

Agentenbasiertes Mischflottenmanagement in der innerstädtischen Logistik

Thomas Oppolzer, Johannes Kretzschmar, Marianne Mauch, Volkmar Schau, Wilhelm Rossak

Institut für Mathematik und Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Deutschland, Germany

{Thomas.Oppolzer, Marianne.Mauch, Johannes.Kretzschmar, Volkmar.Schau, Wilhelm.Rossak}@uni-jena.de

Abstract. Smart Distribution Logistik, a german research project, wants to extend the usage of battery electric vehicle (BEV) in inner-city logistics. This goes hand in hand with the desire of german population and politics for less CO₂ emission and noise of the traffic. BEV's have a number of disadvantages like higher acquisition cost than vehicles with combustion engine, limited driving ranges and high recharge times. But they have low CO₂ emission, do not produce noise and do not need fossil fuels. SDL tries to show the concept of an Information and Communications Technology (ICT) platform for managing logistic-fleets of BEV combined with combustion engine vehicles and optimizing the logistic fleet-composition, logistic concept and planned routes for BEV's in inner-city logistics. In this paper we outline the concept of an ICT platform to optimize underused resources. We try to achieve this goal with sharing resources between project partners for utilization maximization. Therefore we make a Total Cost of Ownership (TCO) analysis of the data from stakeholders for optimizing car-, cargo-sharing in order to optimize the whole logistic concept for using more BEV's in combined logistic fleets. We outline a concept of a distributed big data network with usage of software-agent technology to acquire and preprocess the data with a software-agent at stakeholders offices. The agents have knowledge about the data policies and only submit that the stakeholder allowed.

1 Einleitung

Die Elektrifizierung der Fahrzeugflotten von Logistikdienstleistern geht einher mit dem Wunsch der Bevölkerung und Politik nach Schadstoff- und Geräuschreduktion im innerstädtischen Verkehr [1]. Konventionelle Antriebe haben einen hohen CO₂-Ausstoß und sind aufgrund des Verbrennermotors laut. Elektrofahrzeuge stoßen kaum Feinstaub und CO₂ aus und verursachen aufgrund des Elektromotors weniger Lärm. Diesen Vorteilen stehen wesentlich höhere Anschaffungskosten im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen, eine schlechte Ladeinfrastruktur in Deutschland sowie eine begrenzte Reichweite einer batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugflotte gegenüber [2]. Wu et al. haben in ihrer Studie 2015 gezeigt, dass Elektrofahrzeuge mit zunehmen-

der Fahrleistung profitabler als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor werden [3]. Logistikdienstleister in strukturschwachen oder ländlichen Regionen, kommen meist auf keine so hohe Fahrleistung und haben daher Fahrzeugflotten mit Verbrennungsmotoren.

Trotz der starken Förderung von Elektromobilität über die letzten Jahre halten sich die Unternehmen bisher bei der Anschaffung von Elektrofahrzeugen durch die eingangs erwähnten Nachteile eher zurück. Im Rahmen des Forschungsprogramms „Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) für Elektromobilität III: Einbindung von gewerblichen Elektrofahrzeugen in Logistik-, Energie- und Mobilitätsinfrastrukturen“ wird Elektromobilität im kommerziellen Bereich gefördert [4]. Das Projekt Smart Distribution Logistik (SDL) hat sich daher den Ausbau von Elektromobilität in der innerstädtischen Logistik zum Ziel gesetzt.

Im Rahmen von SDL wird ein hierarchisches Optimierungssystem (Abbildung 6) mit mehrschichtigem Planungsprozess, Rückkopplung zwischen den Tourenebenen und Input-Flexibilität, wie Mensch, Ware, Fahrzeuge und Standorte, als selbstlernendes System entwickelt. Die Tourenebenen setzen sich aus der Rahmentour (bezogen auf Zustellgebiete), der Tagestour (tägliche zu realisierende Tour), sowie dem Logistikkonzept (bezogen auf Standorte und strategische Entscheidungen) zusammen. Innerhalb der Optimierung der Rahmentour wird die Verteilung der Hubs und Mikro-Hubs festgelegt. Die Knotenpunkte (Hubs) sind Umschlagsplätze für Logistiktransportgut und dienen der Verteilung [5]. Sie kommen in verschiedenen Größenordnungen vor. Es können große zentrale Verteilzentren (Hubs) sein oder sehr kleine Verteilzentren (Mikro-Hubs). Diese Mikro-Hubs sind im Projekt SDL beispielsweise Garagen oder kleine mobile, energieautarke Anhänger.

