

# Selbststeuerung in der Transportlogistik

## Evaluation einer Selbststeuerungsmethode anhand dynamischer Pickup and Delivery Probleme

Henning Rekersbrink und Bernd-Ludwig Wenning,  
Universität Bremen



Dipl.-Ing. Henning Rekersbrink leitet die Abteilung Dynamik und Komplexität am BIBA - Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH an der Universität Bremen. Sein Arbeitsschwerpunkt ist die Selbststeuerung transport- und produktionslogistischer Prozesse.



Dr.-Ing. Bernd-Ludwig Wenning ist Postdoc in der Arbeitsgruppe Kommunikationsnetze an der Universität Bremen. Sein Arbeitsschwerpunkt liegt auf dem Gebiet der Routingverfahren in Kommunikationsnetzen und logistischen Netzen.

Szenarien gelöst werden sollen. Das vorgestellte Selbststeuerungskonzept Distributed Logistics Routing Protocol (DLRP) wurde dagegen für sich dynamisch verändernde Umgebungen entwickelt und lässt die beteiligten logistischen Objekte selbst Entscheidungen treffen. Ein Vergleich des DLRP mit einem klassischen Algorithmus anhand von modifizierten PDP-Szenarien wird im Folgenden als Evaluation des Selbststeuerungskonzepts vorgestellt.

namik und Komplexität“. Hieraus wird deutlich, dass durch die Entwicklung und den Einsatz von Selbststeuerung in der Logistik allgemein versucht wird, der steigenden Dynamik und Komplexität dieser Systeme gerecht zu werden. Somit wird durch die Selbststeuerung versucht, den Problemlösungsansatz von einer Planung oder Optimierung vollständig gegebener Problemstellungen hin zu einer Steuerung fortlaufender Prozesse zu verschieben. In der Produktionslogistik konnte die Leistungsfähigkeit von Selbststeuerungsstrategien auf verschiedenen Ebenen bereits nachgewiesen werden – auch das DLRP ist als Selbststeuerungskonzept für die Fertigung geeignet [2, 3].

Die traditionelle Betrachtungsweise transportlogistischer Aufgaben basiert auf einer zentralen statischen Sicht, aus welcher heraus versucht wird, eine gegebene Problemstellung optimal zu lösen. Etablierte und gut untersuchte Problemstellungen in diesem Bereich sind beispielsweise das Vehicle Routing Problem (VRP) oder das Pickup and Delivery Problem (PDP). Die Algorithmen dieser Betrachtungsweise geraten jedoch an ihre Grenzen, wenn mit Ihnen dynamische und realitätsnahe transportlogistische

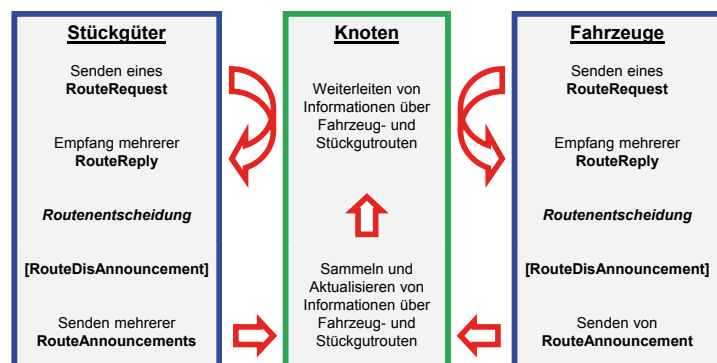
Die globale Definition von Selbststeuerung kann bei Philipp u.a. in [1] gefunden werden: „Selbststeuerung beschreibt Prozesse dezentraler Entscheidungsfindung in heterarchischen Strukturen. Sie setzt voraus, dass interagierende Elemente in nichtdeterministischen Systemen die Fähigkeit und Möglichkeit zum autonomen Treffen von Entscheidungen besitzen. Ziel des Einsatzes von Selbststeuerung ist eine höhere Robustheit und positive Emergenz des Gesamtsystems durch eine verteilte, flexible Bewältigung von Dy-

