.
- [10] H. Krallmann, M. Schönherr und M. Trier. Hrsg., *Systemanalyse im Unternehmen*. Oldenbourg, München, 2007.
- [11] H. Luczak, W. Eversheim und M. Schotten, Hrsg., *Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung, Konzepte*. Springer, Berlin, 2001.
- [12] B. Mikus. *Strategisches Logistikmanagement: ein markt-, prozess- und ressourcenorientiertes Konzept*. Habilitation. Universität Göttingen. 2003.
- [13] K. Ryu und E. Yücesan. Cpm: A Collaborative Process Modeling for Cooperative Manufacturers. In *Advanced Engineering Informatics*, 21(2):231–239, 2007.
- [14] A.-W. Scheer. *Business Process Engineering – Reference Models for Industrial Enterprises*. Springer, Telos, 1994.
- [15] A.-W. Scheer. *ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen*. Springer, Berlin, 2001.
- [16] B. Scholz-Reiter, H. Höhns, J. Kolditz und T. Hildebrandt. Autonomous Supply Net Coordination. In *Proceedings of 38th CIRP Manufacturing Systems Seminar*, Florianopolis, Brazil, 2005.
- [17] B. Scholz-Reiter, J. Kolditz und T. Hildebrandt. Engineering Autonomously Controlled Logistic Systems. In *International Journal of Production Research*, 47(6):1449–1468, 2009.
- [18] B. Scholz-Reiter, St. Sowade, D. Rippel, M. Teucke, M. Özsahin und T. Hildebrandt. A Contribution to the Application of Autonomous Control in Manufacturing. In *International Journal of Computers*, 3(3):279–291, 2009.
- [19] B. Scholz-Reiter, St. Sowade, T. Hildebrandt und D. Rippel. Modeling of Orders in Autonomously Controlled Logistic Systems. In *Production Engineering Research & Development*, 4(4):319–325, 2010.
- [20] B. Scholz-Reiter, St. Sowade und D. Rippel. Modeling the Infrastructure of Autonomous Logistic Control Systems. In V. Mladenov, K. Psarris, N. Mastorakis, A. Caballero und G. Vachtsevanos, Hrsg., *Advances in Communications, Computers, Systems, Circuits and Devices. European Conference of Systems (ECS'10)*, S. 295–300, Tenerife, 2010. WSEAS Press.
- [21] B. Scholz-Reiter, J. Kolditz und T. Hildebrandt. UML as a Basis to Model Autonomous Production Systems. In P.F. Cunha und P. Maropoulos, Hrsg., *Digital Enterprise Technology: Perspectives and Future Challenges*, S. 553–560, Berlin, 2007. Springer.
- [22] B. Scholz-Reiter, H. Rekersbrink und M. Görge. Dynamic Flexible Flow Shop Problems – Scheduling Heuristics vs. Autonomous Control. In *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 59(1):465–468, 2010.
- [23] B. Scholz-Reiter, M. Teucke, M.-E. Özsahin und St. Sowade. Smart Label-Supported Autonomous Supply Chain Control in the Apparel Industry. In Y.H. Lee und I. SaKong, Hrsg., *Proceedings of the 5th International Congress on Logistics and SCM Systems (ICLS2009). Overcoming Economic Crisis through Collaborative Logistics and Supply Chains*, S. 44–52, 2009.
- [24] K. Windt. Ermittlung des angemessenen Selbststeuerungsgrades in der Logistik – Grenzen der Selbststeuerung. In P. Nyhuis, Hrsg., *Beiträge zu einer Theorie der Logistik*, S. 349–372. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.