

Selbststeuernde Logistik im Umlaufmanagement von Verleihartikeln

Autonomously controlled logistics for rental articles

Florian Harjes, BIBA - Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH an der
Universität Bremen, Bremen (Germany), haj@biba.uni-bremen.de

Bernd Scholz-Reiter, Universität Bremen, Bremen (Germany), bsr@uni-bremen.de

Abstract: The disposition of rental articles within logistic systems generally takes place between the poles of conflicting objectives, such as the adherence to due dates, flexibility, article quality, technical reliability or cost effectiveness. Correspondingly, the related order management defines a complex and dynamic task. This contribution introduces the concept, the implementation as well as the first test results of an autonomously controlled disposition system for rental articles based on software agents. At this, the paper describes the design of the target process, the modelling of the overall system and first experimental results. Thereby, a company from the field of event logistics serves as a use case.

1 Einführung

Das Umlaufmanagement von Verleihartikeln ist in der Regel mit einer dynamischen Auftragsdisposition und -steuerung verknüpft (Huth und Mattfeld 2008). Die zugehörigen Logistikprozesse bewegen sich im Spannungsfeld inhärenter Zielkonflikte hinsichtlich der Termintreue, der Flexibilität, des Preis/Leistungsverhältnisses, der Artikelqualität sowie ihrer technischen Zuverlässigkeit. Die betriebswirtschaftliche Umsetzung erfolgt in der Bestrebung, die Auslastung von Transportmitteln (z.B. Lkw, Kleintransporter, Lieferwagen) sowie die Nutzungsrate von Verleihartikeln zu maximieren und die Anzahl der Fahrten, die Länge der Transportwege sowie den Umfang des Handhabungsaufwandes zu minimieren (Harjes und Scholz-Reiter 2012). Dies induziert Zielkonflikte, da eine Fahrtenreduktion Mobilitätseinschränkungen der Verleihartikel bzw., vice versa, eine hohe Nutzungsrate der Verleihartikel unter Umständen volumenreduzierte und damit in ihrer Effizienz verminderte Transporte bewirken würde. Erschwerend kommen Umweltdynamiken hinzu, die aus Auftragsmodifikationen, technischen Ausfällen und Verspätungen resultieren. Sie verhindern die Realisierung einer zuvor erfolgten Ressourcenallokation und bedingen daher eine flexible Planung bzw. reaktive Steuerung (Harjes und Scholz-Reiter 2012).

Das Prinzip der Selbststeuerung stellt ein potentielles Steuerungsparadigma für diese Situation dar. Unter Selbststeuerung wird in diesem Zusammenhang die dezentrale Entscheidungsfindung autonomer logistischer Objekte in heterarchischen Strukturen zum Ziel einer höheren Robustheit und positiven Emergenz des Gesamtsystems durch eine verteilte und flexible Bewältigung von Dynamik und Komplexität verstanden (Windt und Hülsmann 2007). Im Mittelpunkt dieses Beitrags steht das Konzept eines auf Multiagentensimulation basierenden Dispositionssystems, das das Prinzip der Selbststeuerung für Verleihartikel realisiert. Vor dem Hintergrund eines Anwendungsfalles aus dem Bereich der Veranstaltungslogistik werden die Entwicklung eines selbststeuernden Soll-Prozesses und die darauf aufbauende Modellierung des Dispositionssystems betrachtet. Weiterhin gibt der Beitrag Einblick in den derzeitigen Implementierungsstand und stellt erste Ergebnisse der Labortests vor.