Das hierarchische Optimierungssystem wird innerhalb von SDL in eine IKT-Systemplattform mit mehrschichtiger Planungsunterstützung für Standort-, Rahmen- und Tourenplanung und Tourensteuerung integriert.

Die Entwicklung einer computergestützten Total Cost of Ownership (TCO) Analyse dient als Grundlage zur monetären Bewertung einer Liefertour. Sie beinhaltet alle anfallenden Kosten für den Einsatz eines Fahrzeuges. Sie dient im Projekt SDL als Berechnungsgrundlage zur Tour- und Standortoptimierung sowie zum überbetrieblichen Teilen der Fahrzeuge [6].

Die Medienlogistik als Teilbereich der Logistik befindet sich seit einiger Zeit im Umbruch und gestaltet ihre Geschäftsprozesse neu [7]. Aufgrund der Mindestlohneinführung und des stetig zurückgehenden Zeitungsgeschäfts durch anhaltende Digitalisierung muss diese Branche neue Wege gehen, um rentabel zu bleiben. Wurden die Fahrer vor der Mindestlohneinführung nach Stückzahl bezahlt, so werden sie jetzt pro Stunde entlohnt und sind dadurch teurer geworden. Die Arbeitszeit muss so effektiv wie möglich genutzt werden. Die Medienlogistiker wollen dazu neben dem Verteilen von Zeitungen und Werbebroschüren zur maximalen Auslastung ihrer Fahrzeugflotte auch Briefe verteilen. SDL erarbeitet gemeinsam mit verschiedenen Partnern dieser Branche ein Konzept zur Optimierung der Auslastung der bereits angeschafften Elektrofahrzeuge aus. Dazu wird eine IKT-Plattform implementiert, welche die firmenübergreifende Mehrfachnutzung der Fahrzeuge, die Logistikkonzeptplanung und die TCO-Analyse automatisiert ermöglicht.

2 Grundlagen / verwandte Arbeiten

In der Stadtlogistik eingesetzte IT-Systeme sind bisher meist rein für die Tourenplanung verwendet worden. Sie bieten grobe Fahrzeitvoraussagen, welche auf der Berechnung von Distanzen zwischen den Tourenstops beruhen, aber sie beachten bei der Planung keine zeitabhängigen Verkehrsfaktoren wie den Berufsverkehr in den Morgenstunden. Dieser verursacht Staus und bringt den Verkehr komplett zum Erliegen. Diese Fahrzeitschwankungen in den Morgenstunden sind bekannt, werden aber bei der Planung durch bisherige Tools kaum berücksichtigt. Dies führt zu ungenauen Lieferzeitangaben mit entsprechenden Folgen [8].

Mit dieser Problemstellung setzte sich das Projekt Smart City Logistik (SCL) Erfurt auseinander. SCL implementiert eine IKT-Systemplattform, welche bestehende Logistiksysteme um e-mobility-spezifische Faktoren erweitert. Dabei wurden die begrenzte Reichweite elektromotorisch betriebener Fahrzeuge sowie der Aspekt des elektrischen Lademanagements betrachtet. Zur Errechnung der Reichweite eines Elektrofahrzeugs wurden die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Reichweite untersucht und diese in ein Reichweitenmodell zur Tagestourplanung überführt [9].

Die Einführung heterogener Fahrzeugflotten in die Stadtlogistik bringt Herausforderungen mit sich. Das auf SCL aufbauende Projekt SDL verfolgt den Ansatz, Elektrofahrzeuge kombiniert mit konventionell angetriebenen Fahrzeugen rentabel in Stadtlogistikprozesse zu integrieren. Dabei gilt es die speziellen Besonderheiten wie die Ladezeit der Fahrzeuge, die Reichweitenbeschränkung sowie eine beschränkte Anzahl und schlechte Verteilung von Ladesäulen mit zu beachten. Auch Umwelteinflüsse wie Dunkelheit und schlechtes Wetter haben einen größeren Einfluss auf die Reichweite und müssen beachtet werden [10]. Fahrverbote in Umweltzonen für bestimmte Schadstoffklassen verhindern das Einfahren von diesen in bestimmte Bereiche der Stadt. Der Übergang oder auch die Integration von Elektrofahrzeugen in Fahrzeugflotten ist in der bisherigen Literatur wenig behandelt [11]. Schneider et al. haben 2014 das Electric Vehicle Routing Problem (EVRP) vorgestellt, welches sich mit auf dem Weg befindlichen Ladestationen zum Nachladen beschäftigt, um optimale Routen für Elektrofahrzeuge zu planen.

