

# Selbststeuerung in der Automobil-Logistik

Felix Böse, Jakub Piotrowski und Katja Windt, Universität Bremen



Dipl.-Wirtsch.-Inf. Felix Böse arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Bremen, Fachgebiet Planung und Steuerung produktions technischer Systeme.



Dipl.-Inf. Jakub Piotrowski arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Bremen, Fachgebiet Planung und Steuerung produktionstechnischer Systeme.



Dr.-Ing. Katja Windt arbeitet als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Bremen, Fachgebiet Planung und Steuerung produktionstechnischer Systeme.

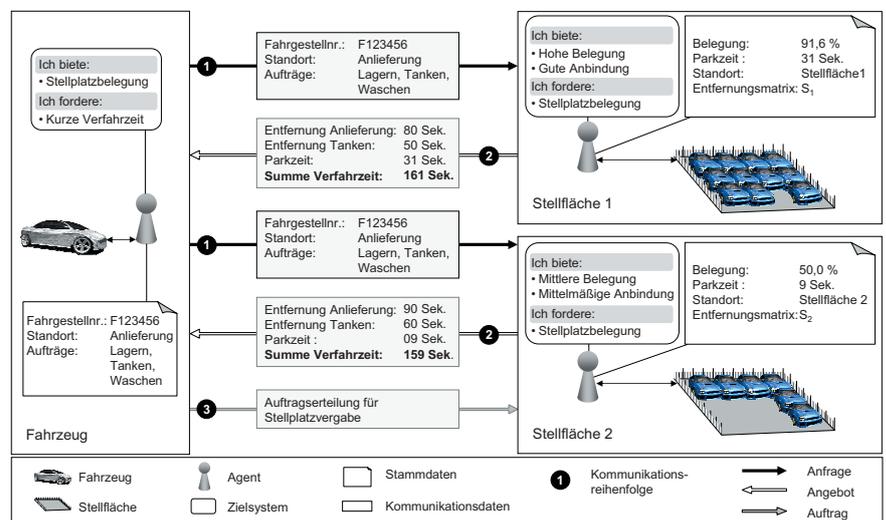
Zur Planung und Steuerung logistischer Prozesse auf Automobil-Terminals werden heute in der Regel zentrale Logistiksysteme eingesetzt, welche den hohen Anforderungen an eine flexible Auftragsabwicklung aufgrund zunehmender Dynamik und Komplexität häufig nicht gerecht werden. So wird insbesondere der Fahrzeugdurchlauf auf einem Automobil-Terminal von

der Anlieferung über die Einlagerung bis hin zur technischen Aufbereitung und Auslieferung zum Autohändler zentral geplant und gesteuert. Durch Einführung von Selbststeuerungsmechanismen sollen die Fahrzeuge in die Lage versetzt werden, ihren Weg durch das Logistiknetzwerk gemäß ihren eigenen Zielsetzungen selbst zu bestimmen. Im Rahmen dieses Beitrags sollen zunächst Ansätze zur Selbststeuerung dargelegt und darauf aufbauend Verbesserungspotenziale durch die Etablierung selbststeuernder logistischer Prozesse in der Automobillogistik am Beispiel der Firma E. H. Harms Auto-Terminal-Hamburg untersucht werden.

Die Idee selbststeuernder logistischer Prozesse basiert auf dem Ansatz, Entscheidungsfunktionen direkt auf logistische Objekte zu verlagern. Die Planungs- und Steuerungsmethoden

weisen damit einen dezentralen, heterarchischen Charakter gegenüber den zentralen, hierarchischen Ansätzen bei konventioneller Fremdsteuerung auf [1]. Unter logistischen Objekten werden materielle Elemente, wie zum Beispiel Fahrzeuge und Güter, oder immaterielle Elemente, wie zum Beispiel Aufträge, in einem Logistiksystem verstanden. Selbststeuernde logistische Objekte können autonom agieren und ihren Weg innerhalb des betrachteten Logistiknetzwerks selbst – d.h. gemäß ihren eigenen Zielsetzungen – bestimmen. Voraussetzung für die Selbststeuerung ist ein hohes Maß an Interoperabilität. Die einzelnen logistischen Objekte müssen in der Lage sein, mit anderen logistischen Objekten zu kommunizieren und Daten auszutauschen, um so die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen für die Entscheidungsfindung zu gewährleisten [2]. Die Voraussetzung wird dabei

Bild 1: Selbststeuernde Entscheidungsmethodik der Fahrzeuge und Stellflächen



**Kontakt:**

Universität Bremen  
 Fachgebiet PSPS  
 Postfach 33 05 60  
 28335 Bremen  
 Tel.: 0421 / 218-9108  
 E-Mail: boe@biba.uni-bremen.de  
 URL: <http://www.biba.uni-bremen.de/pssp>

insbesondere durch neue Informations- und Kommunikationstechnologien zur Identifizierung (z.B. RFID), zur Ortung (z.B. GPS) und zur drahtlosen Kommunikation (z.B. UMTS, WLAN) ermöglicht [3].