2 Anwendungsfall

Das im vorliegenden Beitrag betrachtete Dispositionssystem orientiert sich an der Ist-Situation eines KMU aus der Veranstaltungsbranche. Die Ausgangssituation stellt sich hierbei wie folgt dar. Die relevanten logistischen Vorgänge finden derzeit ausschließlich an einem Standort, dem Zentrallager des Unternehmens statt. Die Zentraldisposition führt speziell bei Auftreten oben skizzierter Dynamiken zu einem sehr hohen Kommunikations- und Problemlösungsaufwand (Harjes und Scholz-Reiter, 2012). Ein wesentlicher zusätzlicher Problemtreiber ist in der manuellen Bestandsführung am Veranstaltungsort zu sehen. Zwar werden für die Ver- und Entladevorgänge Packlisten geführt, jedoch erfolgt eine automatische Identifikation ausschließlich am Lager. Ein- und Ausladevorgänge, die an Veranstaltungsorten stattfinden, bedürfen daher eines manuellen Abgleichs mit der für den Auftrag erstellten Packliste. Da der Auf- und Abbau am Veranstaltungsort unter großem Zeitdruck steht und sich ein Großteil der Verleihartikel gebündelt in Ladungsträgern befindet, werden die ein- und ausgehenden Materialbewegungen in das bzw. aus dem Transportmittel nur ungenügend dokumentiert.

Dieser Umstand verschärft sich durch die Beteiligung verschiedenen Personals für Auf- und Abbau. Wissen über Position und Umfang der Verleihartikel werden von der Aufbau- nicht in die Abbauphase transferiert. Als Konsequenz werden Defekte und Diebstähle erst spät erkannt. Dies führt zu Informationsasymmetrien, die dem Disponenten bei bereits disponierten, aber derzeit nicht einsatzfähigen Verleihartikeln in Zeitdruck versetzen, Ersatz zu organisieren. Ebenso tritt der Fall auf, dass Verleihgegenstände auf einer Veranstaltung nicht benötigt und wieder zurück ins Lager verbracht werden. Da ihre Verfügbarkeit erst mit Lagereingang im System verbucht wird, kann es passieren, dass für parallele oder kurz darauf beginnende Veranstaltungen unnötigerweise Fremdmaterial geliehen wird.

3 Grundlagen/Stand der Technik

Zentrales Element des Dispositionsansatzes für den oben skizzierten Anwendungsfall ist der Einsatz einer Multiagentensimulation als Steuerungsinstrument. Die zu disponierenden Ressourcen werden als Agenten mit objektindividuellen Zielfunktionen repräsentiert und realisieren in kooperativen

Verhandlungen die Ausführung der vorliegenden Aufträge. Die Ergebnisse der Simulationsläufe werden hierbei direkt als Planungsergebnisse interpretiert und umfassen sowohl Kommissionier- als auch Pack- und Ladelisten. Zusätzlich integriert der Simulationsansatz die Tourenplanung der eingesetzten Transportmittel.

Aus wissenschaftlicher Perspektive betrachtet der Beitrag entsprechend die simulative Lösung eines kombinierten Problems aus Disposition, Touren- bzw. Routenplanung und zugehöriger Steuerungsstrategie. Im Folgenden wird kurz ein Einblick in die Grundlagen der relevanten Teilprobleme und der auf sie angewandten Methoden gegeben, wobei jeweils nur die Aspekte betrachtet werden, die für den vorliegenden Beitrag von Bedeutung sind.

3.1 Abgeleitete Teilprobleme

3.1.1 Disposition

Der Begriff Disposition bezeichnet in der Regel die Zuteilung von Ressourcen in Abhängigkeit von terminlichen Restriktionen (Gudehus 2012a). Erfolgt die Zuteilung im Hinblick auf vorliegende Aufträge, handelt es sich um Auftragsdisposition. Diese hat die Erfüllung der Auftragsanforderungen unter kostenoptimaler Auslastung der verfügbaren Ressourcen zum Ziel und kann, je nach Häufigkeit und Planungshorizont in statische und dynamische Disposition unterschieden werden (Gudehus 2012b).

Im betrachteten Anwendungsfall der Veranstaltungslogistik handelt es sich um eine ereignisdynamische Disposition, d.h., die Ressourcenzuteilung wird in Abhängigkeit vom Eintreten dispositionsrelevanter Ereignisse ausgeführt. Zu diesen Ereignissen gehörten Neuaufträge, Auftragsänderungen oder Ressourcenausfälle, die eine Auftragsbefreiung auf dem derzeitigen Planungsstand unmöglich machen und somit eine Neuplanung erfordern (Gudehus 2012a). Für das Umlaufmanagement von Verleihartikeln in der Veranstaltungslogistik unterliegt der Dispositionsbegriff einigen Einschränkungen. Da Verleihartikel umlaufende Gebrauchsgüter darstellen, bedingt die Auftragsdisposition in diesem Zusammenhang keine Fertigungsaufträge, so dass keine Fertigungsdisposition notwendig ist. Weiterhin findet ein Bestellmanagement nur im Zusammenhang mit Neuanschaffungen statt.