3 Methoden

Zur wirtschaftlichen Umsetzung der Elektrifizierung der Logistikflotte verfolgt das Projekt SDL den Ansatz einer Fourth-Party-Logistics (4PL) Plattform. 4PL Provider besitzen keine eigenen Lkw, Hubs oder Lagerhallen, sondern stellen ihr Wissen, beispielsweise im Bereich Fuhrparkmanagement, zur Verfügung [12]. Dieser 4PL Provider stellt eine TCO-basierte Planungs- und Steuerungsplattform mit Hilfe von Software-Agenten dar, welche die gesamte Logistikkette selbstständig reguliert und dabei Mehrfachnutzungskonzepte (Car-Sharing) der Fahrzeugflotte berücksichtigt. Software-Agenten sind Software-Instanzen, welche autonom von einem Benutzer vorgegebene Aufgaben in einer Ausführungsumgebung bearbeiten. Ein Agent handelt proaktiv und

reaktiv, ist anpassbar und kommunikativ (mit Menschen oder anderen Agenten). Software-Agenten, die zwischen verschiedenen Agencies, welche jeweils von einem Multiagentensystem (MAS) zur Verfügung gestellt wird, reisen können (migrieren), werden als mobile Agenten bezeichnet [13]. In 3.1 wird auf das TCO-Modell als monetäres Bewertungsmodell, in Abschnitt 3.2 auf den agentenbasierten Ansatz und in 3.3 auf eine Idee zum Cargo-Sharing während des Abfahrens einer Liefertour näher eingegangen.

3.1 TCO-Modell zur Tour- und Flottenoptimierung

Im TCO-Modell müssen sich bestimmte Parameter in Hinsicht auf die deutsche Gesetzeslage wiederfinden. Dazu gehören Versicherungen, Steuern und Abschreibungszeiträume. Elektrofahrzeuge sind zwar in der Anschaffung teurer als Verbrennerfahrzeuge, dafür verursachen sie weniger Energiekosten und verbrauchen, in Hinsicht auf die anstehende Knappheit fossiler Energieträger, keine fossilen Kraftstoffe. Sie benötigen weniger Wartung und sind günstiger zu versteuern [10].

Abbildung 1 stellt den Logistikprozess als hierarchisches Modell mit den drei Ebenen Logistikkonzept, Rahmentouren und Tagestouren dar. Die Tagestour ist dabei die Konkretisierung einer Rahmentour durch Festlegung von Fahrer und Fahrzeug sowie die Anpassung an Kunden und die Änderungen kurzfristiger Faktoren wie Wetter, Baustellen und anderer Verkehrsfaktoren. Wird in einer für ein Verbrennerfahrzeug wirtschaftlichen Tagestour das Verbrennerfahrzeug gegen ein Elektrofahrzeug ausgetauscht und die Tour für das Elektrofahrzeug unwirtschaftlich, so fließt das in die Bewertung der Tour ein und die Rahmentour wird auf das Elektrofahrzeug optimiert.

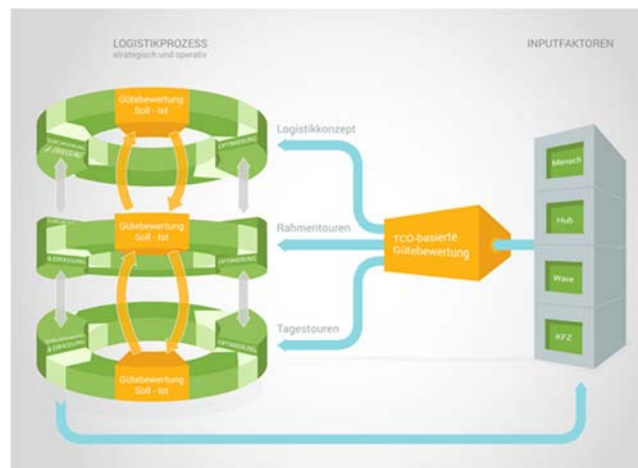


Abbildung 1: Systemschaubild

Die Rahmentour erfasst Informationen zum Tourverlauf. Im Mittelpunkt stehen dabei die Route, Liefer- und Umschlagpunkte. Die Änderung einer Rahmentour führt dazu, dass alle Rahmentouren optimiert werden müssen, da beispielsweise ein oder mehrere

Kunden aus der Tour herausgeplant werden und in eine neue Rahmentour eingeplant werden müssen. Bei der Erstellung der Rahmentouren muss auf die speziellen Gegebenheiten der Elektrofahrzeuge Rücksicht genommen werden. Das heißt zu lange Touren müssen gekürzt werden oder es müssen Zeiten zum Zwischenladen eingeplant werden, damit ein Elektrofahrzeug rentabel eingesetzt werden kann.