Diese neuen Ansätze werden zurzeit im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereichs 637 „Selbststeuerung logistischer Prozesse – Ein Paradigmenwechsel und seine Grenzen“ an der Universität Bremen erforscht [4]. In diesem Beitrag soll anhand einer Simulationsstudie eine Form der Selbststeuerung vorgestellt und ihr Anwendungspotenzial im Bereich der Automobil-Logistik exemplarisch untersucht werden. Dazu besteht im Rahmen des SFB 637 eine Kooperation zwischen der Firma E. H. Harms GmbH & Co. KG Automobile-Logistics und der Universität Bremen. In der Simulationsstudie werden die Fahrzeugbewegungen auf dem E. H. Harms Auto-Terminal-Hamburg (EHH Auto-Terminal) untersucht.

## Ausgangssituation

Die Fahrzeuge werden auf dem EHH Auto-Terminal per LKW, Bahn und Schiff angeliefert. Während der Anlieferung erfolgt die Erfassung der Fahrzeuge anhand der Fahrgestellnummer. Über die Fahrgestellnummer erfolgt eine Zuordnung des Fahrzeugs zu den im IT-System hinterlegten Aufträgen zur Einlagerung und zur technischen Bearbeitung. Für jedes Fahrzeug wird vom zentralen IT-System ein Stellplatz auf einer Stellfläche zugewiesen. Ein so genannter Handling-Fahrer verfährt das Fahrzeug auf den zugewiesenen Stellplatz. Direkt vor der Auslieferung durchläuft ein Fahrzeug gegebenenfalls noch einzelne Technikstationen, wie zum Beispiel Waschstraße oder Tankstation. Die Reihenfolge der anzufahrenden Technikstationen ist im Technikauftrag des Fahrzeugs definiert. Nach Durchlaufen aller anzufahrenden Technikstationen wird das Fahrzeug zur Auslieferung an den Händler bereitgestellt.

## Optimierungspotenziale

Der Prozess der Fahrzeugbewegung auf dem Auto-Terminal weist eine Reihe von Optimierungspotenzialen auf. Diese resultieren insbesondere aus der zentralen Stellplatzvergabe, bei der für jedes Fahrzeug zentral nach fest definierten Regeln ein Stellplatz auf einer Stellfläche des Automobil-Terminals zugewiesen wird. Auch wenn im Regelwerk berücksichtigt wird, ob für die einzelnen Fahrzeuge Technikaufträge vorliegen oder nicht, so wird dennoch keine Unterscheidung hinsichtlich der teilweise räumlich weit auseinander liegenden Technikstationen gemacht. Durch die fixe Priorisierung von Stellflächen jeweils für Fahrzeuge mit und ohne Technikauftrag ist keine flexible Auswahl von Stellflächen unter Berücksichtigung zukünftiger Prozessabläufe möglich. Darüber hinaus werden bei der Auswahl der Stellfläche keine Parkzeiten – d.h. die Verfahrzeit eines Fahrzeugs auf der Stellfläche zum Stellplatz – berücksichtigt, die in Abhängigkeit von der Belegung der Stellflächen stark variieren können. Die Zeitersparnis aufgrund der geringen Entfernung zwischen Fahrzeug und ausgewählter Stellfläche kann so unter Umständen durch eine lange Parkzeit kompensiert werden.

## Zielsetzung

Durch die Entwicklung einer Entscheidungsmethodik zur Selbststeuerung ist es das Ziel, die zuvor aufgezeigten Optimierungspotenziale hinsichtlich der Stellplatzvergabe und den damit verbundenen Fahrprozessen auszuschöpfen. Gemäß der Definition für Selbststeuerung werden die logistischen Objekte in die Lage versetzt, ihre Entscheidungsprozesse autonom durchzuführen. Sowohl die Fahrzeuge als auch die Stellflächen besitzen als autonome logistische Objekte ihre eigenen Stammdaten und agieren unabhängig gemäß ihren eigenen Zielsystemen (Bild 1). Jedes Fahrzeug verfolgt das Ziel einer möglichst geringen Verfahrzeit auf dem Terminalgelände und bietet den einzelnen Stellflächen die Belegung ei-

nes Stellplatzes an. Demgegenüber besteht die Zielsetzung der Stellflächen in einer hohen Belegung. Als Angebot liefern die Stellflächen dem anfragenden Fahrzeug die aufsummierte Verfahrzeit zurück. Diese setzt sich zusammen aus der Verfahrzeit vom aktuellen Standort des Fahrzeugs zur Stellfläche, der Parkzeit auf der Stellfläche sowie der zukünftigen Verfahrzeit des Fahrzeugs zur nächsten Technikstation. Je nach Belegung und Lage können die Stellflächen den einzelnen Fahrzeugen eine mehr oder weniger günstige Anbindung und Belegung anbieten. Das Fahrzeug vergleicht die aufsummierten Verfahrzeiten der einzelnen Stellflächen und wählt die günstigste aus.