3.1.2 Touren- und Routenplanung

Die Planung von Touren ist ein häufiges Problem in Planungs- und Ablaufprozessen. Die Touren-, oder auch Transportplanung, betrachtet die Zusammenstellung von Transportaufträgen zu Touren, die eine möglichst optimale Auslastung der verfügbaren Transportmittel garantiert. Die Reihenfolge der Aufträge impliziert die zu fahrende Route und orientiert sich an der Einhaltung ökonomischer Zielvorgaben, wie beispielsweise einer minimalen Fahrstrecke oder –zeit (Rieck 2009). Die Kombination aus Touren- und Routenplanung stellt also ein Entscheidungsproblem hinsichtlich der Zusammensetzung der Ladung und des Transportweges dar (Wenger 2010). Dieses liegt, je nach Ausprägung der Rahmenbedingungen, als Traveling Salesman Problem (TSP), Vehicle Routing Problem (VRP) oder Pickup and Delivery Problem (PDP) vor (Parragh et al. 2008).

Die Veranstaltungslogistik stellt eine Mischform aus VRP und PDP dar, da zwar generell von einem Zentrallager aus operiert wird, gleichzeitig jedoch auch

auftragsspezifische Transportvorgänge zwischen den Veranstaltungsorten stattfinden können. Die Autoren sind daher geneigt, diese Problemstellung als Dynamic Multi Vehicle Pickup and Delivery Problem with Time Windows (DMVPDPTW) einzuordnen. Diese Problemklasse betrachtet, ausgehend von einem Zentrallager, mehrere Transportmittel und Zielorte, wobei der Planung Termin- und Umweltrestriktionen (Staus, etc.) zugrunde liegen (Larsen 2001).

3.2 Angewendete Methoden

Die integrierte Lösung der skizzierten Teilaspekte der Disposition im Bereich in der Veranstaltungslogistik fußt auf einer kombinierten Anwendung von Methoden aus dem Bereich der Selbststeuerung. Der Begriff Selbststeuerung bezeichnet ein Paradigma in Produktion und Logistik, welches den Transfer von Entscheidungskompetenz weg von zentralen Instanzen hin zu den betroffenen Objekten vorsieht (Windt und Hülsmann 2007). Die im Folgenden vorgestellten Methoden entstammen daher entweder vollständig der Forschung im Bereich der Selbststeuerung oder stellen Modifikationen bestehender Ansätze und deren Implementierungen dar.

3.2.1 Multiagentensimulation

Multiagentensysteme (MAS) zielen auf die Lösung von komplexen Problemen durch Kooperation einer Vielzahl einzelner Einheiten, sogenannter Softwareagenten ab (Wooldridge 2009). Diese repräsentieren Teilaspekte des betrachteten Problems und verfügen über entsprechende Eigenschaften, bestehend aus objektspezifischen Fertigkeiten, der zugehörigen Wissensbasis und individuellen Zielen.

Die Problemlösung in, bzw. mittels Multiagentensystemen vollzieht sich durch kooperative Betrachtung der abgebildeten Teilprobleme in Verhandlungen zwischen den beteiligten Agenten. Diese verfolgen hierbei unter Einsatz ihrer spezifischen Fähigkeiten und des implizierten Wissens ihre individuellen Zielfunktionen. Grundgedanke dieses Vorgehens ist die Annahme, dass eine Erfüllung der Ziele jedes einzelnen Agenten zur Lösung der mit diesen verbundenen Teilprobleme und in Summe auch des Gesamtproblems führt (Ferber et al. 2004).

Kern des vorgestellten Dispositionssystems ist die Simulationssoftware PlaSMA (Platform for Simulations with Multiple Agents) (Warden et al. 2010). Diese basiert auf der Agentenplattform JADE, betrachtet jedoch speziell die Simulation selbststeuernder logistischer Systeme (Gehrke et al. 2010).