Die Optimierung der Rahmentour legt auch die Verteilung der Hubs und Mikro-Hubs fest.

Zur Optimierung des gesamten Logistikkonzepts fließen nicht nur die Kosten für Fahrzeug und Fahrer in die TCO-Analyse ein, sondern alle Kosten wie IT, Wartung und alle restlichen durch die Infrastruktur verursachten Kosten. Dies ermöglicht nicht nur eine kurzfristige Optimierung des Dispositionsprozesses, sondern auch eine auf lange Sicht optimierte Logistikstrategie.

3.2 Agentenbasiertes verteiltes Big Data Netzwerk

Unternehmen sind bisher bei der Anschaffung von Elektrofahrzeugen aufgrund zu geringer Auslastung eher zurückhaltend. Innerhalb von SDL wollen die teilnehmenden Medienlogistiker ihre Geschäftsprozesse umstellen. Sie übernehmen neben der Zeitungslogistik zusätzlich Briefzustellungen zur Auslastungsmaximierung. Für den Einsatz von Elektrofahrzeugen zur Auslieferung muss eine Touroptimierung stattfinden, um diese auf die speziellen Rahmenbedingungen wie beschränkte Reichweite und Stops zum Zwischenladen der Fahrzeuge anzupassen. Car-Sharing der Fahrzeuge soll ebenfalls dazu beitragen, diese stärker auszulasten. Ist der Medienlogistiker mit der Zeitungs- und Briefzustellung bis zum frühen Nachmittag fertig, so könnte das Fahrzeug nachts von einem Sicherheitsdienst benutzt werden. Aber nicht nur zeitlich unterschiedlich arbeitende Unternehmen sondern auch Unternehmen mit gleichen Kunden können profitieren. Wenn ein Essensauslieferer täglich den gleichen Kunden wie ein Zeitungszulieferer bedient, so besteht die Möglichkeit, dass er nur von einem Unternehmen angefahren wird und dieses die Sendung des anderen mitnehmen kann. Mit einem üblichen Big Data Ansatz würde man das TCO-Modell auf die verschiedenen Fahrzeugflotten der Logistiker erweitern und alle Daten zusammenführen, um sie später durchsuchen zu können. Dies führt zu dem Problem, dass eine große Menge an Daten von verschiedenen Enterprise-Resource-Planning (ERP) Systemen, welche möglicherweise heterogene Datenmodelle besitzen können, gesammelt und gespeichert werden müssen.

Abbildung 2 zeigt den grundlegenden Ansatz der SDL Systemarchitektur. Bei jedem Kunden, die in Form der Lkw-Symbole dargestellt sind, sind große Mengen an Daten vorhanden. Zur Auswertung dieser Daten werden die Kunden miteinander mit Hilfe mobiler Agenten verbunden (verteiltes Big Data Netzwerk).

Für das verteilte Big Data Netzwerk bedarf es eines semantischen Netzes, mit dessen Hilfe auf unterschiedliche Datenmodelle abgebildet werden kann. Womit die Anpassung an das jeweilige ERP Interface und die firmenübergreifende Interaktion umzusetzen sind. Dabei müssen verschiedene datenschutzrechtliche, sicherheitstechnische und das geistige Eigentum (Intellectual Property – IP) betreffende Fragen geklärt werden.



Abbildung 2: Systemarchitektur 4PL Plattform

Zur Umsetzung wird ein MAS implementiert. Die Vorverarbeitung der Daten wird im MAS durch Agenten übernommen. Dazu kapseln die Agenten die speziellen Schnittstellen und Datenformate der jeweiligen ERP Systeme und besitzen Regeln zur Datenfilterung, welche Sicherheitsrichtlinien und gesetzliche Bestimmungen beachten und dadurch das IP der Firmen sichern.

Diese als 4PL angedachte Plattform soll die Steuerung der Logistikprozesse unterstützen. Dazu wird bei jedem an der 4PL Plattform teilnehmenden Unternehmen ein MAS eingesetzt, in welchem die Software-Agenten agieren. Im SDL-Ansatz migrieren die Agenten zwischen den Agencies und verarbeiten die Daten dort lokal. Am Ende wird nur das Ergebnis beziehungsweise passende Daten zurückübertragen. Das lokale Verarbeiten der Daten spart dabei Bandbreite, Speicherplatz und lässt nur vom Unternehmen gewünschte Daten nach außen dringen.