Die Anwendung der Selbststeuerung für die Transportlogistik führte zu der Entwicklung des sogenannten Distributed Logistics Routing Protocol (DLRP). Auch hier liegt der Fokus auf einem Steuerungsgedanken, im Gegensatz zu traditionellen Methoden im Bereich der Transportlogistik, welche auf Optimierungsmethoden basieren. Die etablierten Problemstellungen in diesem

### Kontakt

BIBA - Bremer Institut für  
Produktion und Logistik GmbH  
Hochschulring 20  
28359 Bremen  
Tel.: 0421 / 218-5557  
Fax: 0421 / 218-5640  
E-Mail: rek@biba.uni-bremen.de

Bild 1:  
Schema des  
DLRP (nach  
[6]).



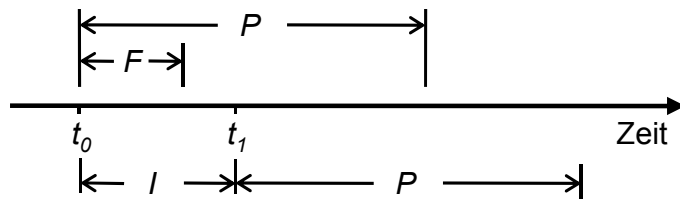


Bild 2: Methodik der rollierenden Zeithorizonte nach Psaraftis [10].

Bereich, wie beispielsweise das Vehicle Routing Problem (VRP) oder das Pick-up and Delivery Problem (PDP), bilden trotz starker Vereinfachungen noch immer die Grundlage zur Bewertung neuer Verfahren in diesem Bereich. Durch die Verschiedenartigkeit der Ansätze ist es jedoch nicht möglich, das DLRP direkt auf diese etablierten Problemstellungen anzuwenden und mit den bekannten besten Lösungen zu vergleichen. Daher wurde in einem ersten Schritt das DLRP auf ein modifiziertes statisches VRP angepasst und mit einem entsprechend adaptierten klassischen Algorithmus verglichen. Das DLRP zeigte hier vergleichbare Leistungen, birgt jedoch wesentlich mehr Möglichkeiten als ein Optimierungsalgorithmus [4].

In diesem Beitrag wird nun das DLRP mittels angepasster dynamischer PDP-Szenarien mit einem traditionellen Algorithmus verglichen. Nach einer Beschreibung des DLRP wird auf die Herausforderungen bei der Evaluation und der Anpassung beider Methoden eingegangen. Anschließend werden der erstellte klassische Vergleichsalgorithmus und die verwendeten Szenarien im Einzelnen vorgestellt. Eine Darstellung der Ergebnisse und eine Zusammenfassung folgen abschließend.

### Distributed Logistics Routing Protocol

Die Grundidee des DLRP basiert auf der Ähnlichkeit von Datenkommunikation und Transportaufgaben. In der Datenkommunikation, wie beispielsweise im Routing von Datenpaketen im Internet, wurde seit den Anfängen eine zentrale Sichtweise vermieden und es wurden dezentrale Algorithmen verwendet. Aufgrund der Netzgröße ist es prinzipiell nicht möglich, an einer zentralen Instanz alle notwendigen Daten

aktuell zur Verfügung zu halten, um dann eine Optimierung oder Steuerung aus zentraler Sicht durchzuführen. Die Übertragung solcher Routingprotokolle auf Transportaufgaben war daher der Ursprung des DLRP.

Die Grundlage der Selbststeuerung sind autonom agierende und entscheidende logistische Objekte, welche dann in der Menge der Einzelentscheidungen ein System steuern. Im DLRP sind die im Wortsinn entscheidenden logistischen Objekte Fahrzeuge und Stückgüter. Diese sammeln die zur Entscheidung notwendigen Informationen durch Route Discovery Methoden, welche den Routingalgorithmen der Datenkommunikation entliehen sind.