3.2.2 Selbststeuernde Routenplanung

Die Lösung des Teilproblems der Routenplanung wird im vorgestellten Dispositionssystem auf die Agenten übertragen, die innerhalb der Simulation als Repräsentanten der Transportmittel fungieren. Die dazu notwendigen Fähigkeiten und das daraus resultierende Verhandlungsverhalten orientieren sich hierbei am Distributed Logistics Routing Protocol (DLRP). Dieses Protokoll überträgt Mechanismen des Routings von Datenpaketen durch Informationsnetzwerke auf die Wegfindung autonomer Objekte in logistischen Netzwerken (Rekersbrink 2008).

Hierbei verfolgt das DLRP fünf Grundprinzipien um ein selbständiges, reaktives Routing in komplexen und dynamisch veränderlichen Netzwerken zu ermöglichen (Rekersbrink 2009):

- *Zielaufteilung*: Entscheidungen hinsichtlich des Vorgehens zur Zielerreichung werden auf die autonomen Objekte verteilt.
- *Informationsbeschaffung*: Die Objekte beschaffen sich selbst die notwendigen Informationen zur Entscheidungsfindung.
- *Informationsbroker*: Knoten im Netzwerk dienen als Basis für den Informationsaustausch.
- *Routenanmeldung*: Gewählte Routen werden angemeldet.
- *Reaktivität*: Das Routing wird regelmäßig neu angestoßen.

3.2.3 Informationsbeschaffung

Die dezentrale Entscheidungsfindung, die dem DLRP und der PlaSMA-Simulation zugrunde liegt, stellt eine wesentliche Grundlage der Selbststeuerung dar (Windt und Hülsmann 2007). Um die dafür notwendige Informationstransparenz sicherzustellen, kommen moderne Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) zum Einsatz. Das vorgestellte Dispositionssystem bezieht seine Informationen aus der Auftrags- und Bestandsdatenbank des Beispielunternehmens. Wie in Abschnitt 2 skizziert, decken die Bestandsdaten jedoch nur die Ladevorgänge am Zentrallager ab, alle Materialbewegungen an den Veranstaltungsorten werden entweder gar nicht oder nur lückenhaft dokumentiert.

Um die Voraussetzungen für dezentrale Entscheidungen zu schaffen, sollen die Transportfahrzeuge des Beispielunternehmens mit einem Modul zur Informationsbeschaffung ausgestattet werden. Dieses beinhaltet eine Ortungskomponente auf Basis des Global Positioning Systems (GPS), eine Komponente zur Identifikation durch RFID (Radio Frequency Identification) und zwei Bewegungsmelder zur Erkennung der Laderichtung. Weitere Bestandteile sind ein Industrie-PC zur Aufbereitung der gesammelten Daten, ein UMTS-Router (Universal Mobile Telecommunication System) für deren Übertragung und eine Stromversorgung für das Gesamtsystem. Das Modul wurde im Zuge erster Labortests prototypisch implementiert und ist so ausgeführt, dass es schnell befestigt und rückstandslos entfernt werden kann, um eine Verwendung in Mietfahrzeugen zu ermöglichen (Harjes & Scholz-Reiter, 2012).

4 Implementierung und erste Ergebnisse

4.1 Soll-Prozess

Der Implementierung des Distributionssystems liegt ein Soll-Prozess zugrunde, der die bisher von einem Experten zentral getroffenen Distributionsentscheidungen durch dezentrale Verhandlungen von Agenten in der Simulation ersetzt. Hierzu wurden alle beteiligten Ressourcen wie Artikel, Transportfahrzeuge und Personal durch entsprechende Agenten repräsentiert. Anzahl und Beschaffenheit sind hierbei den Bestandsdaten des Beispielunternehmens entnommen, die Terminrestriktionen und Positionen der Veranstaltungsorte werden aus den Auftragsdaten abgeleitet.