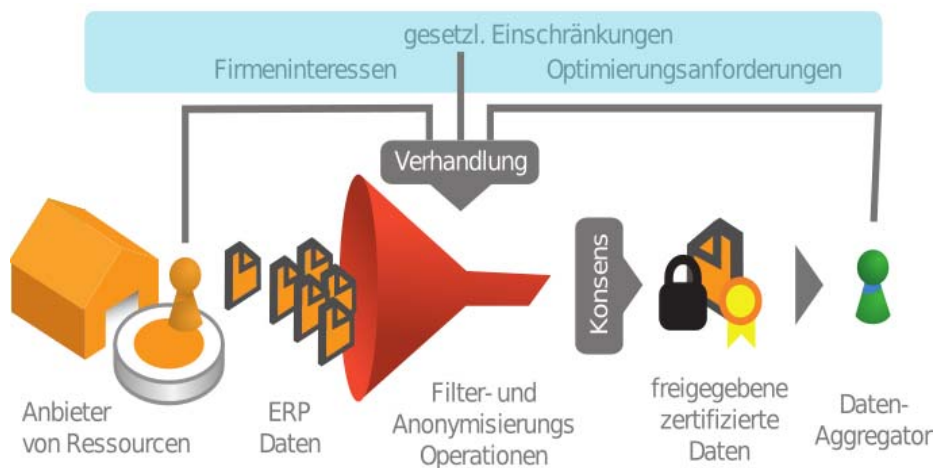


Abbildung 3: Datenverarbeitung eines Agenten

Abbildung 3 veranschaulicht die Vorverarbeitung der Daten durch einen Software-Agenten. Dabei befindet sich ein Agent im System des Ressourcenanbieters, dieser hat Zugriff auf das ERP System. Fordert ein Fremdagent Daten an, um Verhandlungen mit dem Anbieter durchzuführen, so werden die Daten durch den Anbieteragenten gefiltert. Diese Filterung liefert dem Anfrage-Agenten keine Daten, die das Unternehmen aus Gründen des Datenschutzes, des geistigen Eigentums oder aus firmenpolitischen Interessen, nicht herausgeben will.

Diese Agentenarchitektur wird als BDI (Belief-Desire-Intention) Agent bezeichnet. Der Agent verfolgt eine vom Benutzer aufgetragene Aufgabe (Desire), wobei er zur Erreichung des Ziels Wissen über seine Umwelt benötigt (Belief). Im Fall der 4PL Plattform im SDL Projekt ist das beispielsweise die Einhaltung der Regeln im in Abbildung 3 dargestellten Verhandlungsprozess. Intention ist der zum Erreichen des Ziels gewählte Weg. Der Agent kann selbständig entscheiden, wie er das Ziel erreicht [14].

3.3 Cargo-Sharing Idee

Führt man die 4PL-Idee mit einem verteilten Big-Data-Netzwerk weiter, lassen sich Cargo-Sharing Ansätze als weitere Optimierungsstufe integrieren.

