

Ressourcenverteilung in mesoskopischen Simulationsmodellen für Produktions- und Logistiknetzwerke

Resource allocation in mesoscopic simulation models of production and logistics networks

Til Hennies, Tobias Reggelin, Juri Tolujew, Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb
und -automatisierung IFF und Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg
(Germany), til.hennies@iff.fraunhofer.de, tobias.reggelin@iff.fraunhofer.de,
juri.tolujew@iff.fraunhofer.de

Abstract: Effective resource allocation in logistics networks highly affects the system's performance and must therefore take into consideration the multitude of different objectives, the heterogeneity of resources and jobs and the dynamically changing system states and resource attributes. Simulation of these strategies is a powerful way in order to test, analyze and evaluate different strategies. This paper provides a classification of resources and jobs within supply chains, the definition and mesoscopic formalization of possible resource allocation strategies and combinations of these and its application to a four stage supply chain.

1 Einleitung

Die Ressourcenverteilung ist in den Bereichen Produktion und Logistik von essentieller Bedeutung, da sie maßgeblich die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems bestimmt. Zielstellungen an effektive Ressourcenverteilstrategien sind multivariat und beinhalten die Reduktion von Durchlaufzeiten und Wartezeiten der Flussobjekte, eine Maximierung des Durchsatzes und die Minimierung der Nutzungsgradamplitude verschiedener Ressourcen. Effektives Ressourcenmanagement übersetzt sich direkt auch in ein besseres Prozessmanagement und damit eine Qualitätssteigerung für den Kunden. Im Hinblick auf die Zielkriterien ist auch eines der Hauptziele der Prozesssimulation, bestmögliche Strategien der Ressourcenverteilung zu ermitteln und den Ressourceneinsatz entsprechend zu planen und steuern. Unter Berücksichtigung der Heterogenität von Ressourcen sowie Aufträgen, inhärenter Bedingungen an den Ressourceneinsatz und dynamisch veränderlicher Attribute ist die Modellierung von Ressourcenverteilstrategien eine nicht-triviale Aufgabe.

2 Ressourcen und Aufträge in logistischen Netzwerken

In globalen, interdependenten logistischen Netzwerken gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Ressourcen und Aufträge, die für ein leistungsfähiges System durch eine effektive Allokationsstrategie gesteuert werden müssen. Aufgrund der Komplexität von Ressourcen und Aufträgen ist diese Entscheidung kompliziert und muss auf Grundlage einer Analyse der vorhandenen Ressourcen und Aufträge, Zielstellungen und Prioritäten basieren. Der Begriff *Ressource* beschreibt die Gesamtheit aller Produktions- und Logistikmittel und –dienstleistungen, welche sich in materielle und immaterielle gruppieren lassen. (Schuster 2012) Diese Einteilung ist allerdings zu grob für die Vielzahl in logistischen Netzwerken eingesetzter Ressourcen. Die unterschiedlichen Eigenschaften von Ressourcenarten bedingen die Einsatzfelder und möglichen Allokationen, weshalb eine präzise Klassifikation auf Grundlage aller relevanten Ressourceneigenschaften notwendige Bedingung ist. Eine Übersicht dieser Eigenschaften und zugehöriger Ausprägungen liefert die Tabelle 1.

Tabelle 1: Morphologie von Ressourceneigenschaften

Attribut	Ausprägungsformen		
Erscheinungsform	Physisch/materiell	Virtuell/immateriell	
Mobilität	Stationär	Beweglich	Ortsunabhängig
Flexibilität	Auftragsspezifisch	Universell	
Autonomie	Aktiv	Passiv	
Verfügbarkeit	Vollständig	Teilweise	
Kosten	Niedrig	Mittel	Hoch
Automatisierungsgrad	Computerisiert	Halb-autonom	Menschlich
Eigentum	Intern	Extern	
Erneuerbarkeit	Vollständig	Teilweise	Nicht
Lebensdauer	Kurzfristig	Mittelfristig	Langfristig
Ersetzbarkeit	Vollständig	Teilweise	Nicht
Kondition	Technisch	Organisatorisch	