Die Verhandlungen zwischen den Agenten innerhalb der PlaSMA-Simulation verlaufen bidirektional, die Anfragen hinsichtlich Verfügbarkeit folgen einem Top-Down Ansatz, die Zusagen werden in Gegenrichtung (Bottom-up) erteilt. D.h., die

Artikellisten-Manager, von denen es einen pro Projekt einen gibt, verhandeln mit den gewünschten Artikeln, diese wiederum mit ihren Komponenten, falls vorhanden, und dann mit den Transportmitteln und dem erforderlichen Personal. Die Planung einer Veranstaltung ist abgeschlossen, wenn die benötigten Artikel, Transportkapazitäten und das zugehörige Personal zugewiesen sind.

Die Tourenplanung findet in den Verhandlungen zwischen den Artikeln, und den Transportmitteln statt. Hier wird, dem DLRP folgend, aus den Rahmenbedingungen der Projekte hinsichtlich Ort, Veranstaltungsdauer sowie den notwendigen Zeitfenstern für den Auf- und Abbau eine Route generiert. Kommen neue Veranstaltungen hinzu, wird die Planung entsprechend ergänzt, wobei auch an den Veranstaltungsorten verfügbares Material berücksichtigt wird. In diesem Sinne können Veranstaltungen als temporäre Zwischenlager in einem veränderlichen Logistiknetzwerk aufgefasst werden, an denen Umladevorgänge möglich sind.

4.2 Implementierung

Der Stand der Implementierung beinhaltet die notwendigen Anpassungen der PlaSMA-Plattform an die Anforderungen einer Steuerungsmethode. D.h. es wurden Schnittstellen zu den Bestands- und Auftragsdatenbanken im ERP des Beispielunternehmens erstellt und eine grafische Benutzeroberfläche für die Verwaltung der zu disponierenden Veranstaltung sowie die Ausgabe der erzeugten Dispositionsergebnisse erstellt. Die Plausibilität der Planungsergebnisse wurde in ersten Testszenarien nachgewiesen, deren Ergebnisse im nächsten Abschnitt erläutert werden. Die Simulationsdurchführung erfolgt auf dem momentanen Stand in mehreren iterativen Durchläufen, auf eine Veränderung der Parameter wird durch einen Neustart der Simulation reagiert. Zukünftige Implementierungen sind dahingehend ausgerichtet, dass die Änderungen dynamisch zur Laufzeit berücksichtigt werden können, die Planung also betriebsbegleitend erfolgen kann.

4.3 Erste Ergebnisse

Die ersten Testläufe dienen dazu, erste Fragen hinsichtlich der Plausibilität und Robustheit des Distributionssystems zu beantworten. Hierzu wurden vier Testszenarien definiert, die jeweils von fünf Veranstaltungen in vier Städten ausgehen. Sie erstrecken sich über insgesamt drei Tage und sollen mit maximal drei Fahrzeugen bedient werden. Dabei unterscheiden sie sich in der Anzahl der angeforderten Artikel. Das hierbei betrachtete Logistiknetz sowie die Veranstaltungsorte sind auf Abbildung 1 zu sehen.

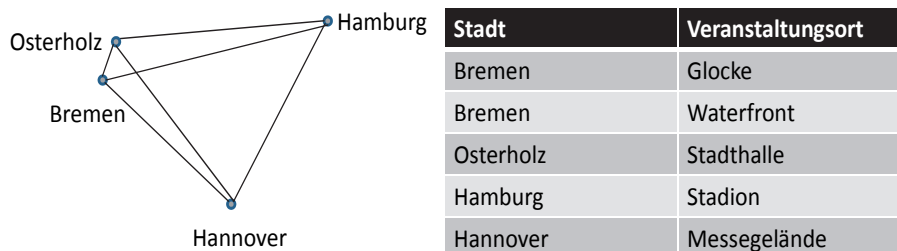


Abbildung 1: Wegenetz und Veranstaltungsorte

Zu den gemeinsamen Parametern gehört weiterhin die Zusammensetzung des Fuhrparks, der aus zwei Lkw mit je 40 Tonnen Nutzlast und einem Pkw besteht. Die Entfernungen und die Straßentypen (Stadt, Land- und Bundesstraßen sowie Autobahnen) sind internetbasierten Navigationsdiensten (Google Maps©, bzw. OpenStreetMap) entnommen. Darauf basierend wird in den betrachteten Szenarien von einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 70 km/h für die Lkw und von 100 km/h für den Pkw ausgegangen.