Anhand von Bild 1 kann das Grundschema des DLRP verdeutlicht werden. Hat beispielsweise ein Fahrzeug eine neue Routenentscheidung getroffen, so meldet es die vorherige geplante Route ab (RouteDisAnnouncement) und sendet entsprechende Anmeldungen (RouteAnnouncement) an alle beteiligten Knoten der neuen Route. Die Knoten, z.B. Güterverkehrszentren, verfügen damit über aktuelle Informationen darüber, wann welches Fahrzeug mit welcher Ladekapazität verfügbar ist und wohin es fährt. Benötigt nun ein Stückgut eine Route, so sendet es ein sogenanntes RouteRequest an den nächsten Knoten, welcher seine aktuellen Informationen darin ablegt und die Anfrage an alle sinnvollen Nachbarn weitersendet. Hat ein RouteRequest den Zielort des Stückguts erreicht, wird es als eine mögliche Route mit allen gesammelten Informationen an das Stückgut zurückgesendet (RouteReply). Dieses entscheidet sich nun für eine oder mehrere der möglichen Routen und sendet entsprechende Anmeldungen an die beteiligten Knoten (RouteAnnouncements). Diese Informationen über die Stückgutrouten

werden analog zur Routenentscheidung der Fahrzeuge verwendet. Welche Informationen im DLRP ausgetauscht werden, kann frei bestimmt werden. Neben notwendigen Informationen über Kapazität, Gewicht, Größe und Zeiten können auch Spezifikationen, wie z.B. notwendige Kühlung, Gefahrgut oder Dringlichkeit, ausgetauscht und in die Routenentscheidungen integriert werden [5]. Des Weiteren sind die angemeldeten Routen im DLRP nicht festgeschrieben, sondern die logistischen Objekte können aufgrund einer veränderten Lage ein neues Routing durchführen und sich für andere Routen entscheiden.

Ein wichtiger Aspekt des DLRP ist, dass auf die beschriebene Weise ein fortlaufender Prozess von Entscheidungen und Informationsaustausch entsteht. Hierdurch sind zum einen ständig aktuelle Informationen vorhanden und zum anderen kann sich das System an Veränderungen leicht anpassen. Dies entspricht eher einer Steuerung als einer Planung oder einer Optimierung. Für eine genauere Beschreibung des DLRP siehe z.B. [4] oder [6].

### Herausforderungen bei der Evaluation

Für die Evaluation dieses neuen Konzepts ergeben sich durch die grundlegend neue Betrachtungsweise der Problemstellung in der Transportlogistik neue Herausforderungen. Die Herangehensweise der Selbststeuerung basiert auf einem Steuerungsgedanken, wodurch diese Methoden für eine statische Problemstellung tendenziell weniger geeignet oder teilweise nicht anwendbar sind. Andererseits basieren die gängigen Verfahren des Operations Research auf einem Optimierungsverständnis. Sie benötigen alle Daten einer Problemstellung im Vorhinein und versuchen damit eine optimale Lösung zu erzeugen. Vom Grundsatz her sind diese Methoden daher zunächst nicht in der Lage, dynamische Problemstellungen zu lösen. Dies zeigt sich auch an den etablierten Benchmark-Pro-

blemstellungen in diesem Bereich, wie beispielsweise das VRP oder das PDP. Nachdem diese Problemstellungen um neue statische Aspekte erweitert wurden, z.B. Zeitfenster oder begrenzte Kapazitäten, wird erst in letzter Zeit versucht, mit den eigentlich statischen Algorithmen durch Mechanismen der rollierenden Planung dynamische Problemstellungen anzugehen. Hierzu fehlen bisher jedoch Benchmark-Problemstellungen und entsprechend veröffentlichte beste Lösungen. Durch das Fehlen dieser Benchmark-Problemstellungen war es zur Evaluation des DLRP notwendig, einen Algorithmus zum Vergleich selbst zu erstellen, welcher im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