In ähnlicher Art und Weise hat auch der Begriff *Aufträge* anwendungsspezifische und kontextabhängige Definitionen. Aufträge sind allgemein Geschäftsobjekte, welche bestätigte Anfragen des Kaufens, Verkaufens, Auslieferens oder Empfangens von Waren enthalten. (Schönsleben 2011) Aufträge decken damit alle Aufgaben innerhalb des Fulfillment-Prozesses von der Kundenanfrage bis zur Belieferung ab, die Ressourcen und Zeit für die Ausführung erfordern. Diese allgemeine Definition von Aufträgen in logistischen Netzwerken impliziert sehr unterschiedliche Eigenschaften dieser in verschiedenen Dimensionen. Die Eigenschaften mit möglichen Ausprägungsformen sind in dem morphologischen Kasten der Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Morphologie von Auftragseigenschaften

Attribut	Ausprägungsformen			
Produktionsstrategie	Make-to-stock	Make-to-order	Engineer-to-order	Assemble-to-order
Komplexität	Standardauftrag		Kundenspezifischer Auftrag	
Flexibilität	Ressourcenspezifisch		Universell	
Stichtags-Variabilität	Keine		Niedrig	Hoch
Losgröße	Einzelstück	Kleinserie	Massenproduktion	Ohne Lose
Vorhersagbarkeit	Ad hoc		Regelmäßig	
Priorität	Eilauftrag	Standardlieferzeit	Fester Liefertermin	
Wiederholungsrate	Keine		Selten	Regelmäßig
Auslöser	Nachfrage	Forecast	Verbrauch	
Auftragswert	Gering	Mittel	Hoch	

Die beschriebene Komplexität von Aufträgen und Ressourcen in logistischen Netzwerken hat ein großes Spektrum unterschiedlicher Situationen und Szenarien zur Folge, in denen Ressourcenallokationsstrategien ausgewählt und implementiert werden müssen. Die sich ergebenden Szenarien determinieren die möglichen Ressourcenverteilstrategien. Mögliche Zielkriterien beinhalten dabei eine Wartezeitenminimierung, Durchlaufzeitenminimierung, Minimierung der Ressourcenbewegungen, Minimierung der Ressourcennutzungsgradamplitude, Maximierung des Durchsatzes, Maximierung der Nutzungsraten oder eine Maximierung der Liefertreue.

3 Modellierung von Ressourcenverteilstrategien

Bei der Modellierung von Ressourcenverteilstrategien kann grundsätzlich unterschieden werden zwischen *state-based* und *model-based* Strategien. Während *state-based* Allokationen einer Momentaufnahme des Systemzustandes zugrunde liegen und sich damit dynamisch anpassen, basieren *model-based* Allokationen auf der anfänglichen Vorhersage zukünftiger Systemzustände durch das Modell selbst. Weiterhin wird unterschieden zwischen *präemptiv* bzw. *nicht-präemptiv* Strategien, bei denen Aufgaben nach Bearbeitungsbeginn die Ressource noch wechseln können bzw. nicht. (Gomoluch und Schroeder 2003) Eine Vielzahl von Forschungsarbeiten zu Ressourcenallokationsstrategien befasst sich auch mit der Entwicklung agentenbasierter oder markt-orientierter Ressourcenverteilungen, bei der Klienten dezentral und lokal über die Inanspruchnahme sowie Bereitstellung von Ressourcen entscheiden. (Kelton et al. 2010; Abramson et al. 2002; Chavez et al. 1997; Kakhbod 2013)

Der in der Produktion und Logistik weitverbreitete ereignisdiskrete Simulationsansatz setzt Ressourcenverteilstrategien über Algorithmen und die Prüfung logischer