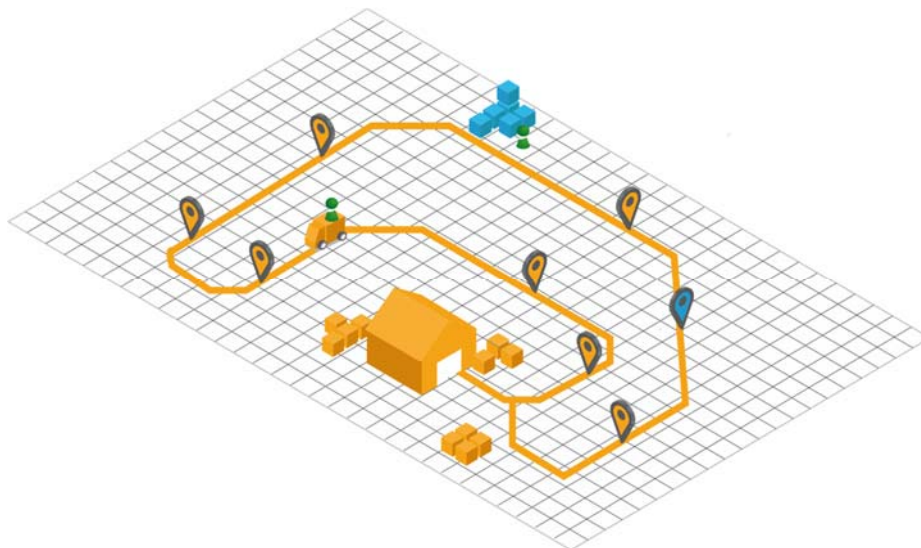


Abbildung 4: Live Cargo-Sharing

Jedes Fahrzeug führt eine Telematik-Einheit mit sich, welche kontinuierlich Fahrzeugdaten, wie GPS-Position, Akkuladestand, Geschwindigkeit, und weitere fahrzeugspezifische Daten über den CAN-Bus, sowie Daten über Wetterbegebenheiten aus externen Quellen sammelt und an die 4PL Plattform übermittelt. Den Agenten der 4PL Plattform ist bekannt, zu welchem Kunden wieviel Ware zu welcher Zeit geliefert wird. Anhand der stetigen Übertragung der Fahrzeugposition und der geplanten Route für ein Fahrzeug ist der Plattform immer bekannt, wo sich ein Fahrzeug befindet, welche Ziele

auf seinem Weg liegen und wieviel Ware dort abgeladen wird. Die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen und der Plattform übernehmen Software-Agenten, welche auf der Box, der 4PL Plattform und bei den Logistikern arbeiten. Das bietet die Möglichkeit im laufenden Betrieb Kommunikationspartner hinzuzufügen oder zu entfernen.

Abbildung 4 zeigt ein Fahrzeug eines Logistikers, welches eine geplante Route abfährt und dabei Waren ausliefert. Das Fahrzeug startet vollbeladen. An jedem Tourstop (symbolisiert durch orange-graue GPS-Icons) liefert es Waren aus und meldet die ausgelieferte Menge an die 4PL Plattform zurück. Die Fahrzeugposition ist der 4PL Plattform zu jedem Zeitpunkt bekannt.

Dadurch lässt sich die freie Kapazität zu jedem Zeitpunkt feststellen. Ein weiterer Plattformteilnehmer, welcher momentan kein freies Fahrzeug zur Verfügung hat, will Waren zu einem Kunden transportieren lassen. Er stellt eine Anfrage an die 4PL Plattform und diese ermittelt, ob es die Möglichkeit gibt, den Kunden, symbolisiert mit dem blauen GPS-Icon, zu beliefern. Die Agenten auf der Plattform stellen fest, dass der Standort der Ware und der Kunde auf der geplanten Route eines Elektrofahrzeuges liegen. Es wird auch überprüft, ob die Zwischenstops in das Zeitfenster passen und ob die angefragte Menge der Ware in die zu dem Zeitpunkt wieder frei gewordene Lieferkapazität passt. Wenn das der Fall ist, plant die Plattform den Zwischenstopp zum Aufladen der Ware und zum Abladen der Ware in die Tour ein und übermittelt die neue Tour an den Fahrer.

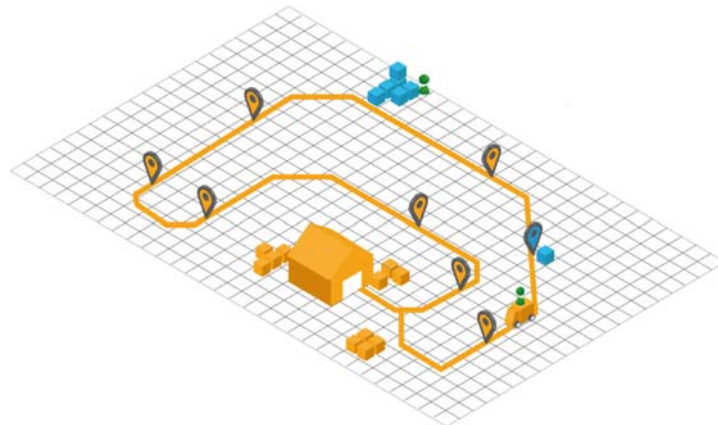


Abbildung 5: Ablieferung Fremdpaket

Dieser holt die Ware ab und liefert sie beim Zwischenstopp ab (Abbildung 5). Dadurch wird die neu entstandene Kapazität auf der Lieferroute maximal ausgelastet, was zu einer höheren Rentabilität der Route führt. Die im Projekt SDL zu implementierende 4PL Plattform kann, wenn es in das Zeitfenster der Lieferungen passt, auch Umwege mit einplanen. Da die Restreichweite aufgrund der stetigen Akkuladestandsabfrage und Übermittlung zu jedem Zeitpunkt bekannt ist, kann die Lieferroute zu jedem Zeitpunkt innerhalb des verfügbaren Zeitfensters zur Auslieferung der Waren, variiert werden.