Ein weiterer Unterschied zwischen dem neuen DLRP-Ansatz und den etablierten PDP-Algorithmen liegt im betrachteten Optimierungs- bzw. Steuerungsziel. Optimierungsalgorithmen minimieren in der Regel die insgesamt gefahrene Strecke. Im DLRP entscheiden dagegen alle logistischen Objekte für sich – mit möglicherweise unterschiedlichen Zielen (z.B. Auslastung, Pünktlichkeit, Sicherheit, Transportstrecke oder Umweltverträglichkeit). Beschränkt man das DLRP auf die beiden Ziele Auslastungsmaximierung für Fahrzeuge und Streckenminimierung für Stückgüter, so kann man annehmen, dass in diesem Fall global auch die Gesamtstrecke minimiert wird. Für den Spezialfall uniformer Fahrzeuge und Stückgüter kann dies direkt nachgewiesen werden [4].

Zu diesen Herausforderungen kommen noch kleinere Unterschiede in den für die unterschiedlichen Methoden notwendigen Szenarien. So werden für PDP-Szenarien Koordinaten für Aufträge verwendet und ein vollständig vermaschtes Transportnetz angenommen, während im DLRP ein Streckennetz (Bild 3) benötigt wird.

Insgesamt machen die aufgeführten Unterschiede einen Vergleich der Verfahren schwierig. Hier wurde der Weg gegangen, beide Seiten auf eine Art Kompromisszenario anzupassen. Unter diesem Gesichtspunkt müssen auch die

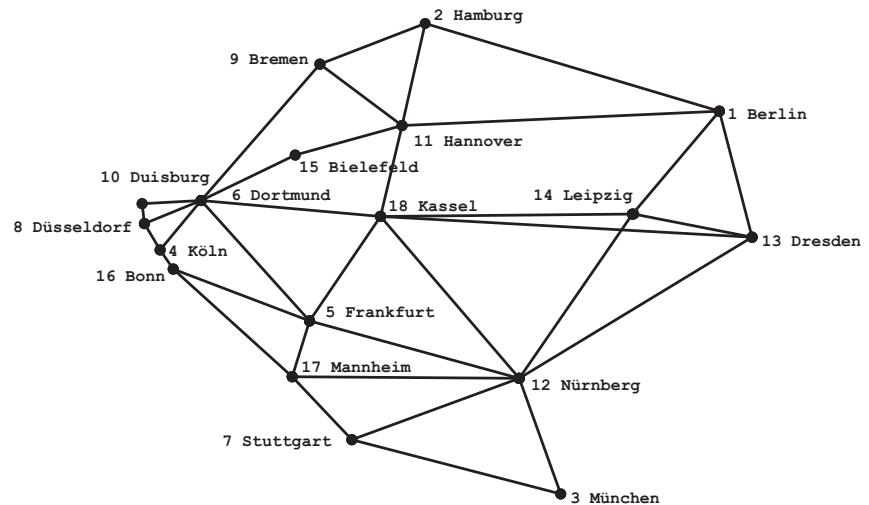


Bild 3: Topologie des verwendeten Szenarios (nach [11]).

unten dargestellten Ergebnisse verstanden werden. Beide Vergleichsmethoden sind ursprünglich für andere Anwendungen entwickelt worden und zeigen in den Szenarien nicht ihr vollständiges Potenzial.

## Vergleichsalgorithmus für das dynamische PDPTW

Einen sehr guten Algorithmus für das Pickup and Delivery Problem with Time Windows (PDPTW) stellt der von Ropke und Pisinger in [7] vorgestellte Algorithmus dar, welcher für viele der Benchmark-Instanzen von Lim und Li [8, 9] die beste bisher bekannte Lösung errechnet. Um einen qualitativ hochwertigen Vergleichsalgorithmus zu erhalten, wurde dieser Algorithmus von Ropke und Pisinger nachprogrammiert, an die Szenarien für die Evaluation angepasst und in eine anerkannte Methodik für rollierende Planung integriert. Hierdurch wurde ein rollierender Algorithmus für das dynamische PDPTW geschaffen, welcher als Benchmark zur Evaluation des DLRP dienen kann.