Bedingungen um. Die klassischen Ressourcenverteilstrategien sind bei der Disposition Verfahren wie *Round-Robin*, *Weighted Round-Robin*, *First-In-First-Out*, *First-In-Last-Out* oder *Fixed Priority*. Bei der diskreten Simulation wird zu den Zeitpunkten der Ereignisse eine algorithmische Überprüfung der Regeln an allen Ressourcen durchgeführt und entsprechend der Strategie die Allokation umgesetzt. Aktuelle Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet beschäftigen sich auch mit der Kombination von Simulation und Optimierung. (Hubscher-Younger et al. 2012; Doleschal et al. 2012)

Die ereignisdiskrete Simulationssoftware *Tecnomatix Plant Simulation* stellt dem Nutzer für die Implementierung von Ressourcenallokationsstrategien sogenannte Ressourcenobjekte zur Verfügung, den *Broker* und den *Exporter*. Die Disposition einzelner menschlicher Ressourcen wie Werker zur Erfüllung von Aufgaben wird über den *Broker* realisiert. Der *Exporter* fasst mehrere homogene Ressourcen zu einer Gruppe zusammen, deren Gesamtkapazität zur Erfüllung von Aufgaben zur Verfügung steht, allerdings nicht individuell allokiert wird. (Siemens PLMS Inc. 2010)

In der makroskopischen System Dynamics Simulation lassen sich die Regeln der Ressourcenverteilungen auch analytisch ausdrücken und sind beispielsweise in Kim und Choi (2008) dargestellt, wo ein System Dynamics Modell für dynamische Ressourcenallokation in Service Supply Chains vorgestellt wird. Im Simulator Vensim der Firma Ventana Inc. auch als Standardlösung implementiert worden. Der Anwender kann bei diesem Simulator unter Nutzung der Funktion *Allocate by Priority* eine Ressourcenallokationsstrategie in realistischen Wettbewerbssituationen definieren (Ventana Systems Inc. 2012).

4 Ressourcenverteilung in der mesoskopischen Simulation

Das Konzept der mesoskopischen Simulation ist an der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg entwickelt worden und ist im Einzelnen beschrieben in Reggelin (2011), Schenk et al. (2009) und Schenk et al. (2010).

Als Basiskomponenten werden bei der mesoskopischen Modellierung mehrkanalige Trichter zur Abbildung von Prozessen an Ressourcen verwendet. Die Trichter erlauben eine analytische Darstellung der Ressourcenallokation, da sie selbst vollständig analytisch definiert sind, jedoch ist die Thematik der Ressourcenverteilung in der mesoskopischen Simulation in bisherigen Vorarbeiten nicht explizit betrachtet worden. Zur Steuerung der Trichter und Abbildung von Ressourcenverteilungen kann in der mesoskopischen Simulation die Grenzleistung des Trichters benutzt werden (vgl. Abb. 1). Über die gleichzeitige Bearbeitung in parallelen Trichtern können auch komplexere Sachverhalte im Hinblick auf die Heterogenität der Ressourcen und Aufträge modelliert und simuliert werden.