4 Ergebnis

In der vorliegenden Arbeit wurde ein agentenbasierter Ansatz zur Umsetzung einer 4PL Plattform umrissen. Mit dem „Electric Vehicle Routing Problem with Time Windows and Recharging Stations“ mit Blick auf das Ladesäulenmanagement von Schneider et al. (2014) und dem Projekt SCL wurde Grundlagenarbeit zur Routenplanung und Tourenoptimierung geleistet. Die Implementierung des TCO-Modells und der Routenoptimierung, welche auch die Verteilung der Mikro-Hubs beachtet, in die Agententechnologie kann große ökonomische und ökologische Vorteile für die elektrifizierte Logistikflotte mit sich bringen. Die Datenhaltung kann bei jedem Logistiker lokal sein. Die Agenten, welche das TCO-Modell implementieren, um auf gesetzliche, datenschutzrechtliche und firmenpolitische Interessen Rücksicht zu nehmen, migrieren zwischen den verschiedenen Agencies hin und her, um die gewünschten Informationen zu erhalten und Verhandlungen durchführen zu können.

Jeder Logistiker verwendet ein eigenes ERP System und andere Drittsysteme. Bei der Implementierung der Agenten müssen Schnittstellen zu verschiedenen ERP und Drittsystemen bereitgestellt werden. Dies erhöht den Implementierungsaufwand. Dieser Mehraufwand zahlt sich durch einen Zugewinn an Funktionalität und eine leichte Erweiterbarkeit des Agentensystems im laufenden Betrieb aus.

Die Agententechnologie ermöglicht den Betrieb eines Agenten in einem Fahrzeug, wodurch eine Einplanung von neuen Zwischenzielen während der Fahrt ermöglicht wird. Car-Sharing, Cargo-Sharing und Verteilung der Hubs und Mikro-Hubs innerhalb der 4PL Plattformteilnehmer sind Bestandteile der Optimierung des Logistikkonzeptes durch die 4PL Plattform. Dadurch kann die Auslastung der Lieferkapazität des Elektrofahrzeugs maximiert werden.

Im Rahmen des 4. SCL Kongresses fand ein SDL Workshop statt, in welchem Logistiker zur Datenherausgabe unter bestimmten Bedingungen befragt wurden und Bereitschaft signalisierten. Die weitere TCO-Analyse der Daten erfolgt im Laufe des Projektes. Eine mögliche Filterung und Vorverarbeitung der Daten darf diese nicht unnutzbar zur Verwendung für die TCO-Analyse machen. In die Umsetzung eines auf den herausgegebenen Daten beruhenden automatischen Verhandlungsmodells in der Agententechnologie müssen sicherheitsrelevante Sachverhalte, wie Verschlüsselung der Daten und Zertifizierung der Software-Agenten einbezogen werden. Dadurch stellt sich die Frage, wie Agenten, welche kleine Programme sind, sicher zwischen den Agencies migrieren können. Ein Ansatz dabei wäre, dass die Agenten keinen direkten Zugriff auf das System der Logistiker bekommen, sondern in einer Art Black-Box laufen, welche bei jedem Logistiker integriert wird. Die Agenten dürfen nur auf den Black-Boxen interagieren und können von dort auf eine definierte Schnittstelle zugreifen. Somit kann der angerichtete Schaden von bösartigen Agenten begrenzt werden. Die Black-Boxen können nur über eine sichere VPN-Verbindung miteinander kommunizieren und nehmen keine über das Internet migrierenden Agenten an. Eine bei den Logistikern fest installierte Algorithmik erschwert den Austausch der Logik im laufenden Betrieb. Im Fall eines Austausches der Verhandlungslogik in der eTelematik-Einheit während einer Liefertour würde die Agententechnologie dies vereinfachen, ohne zusätzlichen Installationsaufwand zu verursachen.

5 Ausblick

Der Hauptfokus des Projektes liegt in der firmenübergreifenden Optimierung. Diese Optimierung übernimmt im späteren Projektverlauf eine IKT-Systemplattform, welche mit Agententechnologie ein verteiltes Big Data Netzwerk implementiert. Die Machbarkeit der firmenübergreifenden Optimierung muss in diesem Zusammenhang getestet und evaluiert werden. Das Projekt SDL befindet sich in der Phase, herauszufinden, welche und ob die Logistiker überhaupt bereit sind, Daten herauszugeben. Die im Workshop mündlich signalisierte Bereitschaft dazu muss gemeinsam mit den Projektpartnern vertieft werden. Weiterhin muss evaluiert werden, ob die Qualität der Daten für die Optimierung ausreicht und welche Datensätze zur Optimierung benötigt werden.