Die von Psaraftis in [10] vorgeschlagene Methodik für rollierende Planungshorizonte ist auf das dynamische Vehicle Routing zugeschnitten und wird in Bild 2 skizziert. Mit zu einem Zeitpunkt  $t_0$  zur Verfügung stehenden Informationen über Transportaufträge

wird eine statische Planung mit einem festen Planungszeithorizont  $P$  durchgeführt. Bekannte Transportaufträge jenseits dieses Zeithorizonts werden nicht betrachtet. Nach einem Zeitintervall  $I$ , zum Zeitpunkt  $t_1$ , wird erneut eine statische Planung durchgeführt, wobei der Pool der zu verplanenden Transportaufträge sich von der vorherigen Runde unterscheidet. Die in einem Anteil  $F$  des vorherigen Planungshorizonts  $P$  liegenden Aufträge werden als fest verplant betrachtet und aus dem Pool ebenso entfernt, wie begonnene und fertiggestellte Aufträge. Während des Zeitintervalls  $I$  kommen aufgrund der dynamischen Problemstellung neue Aufträge hinzu, welche in den Auftragspool integriert werden. Bereits in der vorherigen Runde geplante Aufträge, welche nicht als fest verplant gelten, werden dementsprechend in der nächsten Runde wieder in den statischen Planungsprozess eingebunden. Das Zeitintervall  $I$  kann fest gewählt oder an die aktuelle Situation angepasst werden.

Als statische Planung innerhalb der rollierenden Methodik wurde ein von Ropke und Pisinger in [7] vorgeschlagener Algorithmus für das PDPTW gewählt. Dieser ist im Prinzip eine Large Neighborhood Search Heuristik, wobei den Routen einer Lösung auf intelligente Weise immer wieder Aufträge

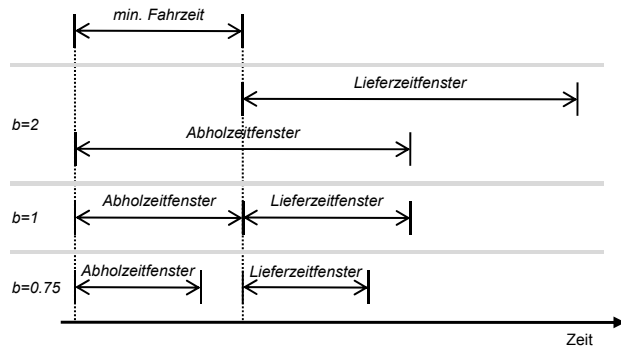


Bild 4: Bedeutung des Parameters  $b$  für die Zeitfensterbreite.

entnommen und in andere Routen eingearbeitet werden, um in einem großen Suchraum ähnliche sinnvolle Lösungen zu überprüfen. Ob in der durch den Austausch vorgegebenen Richtung weitergesucht oder eine andere Richtung eingeschlagen wird, entscheidet schließlich ein dem Simulated Annealing entlehntes Abkühlkriterium. Der nachprogrammierte Algorithmus, im folgenden RP genannt, wurde anhand der Instanzen von Li und Lim [9] überprüft.

Um eine Vergleichbarkeit der beiden Algorithmen herzustellen, musste der statische RP-Algorithmus in zwei Punkten angepasst werden. Zum einen ist es in der Originalversion dieses Algorithmus den Fahrzeugen erlaubt, zu früh an einem Standort anzukommen und dann auf einen Auftrag zu warten. Da innerhalb der aktuellen Version des DL-RP die Fahrzeuge nicht an den Knoten warten, wurde dies auch im RP-Algorithmus unterbunden. Weiterhin kann im DLRP ein Stückgutauftrag auch verspätet abgegeben werden. Um dies auch innerhalb des RP-Algorithmus zu erlauben, wurden die Zeitfensterrestriktionen entsprechend aufgeweicht, wobei ein Strafbetrag für eine Verspätung für die weitgehende Einhaltung der Zeitfenster sorgt. Der in diesen Punkten geänderte RP-Algorithmus wird im Folgenden modifizierter RP genannt.