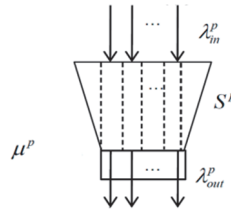


Abbildung 1: Mehrkanaliger Trichter der mesoskopischen Simulation

Die Grenzleistung μ [Anzahl Aufträge/ Zeiteinheit] eines Trichters erlaubt eine Steuerung des Outputs λ_{out} [Anzahl Aufträge/ Zeiteinheit]. Ist der Eingangsfluss von Produkt 1 (λ_{in}^1) größer als die Grenzleistung μ^1 , baut sich ein Bestand S^1 auf. Da der Trichter über mehrere Kanäle verfügt, kann die gesamte Ressourcenkapazität, ausgedrückt durch die Grenzleistung μ , auf die unterschiedlichen Kanäle oder Auftragstypen aufgeteilt werden und so Verteilstrategien abgebildet werden. Aufträge werden dabei als Produkte interpretiert und die Gesamtheit wartender Aufträge vor einer Ressource als Bestände. Auf diesem Konzept basierend werden unterschiedliche Verteilstrategien vorgestellt, welche Prioritätsregeln umsetzen und entsprechend die Grenzleistungen steuern und aufteilen. Die mathematische Darstellung der Grenzleistung ist unmittelbar im Simulator MesoSim abbildbar. Mesoskopische Ressourcenallokationen sind zentral gesteuert, state-based und nicht-präemptiv. Im Unterschied zu System Dynamics Modellen wird bei der mesoskopischen Simulation allerdings eine neue Ressourcenverteilung nicht permanent, sondern nur bei den sogenannten Entscheidungssituationen durchgeführt, die in Verbindung mit entsprechenden Ereignissen auftreten. Im Folgenden sind unterschiedliche Strategien in ihrer Umsetzung in der mesoskopischen Simulation aufgezeigt.

Explizit: Die einfachste Lösung der Ressourcenallokation besteht in einer direkten Zuteilung, bei der eine Ressource nur einen Auftragstyp bearbeitet. Jede Ressource kann entweder als ein einzelner Trichter oder aber als ein Kanal in einem Trichter modelliert werden. Im ersten Fall entspricht die Grenzleistung für die Bearbeitung jedes Auftragstyps der Grenzleistung des Trichters: $\mu^i = \mu$. Im zweiten Fall wird die Grenzleistung des Trichters auf die unterschiedlichen Kanäle aufgeteilt.

$$\mu = \sum_{j=1}^n \mu^j \quad (1)$$

Diese Aufteilung repräsentiert unflexible Ressourcennutzung ohne eine Möglichkeit der Kapazitätsanpassung auf unterschiedliche Auftragstypen. Damit ist sie nur für kontinuierliche Auftragsverläufe über die Zeit geeignet. Voraussetzung ist außerdem, dass die Anzahl der Ressourcen mindestens der Anzahl unterschiedlicher Auftragstypen entspricht.

Auftragstypunabhängig: Bei dieser Strategie bearbeitet jede Ressource gleiche Proportionen unterschiedlicher Aufträge. Die Grenzleistung des Trichters ist daher in gleichen Proportionen auf die unterschiedlichen Auftragstypen verteilt.

$$\mu^i = \frac{\mu}{n} \quad (2)$$

Unabhängig von Nachfrage oder wartender Aufträge vor der Ressource bleiben die Durchsatzraten konstant über die Zeit, womit die Strategie vor allem für Situationen mit sehr konstantem und vorhersagbarem Auftragsaufkommen geeignet ist.

Ankunftsproportional: Diese Allokationsstrategie verteilt die Ressourcenkapazitäten dynamisch entsprechend der Ankunftsdaten unterschiedlicher Aufträge, sodass häufig auftretende Aufträge einen entsprechend größeren Anteil der Ressourcenkapazität zur Bearbeitung erhalten. Die Grenzleistung der einzelnen Kanäle wird über die Gleichung 4 gesteuert.

$$\mu^i = \frac{\Lambda_{in}^i}{\sum_{j=1}^n \Lambda_{in}^j} \mu \quad (3)$$

Diese Strategie repräsentiert damit eine Push-Strategie, bei der Auftragsstypen in veränderlichen und unterschiedlichen Proportionen auftreten und ausgeglichene Nutzungsraten der Ressourcen gewährleistet werden sollen, während Nachfolgeoperationen, Anfangsbestände und impulsartige Veränderungen jedoch unbeachtet bleiben.

Bestandsproportional: Bei dieser Strategie werden Aufträge den Ressourcen auf Grundlage der Proportionen wartender Aufträge zugeteilt. Es handelt sich ebenfalls um eine Push-Strategie, die Ressourcenkapazitäten auf Grundlage von wartenden Aufträgen zuteilt und somit auch impulsartige Veränderungen sowie Anfangsbestände beachtet.