Die Ergebnisse der Simulationsläufe sind in Tabelle 1 zu sehen. Die Spanne der insgesamt angeforderten Artikel liegt in den vier Szenarien zwischen 35 und 100, wobei es sich bei einem Artikel beispielsweise um eine einzelne Bank, einen Transportkoffer mit Technik oder eine Palette mit mehreren Stühlen handeln kann.

Tabelle 1: Ergebnisse für zwei der eingesetzten Fahrzeuge

Anzahl Artikel	100	75	50	35
Laufzeit (sek.)	126	35	13	4
Fahrzeug 1 (Pkw)				
Anzahl Events	3	2	2	2
Route	GLB, SH, SHO	GLB, SH	GLB, SH	GLB, SH
Gesamtstrecke(km)	296,7	251	251	251
Artikelstrecke(km)	3913,6	1875	1367	375
Artikelbelegung	13,2	7,5	5,5	1,5
Ladevolumen (m ³)	1,8	3,3	3,2	2,1
Ladegewicht (kg)	133,9	114,5	103,7	31,9
Fahrzeug 2 (Lkw)				
Anzahl Events	4	3	3	3
Route	GLB,WFB,MHH, SHO	GLB,WFB, SHO	GLB,WFB, SHO	GLB,WFB, SHO
Gesamtstrecke (km)	323,4	279,7	279,7	279,7
Artikelstrecke (km)	23276,4	4503,9	2812	2394,6
Artikelbelegung	72	16,1	10	12
Ladevolumen (m ³)	45,7	12,4	12,5	12
Ladegewicht (kg)	2286,2	596,2	573,7	534,9
Legende:	GLB/WFB: Glocke/ Waterfront Bremen	SH: Stadion Hamburg	MHH: Messehallen Hannover	SHO: Stadthalle Osterholz

Entsprechend der heterogenen Artikeleigenschaften kann die Auslastung der Transportmittel nicht allein über die Anzahl oder das Gewicht der Artikel, sondern nur unter Berücksichtigung des Volumens ermittelt werden. In den Ergebnissen sind daher neben der durchschnittlichen Anzahl der transportierten Artikel auch der Durchschnitt der Nutzlast und die Volumenbelegung als zusätzliche Indikatoren aufgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Dispositionssystem in der Lage ist, die dezentrale Disposition für alle vier Größenordnungen des Testszenarios zu lösen, die Laufzeit für die Simulation liegt hier zwischen vier Sekunden für das kleinste und 126 Sekunden für das größte Szenario. Die beiden Fahrzeuge bewegen sich zwischen drei, bzw. vier Veranstaltungen und transportieren dabei zwischen 13 und 72 Artikeln, was einem Ladevolumen von $1,8\text{m}^3$ ($=133,9\text{kg}$) für den Pkw und $45,7\text{m}^3$ für den betrachteten Lkw ($=2286,2\text{kg}$) entspricht. Die Volumenauslastung liegt hierbei bei über 90% bzw. bei 52%. Der dritte, nicht in der Tabelle aufgeführte Lkw, ist weniger ausgelastet, er transportiert durchschnittlich 23,8 Artikel mit einem Volumen von $11,4\text{m}^3$ und einem Gewicht von $603,8\text{kg}$, was einer Auslastung von lediglich 13% in Bezug auf das Volumen entspricht. Die Auslastung des Pkw wurde hierbei vorrangig mit Kleinartikeln (Kabel, Cateringzubehör, Personal, etc.) erzielt, die Lkw entsprechend mit den großvolumigen Artikeln beladen. Eine Verbesserung der Auslastungen wäre in diesem Fall durch eine Anpassung des Fuhrparks erreichbar, zukünftige Simulationen werden Lkw mit 7,5t und Kleintransporter mit bis zu 4t berücksichtigen.