### Szenarien

Die für die Evaluation benutzten Szenarien basieren auf der in Bild 3 dargestellten Topologie. Sie stellt ein grobes Verkehrsnetz von Deutschland mit seinen größten Städten dar.

Start und Zielorte der Transportaufträge sind gleichmäßig über alle 18 Knoten verteilt, ebenso wie die Startdepots der Fahrzeuge. Entgegen dem klassischen PDP haben die Fahrzeuge hier kein Enddepot, da ein fortlaufender Prozess betrachtet wird. Die Rate, mit welcher Transportaufträge entstehen, wird mit  $\lambda$  bezeichnet. Betrachtet wurden in dieser Evaluationsstudie drei verschiedene Raten,  $\lambda=0.15$ ,  $0.2$  und  $0.3$  Aufträge pro Zeiteinheit, wobei  $\lambda=0.3$  die größte Belastung des Systems bedeutet. Alle Szenarien bestehen aus 300 Aufträgen.

Für die Abhol- und Lieferzeitfenster der Transportaufträge wurden verschiedene Situationen großzügiger und enger Zeitfenster als Szenarien benutzt. Zur Bestimmung der Zeitfenstergröße dient der Parameter  $b$ , dessen Bedeutung in Bild 4 skizziert wird.

Der Abstand der Startzeitpunkte von Abhol- und Lieferzeitfenster ist immer gleich der minimal möglichen Fahrzeit zwischen Abhol- und Lieferort. Die Größe beider Zeitfenster ist gleich und errechnet sich über  $b \times$  minimale Fahrzeit. Kleine Werte von  $b$  bedeuten demnach enge Zeitfenster, große Werte von  $b$  weite Zeitfenster. Es wurden Szenarien für  $b=0.75$ ,  $1$ ,  $1.5$  und  $2$  zur Evaluation benutzt. Für alle 12 möglichen Varianten (4  $b$ - und 3  $\lambda$ -Varianten) wurden jeweils fünf verschiedene Replikationen erstellt und die jeweiligen Ergebnisse gemittelt.

### Ergebnisse

Nach dem letzten Transportauftrag läuft das System langsam leer, bis das letzte Stückgut am Zielort angekommen

men ist. Um hauptsächlich die voll ausgelastete Phase der Szenarien zu betrachten, wurde diese Auslaufphase nicht mitbetrachtet. Die Lieferungen wurden nur bis zum Startpunkt des Abholzeitfensters des letzten Transportauftrags betrachtet. Bis zu diesem Zeitpunkt haben die verschiedenen Systeme verschieden viele Stückgüter ausgeliefert, weswegen die insgesamt bis zu diesem Zeitpunkt gefahrene Strecke bezogen auf die Anzahl der ausgelieferten Aufträge bezogen wurde. In Bild 5 sind die Ergebnisse für die drei verschiedenen Systemeinstellungen (verschiedene  $\lambda$ ) und die verschiedenen Zeitfenstergrößen dargestellt.

Anhand der Ergebnisdarstellungen lassen sich verschiedene Feststellungen tätigen. Allgemein lässt sich feststellen, dass sich der originale und der modifizierte RP-Algorithmus ähnlich verhalten, wobei der originale Algorithmus grundsätzlich bessere Ergebnisse produziert. Dies kann auf die Möglichkeit des Wartens an Knoten zurückgeführt werden, da hierdurch wesentlich mehr Routenkombinationen möglich sind. Weiterhin werden beide RP-Algorithmen mit abnehmender Zeitfenstergröße schlechter. Auch dies kann mit den Kombinationsmöglichkeiten bei der Routenzusammenstellung begründet werden – bei engen Fenstern bleiben wesentlich weniger Möglichkeiten übrig. Im Gegensatz dazu kann beim DLRP keine eindeutige Abhängigkeit von der Zeitfenstergröße identifiziert werden.