Bestandsentwicklungsproportional: Bei dieser Strategie werden die Ressourcenkapazitäten so auf unterschiedliche Auftragsstypen aufgeteilt, dass proportionale Bestandsverläufe wartender Aufträge gewährleistet werden. Diese Strategie erzeugt parallele Verläufe der Bestände vor einer Ressource. Bei unzureichender Ressourcenkapazität und gleich wichtigen Auftragsstypen von beispielsweise zwei Kunden ist diese Strategie sicher die „gerechteste“, da sie gleiche Outputs beider Kunden erzeugt.

Nachfrageproportional: Unterschiedliche Auftragsstypen werden bei dieser Strategie entsprechend der Nachfrageproportionen zur Bearbeitung herangezogen. Endkunden generieren in diesem Fall als Senken des Modells die Nachfrage d^i nach unterschiedlichen Produkten. Entsprechend handelt es sich um eine Pull-Strategie, bei der sich die Grenzleistung der einzelnen Kanäle als

$$\mu^i = \frac{d^i}{\sum_{j=1}^n d^j} \mu \quad (4)$$

darstellen lässt.

In Abhängigkeit der Nachfrageveränderung über die Zeit werden die Ressourcenkapazitäten gesteuert. Ein Beispiel für die Anwendung dieser Strategie ist eine Priorisierung zweier Kunden in Lead Buyer und Follower.

Absolute Prioritäten: Bei dieser Strategie werden Ressourcenkapazitäten entsprechend definierter Auftragsprioritäten verteilt. Die Kapazitäten werden immer vollständig dem Auftragsstyp mit der höchsten Priorität zugeteilt. Entsprechend entspricht die Grenzleistung des Kanals für den höchst-priorisierten Auftragsstyp der Gesamt-Grenzleistung des Trichters, die aller anderen Aufträge ist null.

Relative Prioritäten: Eine relative Priorisierung der Auftragsstypen wird im Vorfeld definiert und entsprechend dieser werden die Ressourcenkapazitäten auf die unterschiedlichen Aufträge im Wartebereich aufgeteilt. Wenn die relative Priorität eines Auftrags als p^i definiert ist, berechnet sich die Grenzleistung des zugehörigen Kanals als:

$$\mu^i = \frac{p^i}{\sum_{j=1}^n p^j} \mu \quad (5)$$

Relative Prioritäten sind äquivalent zu einer festen proportionalen Zuordnung von Ressourcenkapazitäten, die aber über die Zeit angepasst werden können. Im Unterschied zu absoluten Prioritäten werden hier unterschiedliche Auftragsstypen parallel bearbeitet.

Ankunftsreihenfolge: Diese Strategie ist eine spezielle Form absoluter Prioritäten und wird hier daher nicht erneut vorgestellt. Aufgrund hoher praktischer Relevanz der FIFO oder LIFO Regeln sei sie dennoch erwähnt und ist entsprechend auch in der mesoskopischen Simulation umsetzbar.

Wartezeitenproportional: Diese Strategie gleicht Wartezeiten vor der Ressource einander an und findet beispielsweise Anwendung bei Verarbeitung verderblicher Produkte. Aufträge werden entsprechend der Liegezeiten bearbeitet und bei der Simulation so auch die Grenzleistung der Kanäle gesteuert.

Restzeitproportional: Diese Strategie priorisiert Aufträge in Abhängigkeit der Restzeiten bis zur Auslieferung zum Kunden oder die Weitergabe an das Nachfolgeelement. Ressourcenkapazitäten werden dynamisch an die Dringlichkeiten der Aufträge angepasst.

5 Anwendungsbeispiel

Das nachfolgende Beispiel ist die vereinfachte Abstraktion einer vierstufigen Lieferkette, bei der über unterschiedliche Ressourcenverteilstrategien der einzelnen Stufen eine Push-Strategie und eine Pull-Strategie des Materialflusses umgesetzt und verglichen werden.