Im Hinblick auf die Termineinhaltung gelang für alle Veranstaltungen eine zeitgemäße Anlieferung der benötigten Artikel. Bei der zeitlichen Planung wurden hier neben der Dauer der eigentlichen Veranstaltung Zeitfenster von jeweils bis zu zwei Stunden für den Aufbau und Abbau veranschlagt, die angenommene Dauer der Ladevorgänge an den Veranstaltungsorten liegt bei 30 Minuten. Weitere Restriktionen betrafen die Dauer der Gesamttouren, hier wurden Zeiten von maximal acht Stunden veranschlagt, um die Schichtlängen des Beispielunternehmens abzubilden. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass alle Fahrzeuge nach Abschluss ihrer Touren zum Zentrallager zurückkehren und dementsprechend zu Schichtbeginn von dort aus starten.

Insgesamt betrachtet sind die Ergebnisse der ersten Testläufe vielversprechend. Es gelang, aller Veranstaltungen mit dem zur Verfügung stehenden Fuhrpark zu bedienen und hierbei die verfügbaren Zeitfenster einzuhalten. Verbesserungspotentiale deuten sich bei der erzielten Auslastung der Fahrzeuge an. Zukünftige Tests mit entsprechend hochskalierten Parametern im Hinblick auf die Anzahl der Artikel und Veranstaltungsorte sowie die Heterogenität des Fuhrparks werden hier Aufschluss über die Güte der logistischen Zielerreichung geben.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der vorliegende Beitrag befasst sich mit dem Konzept einer selbststeuernden Disposition von Verleihartikeln auf Basis einer Multiagentensimulation. Hierzu werden die Grundlagen des Systems sowie der angewandten Selbststeuerungsmethoden vorgestellt und ein Einblick in den aktuellen Stand der Arbeiten gegeben. Die Ergebnisse der ersten Testläufe zeigen, dass die erzeugten

Planungsdaten plausibel sind und als Basis weiterer Optimierungen hinsichtlich der logistischen Zielerreichung genutzt werden können.

Die weiteren Arbeiten werden entsprechend die Optimierung der Zielfunktionen der einzelnen Agentenklassen vor dem Hintergrund größerer Szenarien betrachten. Um eine Bewertung der Leistungsfähigkeit des selbststeuernden Dispositionsansatzes zu ermöglichen, ist eine Betrachtung der zugrunde gelegten Testszenarien mittels etablierter Tourenplanungsansätze geplant. Diese wird einen direkten Vergleich hinsichtlich der Güte der erzielten Dispositionsergebnisse ermöglichen.

Im Hinblick auf die Durchführung der Simulationsläufe wird die dynamische Berücksichtigung neuer, planungsrelevanter Ereignisse angestrebt, so dass keine iterativen Neustarts der Simulation mehr notwendig sind. Ergänzend zu den logistischen und informationstechnischen Optimierungspotentialen wird eine Wirtschaftlichkeitsanalyse zeigen, inwiefern das konzipierte Dispositionssystem in der Veranstaltungslogistik, bzw. allgemein im Umlaufmanagement von Verleihartikeln ökonomisch einzusetzen ist.

Danksagung

Dieser Beitrag entstand unter Förderung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 637 – Teilprojekt T6.