Der Vergleich zwischen DLRP und RP modifiziert zeigt, dass bei den gegebenen Szenarien das DLRP bei engeren Zeitfenstern bessere Ergebnisse erzielt, während der modifizierte RP-Algorithmus für großzügige Zeitfenster besser wird. Im Bild nicht dargestellt ist die Anzahl der ausgelieferten Stückgüter. Diese ist im DLRP grundsätzlich größer, als mit RP modifiziert. Hier zeigt sich, dass der RP-Algorithmus natürlicherweise hauptsächlich die gefahrene Strecke optimiert und nicht auf die Auslieferungsbedingungen achtet. Im DLRP sorgen die Interessen der Stückgüter dagegen für einen Ausgleich der unter-



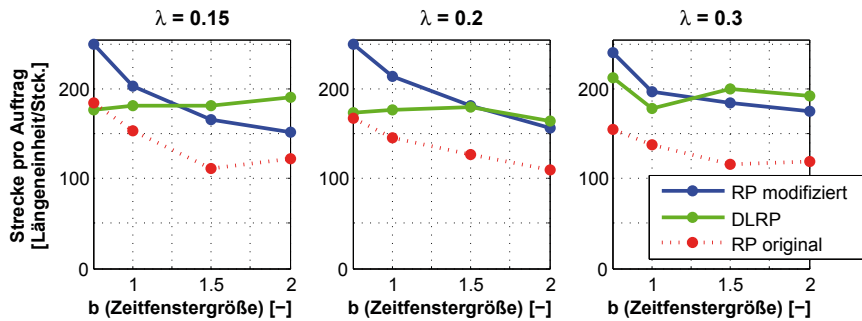


Bild 5: Ergebnisse der Evaluation anhand modifizierter PDPTW, erstrebt wird eine möglichst kleine Strecke pro Auftrag.

schiedlichen Ziele. Für unterschiedliche Einlastungen  $\lambda$  lässt sich kaum ein Unterschied oder Trend ausmachen. Einzig fällt auf, dass bei kleinen Zeitfenstern und geringeren Einlastungen das DLRP sogar minimal bessere Ergebnisse erzielt als der originale RP-Algorithmus.

## Zusammenfassung

Die vorgestellte Evaluationsstudie zeigt, dass das DLRP mit qualitativ hochwertigen klassischen Algorithmen im Bereich des dynamischen PDPTW vergleichbar ist. Aufgrund der Anpassungen beider Methoden auf das benutzte gemeinsame Szenario kann ein besser oder schlechter nicht allgemein auf die Algorithmen bezogen werden. Im Zusammenhang mit den vorhergehenden Ergebnissen für das statische VRP [4], kann das DLRP nun jedoch als eine Alternative zu Optimierungsalgorithmen im Bereich der Transportlogistik angesehen werden. Das DLRP bietet durch seinen alternativen Ansatz zusätzliche Vorteile gegenüber klassischen Verfahren. Es ist als Steuerungsverfahren grundsätzlich auf dynamische Situationen zugeschnitten und kann aufgrund der Entscheidungsfähigkeit der einzelnen logistischen Objekte viele verschiedene Ziele gleichzeitig verfolgen. Diese Flexibilität bildet einen Hauptnutzen des DLRP. Innerhalb des DLRP ist es sogar möglich, den Objekten einer Klasse verschiedene Ziele und Entscheidungskriterien zuzuordnen, wie es in der Realität oftmals der Fall ist. In der Regel gelten für jedes

Fahrzeug und für verschiedene Stückgüter jeweils andere Ziele, Restriktionen und Nebenbedingungen.