Zwei Produkttypen werden dabei vom Lieferanten bis zum Kunden in drei Fertigungsstufen bearbeitet. Die Lieferungen vom Lieferanten unterliegen unterschiedlicher Variabilität und das Ziel ist die Befriedigung von Kundenbedürfnissen. Über Ressourcenverteilungen an den einzelnen Bearbeitungsprozessen kann die Bearbeitung der unterschiedlichen Produkttypen auf unterschiedliche Systemzustände reagieren. Um unterschiedliche Strategien miteinander vergleichen zu können, sind diese in dem gleichen Modell in zwei parallelen Strängen umgesetzt und diese unterliegen den gleichen Bedingungen mit Ausnahme der Steuerung der Grenzleistungen für die Ressourcenallokation. Die

Push-Strategie besteht aus einer Kombination der ankunfts- und bestandsproportionalen Strategien und die Einzelemente werden in Abhängigkeit vorhergehender Prozesse gesteuert. Im Gegensatz dazu werden Elemente bei der Pull-Strategie von Nachfolgeoperationen gesteuert und die Ressourcen entsprechend der Nachfrage aufgeteilt. Die Untersuchung stellt den schnellen und einfachen Vergleich zweier grundsätzlich unterschiedlicher Strategien dar, welche durch die Ressourcenverteilung an jeder Stufe der Lieferkette umgesetzt werden. Drei Szenarien wurden erstellt und getestet, die sich in der Variabilität der Wiederbeschaffungsmenge unterscheiden und somit eine Lieferantenunsicherheit repräsentieren. Ziel der Experimente ist die Ermittlung der Auswirkungen auf die Liefertreue unter Einfluss von Lieferantenunsicherheit bei der Anwendung unterschiedlicher Ressourcenverteilstrategien. Dazu werden unter sich verändernder Variabilität der Lieferungen die Bestandsentwicklungen auf der letzte Stufe der Lieferkette vor dem Kunden betrachtet und verglichen, um Stock-out Situationen zu identifizieren, welche bei kontinuierlicher Nachfrage Lieferprobleme bedeuten. Die Diagramme in Abbildung 2 illustrieren diese Bestandsentwicklungen für zwei Produkttypen (heller und dunkler Verlauf) als Resultat der Anwendung unterschiedlicher Ressourcenverteilstrategien in beschriebenen drei Szenarien. Das jeweils oberste Diagramm zeigt die Liefermengen des Lieferanten (Ordinate) am Anfang der Lieferkette über die Zeit (Abszisse). Das mittlere Diagramm zeigt jeweils die Bestandsentwicklung (Ordinate) unter Anwendung der beschriebenen Push-Strategie über die Zeit (Abszisse) und das untere Diagramm analog unter Anwendung der Pull-Strategie.

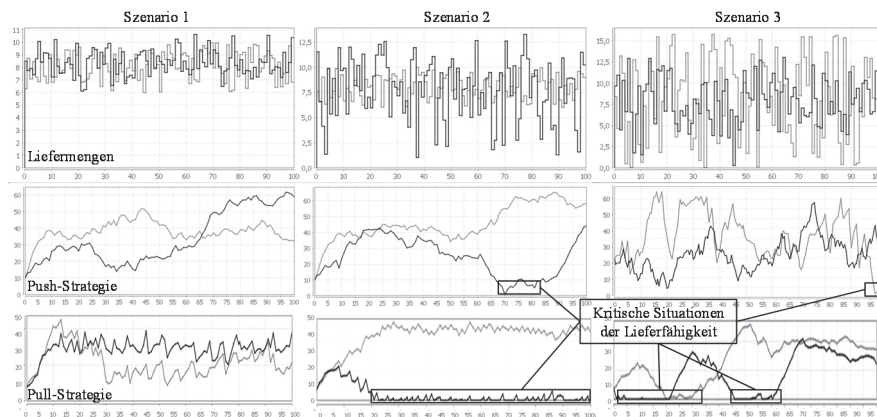


Abbildung 2: Liefermengen und Bestandsentwicklungen bei unterschiedlicher Variabilität der Wiederbeschaffungsmengen unter Push- bzw. Pull-Strategie