Literatur

- Allen, J.; O'Toole, W.; Harris, R.; & McDonnel, I.: *Festival and Special Event Management* (5. Ausg.). Hoboken, NY, USA: John Wiley and Sons 2010.
- Applegate, D.; Bixby, R.; Chvatal, V.; Cook, W.: *The Travelling Salesman Problem: A Computational Study*. Princeton: Princeton University Press 2006.
- Bellifemine, F.; Caire, G.; Vitaglione, G.; Rimassa, G.; Greenwood, D.: *The JADE Platform and Experiences with Mobile MAS Applications*. In R. Unland, M. Klusch, & M. Calisti, *Software Agent-Based Applications, Platforms and Development Kits - Whitestein Series in Software Agent Technologies* (S. 1-20). Basel: Birkhäuser 2005.
- Ferber, J., Gutknecht, O.; Michel, F.: *From agents to organisations: An organisational view of multi-agent systems*. In P. Giorgini, J. Möller, & J. Odell (Hrsg.), *Lecture Notes in Computer Science - Agent-Oriented Software Engineering IV* (Bd. 2935, S. 214-230). Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2004.
- Gehrke, J.; Herzog, O.; Langer, H.; Malaka, R. P.; Warden, T.: *An Agent-based Approach to Autonomous Logistic Processes - Collaborative Research Centre 637: Autonomous Cooperating Logistic Processes*. *KI-Künstliche Intelligenz*, 24(2) 2010, S. 137-141.
- Ghaziri, H.; Osman, I.: *Self-Organizing Feature Maps for the Vehicle Routing Problem with Backhauls*. *Journal of Scheduling* 2006, 9, S. 97 - 114.
- Gudehus, T.: *Auftragsdisposition und Produktionsplanung*. In T. Gudehus, *Logistik 1 - VDI Buch* (S. 279-317). Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2012.
- Gudehus, T.: *Dynamische Disposition - Strategien, Algorithmen und Werkzeuge zur optimalen Auftrags-, Bestands- und Fertigungsdisposition* (3. Ausg.). Berlin: Springer Verlag 2012.

- Harjes, F.; Scholz-Reiter, B.: Autonomous control in event logistics. In M. Affenzeller, A. Bruzzone, F. De Felice, C. Del Rio Vilas, M. Frydman, M. Massei, & Y. Merkurjev (Hrsg.), Proceedings of the 11th International Conference on Modeling and Applied Simulation 2012 (S. 302-308). Rende (CS), Italy: DIME, University of Genua.
- Huth, T.; Mattfeld, D.: Integration of Routing and Resource Allocation in Dynamic Logistic Networks. In H.-J. Kreowski, B. Scholz-Reiter, & H.-D. Haasis (Hrsg.), Dynamics in Logistics (S. 85-93). Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2008.
- Larsen, A.: The Dynamic Vehicle Routing Problem. PhD Thesis. Lyngby: IMM 2001.
- Parragh, S.; Doerner, K.; Hartl, R.: A survey on pickup and delivery problems. Part II: Transportation between pickup and delivery locations. Journal für Betriebswirtschaft 2008.(58), S. 81-117.
- Rekersbrink, H.: Methoden zum selbststeuernden Routing autonomer logistischer Objekte - Entwicklung und Evaluierung des Distributed Logistics Routing Protocol (DLRP). Dissertation, Universität Bremen, Fachbereich Produktionstechnik, Bremen, 2009.
- Rekersbrink, H.; Makuschewitz, T.; Scholz-Reiter, B.: A Distributed Routing Concept for Vehicle Routing Problems. Logistics Research 1 (2008), S. 45-52.
- Rieck, J.: Problemstellungen der Tourenplanung. In J. Rieck, Produktion und Logistik - Tourenplanung mittelständischer Speditionunternehmen (S. 7-50). Wiesbaden: Gabler Verlag 2009.
- Scholz-Reiter, B.; Sowade, S.; Hildebrandt, T.; Rippel, D.: Modeling of Orders in Autonomously Controlled Logistic Systems. Production Engineering Research & Development 4 (2010), S. 319-325.
- Warden, T.; Porzel, R.; Gehrke, J. H.; Langer, H.; Malaka, R.: Towards Ontology-based Multiagent Simulations. In E. Bargelia, A. Azam, S. Ali, & D. Crowley (Hrsg.), 24th European Conference on Modeling and Simulation (ECMS2010), (S. 50-56). Kuala Lumpur 2010.
- Wenger, W.: Generelle Tourenplanungsprobleme. Multikriterielle Tourenplanung, S. 39-92 2010.
- Windt, K.; Hülsmann, M.: Changing Paradigms in Logistics - Understanding the Shift from Conventional Control to Autonomous Cooperation and Control. In M. Hülsmann, & K. Windt (Hrsg.), Understanding Autonomous Cooperation & Control - The Impact of Autonomy on Management, Information, Communication and Material Flow (S. 4-16). Berlin: Springer Verlag 2007.
- Wooldridge, M.: An Introduction to MultiAgent Systems (2. Ausg.). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons 2009.