## Literatur

- [1] Philipp, T.; de Beer, C.; Windt, K.; Scholz-Reiter, B.: Evaluation of Autonomous Logistic Processes – Analysis of the Influence of Structural Complexity. In: Hülsmann, M.; Windt, K. (Hrsg): Understanding Autonomous Cooperation & Control in Logistics - The Impact on Management, Information and Communication and Material Flow. Berlin 2007, S. 303-324.
- [2] Scholz-Reiter, B.; Freitag, M.; de Beer, C.; Jagalski, Th.: Modelling dynamics of autonomous logistic processes: Discrete-event versus continuous approaches. In: Annals of the CIRP 54 (2005) 1, S. 413-417.
- [3] Scholz-Reiter, B.; Rekersbrink, H.; Görges, M.: Dynamic Flexible Flow Shop Problems - Scheduling Heuristics vs. Autonomous Control. In: CIRP Annals - Manufacturing Technology, 59 (2010) 1, S. 465-468.
- [4] Rekersbrink, H.; Makuschewitz, T.; Scholz-Reiter, B.: A distributed routing concept for vehicle routing problems. In: Logistics Research 1 (2009) 1, S. 45-52.
- [5] Rekersbrink, H.; Ludwig, B.; Scholz-Reiter, B.: Entscheidungen selbststeuernder logistischer Objekte. In: Industrie Management 23 (2007) 4, S. 25-30.
- [6] Scholz-Reiter, B.; Rekersbrink, H.; Freitag, M.: Kooperierende Routingprotokolle zur Selbststeuerung von Transportnetzen. In: Industrie Management 22 (2006) 3, S. 7-10.
- [7] Ropke, S.; Pisinger, D.: An Adaptive Large Neighborhood Search Heuristic for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows. In: Transportation Science 40 (2006) 4, S. 455-472.
- [8] Li, H.; Lim, A.: A Metaheuristic for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows. In: Proc. of the 13th IEEE Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2001), Dallas, USA, S. 160-170.

- [9] Transportation Optimization Portal (TOP), Department of Applied Mathematics, SINTEF ICT: Problems and benchmarks / PDPTW / Li & Lim benchmark. URL: <http://www.sintef.no/Projectweb/TOP/Problems/PDPTW/Li--Lim-benchmark/>, Abrufdatum 1.11.2010.
- [10] Psaraftis, H.: Dynamic vehicle routing problems. In: Vehicle Routing: Methods and Studies, Studies in Management Science and Systems 16 (1988), S. 223-248.
- [11] Wenning, B.-L.; Rekersbrink, H.; Becker, M.; Timm-Giel, A.; Görg, C.; Scholz-Reiter, B.: Dynamic transport reference scenarios. In: Hülsmann, M.; Windt, K. (Hrsg): Understanding Autonomous Cooperation & Control in Logistics - The Impact on Management, Information and Communication and Material Flow. Berlin 2007, S. 337-350.

## Schlüsselwörter:

Transportlogistik, Selbststeuerung, DLRP, PDPTW

*Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 637 „Selbststeuerung logistischer Prozesse“, finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft an der Universität Bremen.*

### Autonomous Control in Transport Logistics – Evaluation of an Autonomous Control Method with Dynamic Pickup and Delivery Problems

The traditional approach of transport logistic challenges is based on a central and static viewpoint. A given scenario is tried to be solved in an optimal way. Examples of established and well investigated scenarios in this area are the Vehicle Routing Problem (VRP) and the Pickup and Delivery Problem (PDP). The algorithms for these traditional points of view are pushed to their limits when applied on dynamically changing and close to reality scenarios. By contrast, the introduced autonomous control concept Distributed Logistics Routing Protocol (DLRP) was developed to act within a dynamic environment and to enable logistic objects to make own decisions. A comparison of the DLRP and a traditional algorithm will be presented as an evaluation study of the autonomous control concept.

#### Keywords:

transport logistics, autonomous control, DLRP, PDPTW