Im ersten Szenario ist erkennbar, dass die Strategien der Ressourcenverteilungen zwar zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, nichtsdestotrotz aber beide in der Lage sind, die Kundenbedürfnisse über den gesamten Simulationszeitraum zu befriedigen. Im zweiten Szenario ist die Variabilität der Wiederbeschaffungsmengen für ein Produkt stark erhöht (dunkler Verlauf) während sie für das andere niedrig bleibt (heller Verlauf). Während die Push-Strategie weitestgehend in der Lage ist, die Ressourcen

entsprechend der veränderten Auftragslage anzupassen, erzeugt die Pull-Strategie regelmäßige Stock-Out-Situationen (blau hinterlegt). Die Begründung für diesen Verlauf liegt in der Ressourcenallokation, die ausschließlich an der Nachfrage orientiert ist und die jeweils aktuelle Produktverfügbarkeit nicht miteinbezieht. Daher wird nur ein Teil der verfügbaren Ressourcenkapazität genutzt. Im dritten Szenario wird die Variabilität beider Produkttypen stark erhöht. Die Pull-Strategie führt sehr schnell zu Stock-Out Situationen, die über den Großteil der Simulationszeit nicht behoben werden können. Erneut liefert die Push-Strategie die weitaus besseren Ergebnisse im Hinblick auf die Lieferfähigkeit beim Kunden. Diese Strategie passt sehr viel variabler die Kapazitäten an veränderte Liefersituationen an und umgeht so längerfristige Stock-Outs. Diese Ergebnisse implizieren einen direkten Zusammenhang der Wiederbeschaffungsvariabilität und der Vorteilhaftigkeit einer Push- oder Pull-Strategie in der Lieferkette im Hinblick auf die Ressourcenverteilung. Während die Pull-Strategie bei kontinuierlichem Wiederbeschaffungsverlauf geringer Variabilität die Lieferfähigkeit über die Simulation gewährleistet, führt bei steigender Variabilität in beschriebener Situation die Push-Strategie zu weitaus besseren Ergebnissen. Die Studie betrachtet Lieferfähigkeit als das einzige Zielkriterium und bezieht weder Kosten noch andere Ziele in die Betrachtung ein. Zudem ist nur die Variabilität von Lieferantenseite betrachtet worden, in einer umgekehrten Situation höherer Nachfragevariabilität und konstanter Wiederbeschaffung sind entsprechend auch umgekehrte Ergebnisse zu vermuten. Jedoch konnte bereits hier die einfache Implementierung unterschiedlicher Ressourcenverteilstrategien in mesoskopischen Simulationsmodellen und der Software MesoSim gezeigt werden sowie eine schnelle Anpassung und Übertragung auf mehrstufige Lieferketten.

6 Zusammenfassung

Die hohe Komplexität von Ressourcenverteilungsproblemen in logistischen Netzwerken resultiert aus vielseitigen Eigenschaften von Aufträgen und Ressourcen und den sich daraus ergebenden Szenarien. Dieser Beitrag liefert für die Entscheidungsunterstützung Klassifikations- und Beschreibungsansätze für Ressourcen und Aufträge in logistischen Netzwerken sowie eine Review existierender Modellierungsmethoden von Ressourcenverteilungsstrategien in der Simulation. Die Anwendung der mesoskopischen Simulation auf logistische Netzwerke erfordert eine effektive Umsetzung von Ressourcenverteilungen in den Simulationsmodellen. Dieser Beitrag stellt eine mögliche Umsetzung sowie die unterschiedliche Strategien vor sowie deren Kombination an einem Anwendungsbeispiel. Zukünftige Forschung wird sich dem Zusammenspiel unterschiedlicher Strategien in logistischen Systemen widmen um Supply Chain Managern ein Werkzeug zur schnellen und einfachen Entscheidungsunterstützung zur Planung der Ressourcenverteilung zur Verfügung zu stellen.