Der bisherige Entwurf der SDL 4PL Plattform beinhaltet den Betrieb für eine geschlossene Gruppe an Teilnehmern, welche ihre Fahrzeugflotte unter sich teilen. Die Optimierung wird nur für diese Teilnehmer vorgenommen. In einem Nachfolgeprojekt könnte die Plattform für alle Marktteilnehmer geöffnet werden. Jeder Logistiker könnte seine Fahrzeugflotte und Routen, sowie Hubs über die Plattform optimieren lassen. Dies würde allen Beteiligten große Einsparpotentiale bringen und Standorte, sowie Fahrzeuge könnten noch effizienter genutzt werden. Privatpersonen könnten ebenfalls über die Plattform ihre mit ihrem privat Pkw geplanten Routen angeben und mit transportieren oder über die Plattform den Transport von Waren in Auftrag geben, so dass der Transport in eine bestehende Lieferroute eingeplant werden kann.

Literatur

1. Andrea Hütter. Verkehr auf einen Blick. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2013.
2. Florian Hacker, Rut von Waldenfels, Moritz Mottschall. Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen: Betrachtung von Gesamtnutzungskosten, ökonomischen Potenzialen und möglicher CO2Minderung. Berlin, 2015.
3. Wu, G., A. Inderbitzin, and C. Bening (2015). "Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: A probabilistic analysis and projection across market segments". In: *EnergyPolicy* 80, pp. 196–214. ISSN: 0301-4215. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.02.004>. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515000671>.
4. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Smart Distribution Logistik. Internet, <http://www.digitale-technologien.de/DT/Navigation/DE/Foerderprogramme/IKT-EM-3/IKT-EM-3-Projekte/projekte.html>, besucht 2017-10-10.
5. Vahrenkamp R. (1999) Entwurf und Optimierung von Nabe-Speiche-Transportnetzen (Hubs) für die Luftfracht in der Eurologistik. In: Kopfer H., Bierwirth C. (eds) *Logistik Management*. Springer, Berlin, Heidelberg
6. Apel S., Schau V. (2016) E-vehicle Service Architecture for Logistic Systems. In: Auvray G., Bocquet JC., Bonjour E., Krob D. (eds) *Complex Systems Design & Management*. Springer, Cham
7. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Smart Distribution Logistik. Internet, <http://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Standardartikel/IKT-EM/IKTIII-Projekte/ikt-III-projekt-SDL.html>, besucht 2017-10-10.

8. Ehmke, J. F., A. Steinert, and D. C. Mattfeld (2012). "Advanced routing for city logistics service providers based on time-dependent travel times". In: *Journal of Computational Science* 3.4. City Logistics, pp. 193–205. ISSN: 1877-7503. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jocs.2012.01.006>. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877750312000087>.
9. Kretzschmar J., Gebhardt K., Theiß C., Schau V. (2016) Range Prediction Models for E-Vehicles in Urban Freight Logistics Based on Machine Learning. In: Tan Y., Shi Y. (eds) *Data Mining and Big Data. DMBD 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9714. Springer, Cham
10. Jens Hagman, Sofia Ritzén, Jenny Janhager Stier, Yusak Susilo, Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion, In *Research in Transportation Business & Management*, Volume 18, 2016, Pages 11-17, ISSN 2210-5395, <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2016.01.003>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210539516000043>)
11. Schneider, M., Stenger, A. and D. Goetze (2014) The Electric Vehicle-Routing Problem with Time Windows and Recharging Stations. In: *Transportation Science* 201448:4 , 500-520
12. fortiss GmbH (2017) *Digitale Transformation - Wie Informations- und Kommunikationstechnologie etablierte Branchen grundlegend verändern*.
13. Braun, Peter; Rossak, Wilhelm (2005): *Mobile agents. Basic concepts, mobility models, and the Tracy toolkit*. San Francisco, CA, s.l., s.l.: Elsevier.
14. Padgham, Lin.; Winikoff, Michael. (2004): *Developing intelligent agent systems. A practical guide*. Chichester, England, Hoboken, NJ: John Wiley (Wiley series in agent technology).