Literatur

Abramson, D.; Buyya, R.; Giddy, J.: A Computational Economy for Grid Computing and Its Implementation in the Nimrod-G Resource Broker. In: Future Generation Computer Systems (FGCS) Journal, 18(2002) 8, , S. 1061-1074.

- Chavez, A.; Moukas, R.; Maes, P.: A Multi-agent System for Distributed Resource Allocation, ACM Press, 1997, S. 323-331.
- Gomoluch, J.; Schroeder, M.: Market-based Resource Allocation for Grid Computing: A Model and Simulation. In: Proceedings of the First International Workshop on Middleware for Grid Computing, Rio de Janeiro, 2003.
- Doleschal, D.; Lange, J.; Weigert G.; Klemmt, A.: Improving flow line scheduling by upstream mixed integer resource allocation in a wafer test facility. In: Laroque, C.; Himmelspach, J.; Pasupathy, R.; Rose, O.; Uhrmacher, A.M. (Hrsg.) Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference, S. 2037-2048.
- Hubscher-Younger, T.; Mostermann, P.J.; DeLand, S.; Orqueda, O.; Eastman, D.: Integrating Discrete-event and time-based models with optimization for resource allocation. In: Laroque, C.; Himmelspach, J.; Pasupathy, R.; Rose, O.; Uhrmacher, A.M. (Hrsg.) Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference, S. 2690-2704.
- Kakhbod, A. Resource Allocation in Decentralized Systems with Strategic Agents, University of Michigan, MI, USA, Dissertation, 2013.
- Kelton, D.W.; Kasaie, P.; Vaghefi, A.; Naini, S.G.R.: Toward optimal resource-allocation for control of epidemics: An agent-based simulation approach. In: Johansson, B.; Jain, S.; Montoya-Torres, J.; Hukan, J.; Yücesan, E. (Hrsg.) Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference, S. 2237-2247.
- Kim, S.W.; Choi, K.: A Dynamic Resource Allocation on Service Supply Chain. In: Kordic, V. (Hrsg.) Supply Chain, Theory and Applications, I-Tech Education and Publishing, Vienna, Austria, 2008, S.351-386
- Reggelin, T.: Mesoskopische Modellierung und Simulation logistischer Flusssysteme, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Dissertation, 2011.
- Reggelin, T.; Tolujew, J.: A Mesoscopic Approach to Modeling and Simulation of Logistics Processes. In: Jain, S., Creasey, R. R., Himmelspach, J., White, K. P., Fu, M. (Hrsg.) Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, IEEE, Piscataway, S. 1513-1523.
- Schenk, M.; Tolujew, J.; Reggelin, T.: A Mesoscopic Approach to the Simulation of Logistics Systems. In: Dangelmaier, W. et al. (Hrsg.) Advanced Manufacturing and Sustainable Logistics, Berlin, Springer, 2010, S. 15-25.
- Schenk, M., Tolujew, J., Reggelin, T.: Mesoscopic Modeling and Simulation of Logistics Networks, In: Preprints of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, Moskau, 2009, S. 287-290.
- Schuster, T., 2012. Modellierung, Integration und Analyse von Ressourcen in Geschäftsprozessen, Dissertation, KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, 35-49.
- Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., Siemens PLMS Inc., Tecnomatix Plant Simulation 10, Step-by-Step Help, http://m.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/PlantSimulation_Step-By-Step_ENU_tcm1224-143387.pdf, accessed on 28.02.2013, S. 174-181.
- Tolujew, J.; Reggelin, T.; Kaiser, A.: Discrete Rate Simulation als grundlegendes Paradigma bei der Entwicklung von mesoskopischen Flussmodellen. In: Zülch, G.; Stock, P. (Hrsg.) Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal, Karlsruhe, KIT Scientific Publishing, 2010, S. 437-444.
- Ventana Systems Inc. Allocation by Priority, <http://vensim.com/allocation-by-priority-alloc-p/>, accessed on 28.02.2013.