Ein derartiges Selbststeuerungs-Szenario auf einem Automobil-Terminal wäre bereits heute mit den zur Verfügung stehenden IuK-Technologien realisierbar. So wird derzeit die Ausrüstung der Fahrzeuge mit einem passiven RFID-Tag untersucht, auf dem die relevanten Fahrzeug- und Auftragsdaten gespeichert sind. Die Kommunikation des Fahrzeugs insbesondere mit den Stellflächen des Automobil-Terminals könnte über ein mobiles Datenerfassungsgerät (MDE) erfolgen, das der Handling-Fahrer bei sich trägt. Das MDE würde neben dem Kommunikationsmodul über ein Ortungsmodul zur Positionsermittlung, einen Transponder-Reader zum Auslesen und Speichern von Daten auf dem Transponder und über ein Benutzerinterface verfügen. Nach dem Auslesen der Fahrzeug- und Auftragsdaten würde mithilfe einer Steuerungssoftware auf dem MDE die bestmögliche Stellfläche gemäß dem oben beschriebenen Vorgehen ermittelt werden. Anschließend verfährt der Handling-Fahrer das Fahrzeug zur Stellfläche und wählt dort den am schnellsten zu erreichenden Stellplatz aus. Durch diese chaotische Einlagerung kann die Parkzeit verringert werden. Nach Erreichen des Stellplatzes würde der via GPS ermittelte Stellplatz für das Fahrzeug im Lagersystem gespeichert. Jede Stellfläche könnte so jederzeit die aktuelle Belegung ermitteln. Die Selbststeuerungsstrategie für die beschriebe-

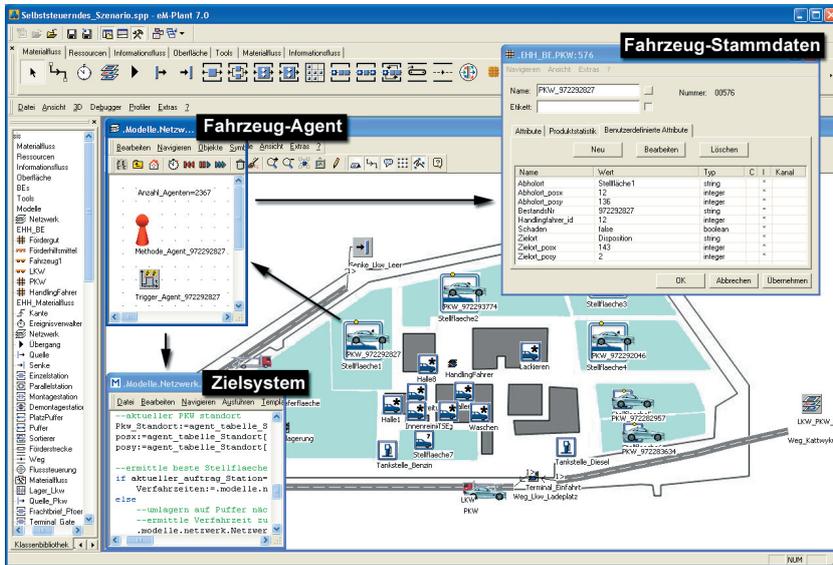


Bild 2: Simulationsmodell für die Untersuchung der Verfahrrzeiten bei Fremd- und Selbststeuerung.

nen Prozesse soll nachfolgend in einem Simulationsmodell evaluiert werden.

### Simulationsmodell

Untersuchungsgegenstand des Simulationsmodells sind die Verfahrrzeiten der Fahrzeuge auf dem Automobil-Terminal. Die gesamte Verfahrrzeit eines Fahrzeugs auf dem Automobil-Terminal ( $ZV_{gesamt}$ ) setzt sich zusammen aus der Verfahrrzeit bei der Einlagerung von der Anlieferfläche zum Stellplatz ( $ZV_{Einlagerung}$ ), den Verfahrrzeiten zu den einzelnen Technikstationen ( $ZV_{Technik}$ ) sowie der Verfahrrzeit bei der Disposition vom Stellplatz bzw. der aktuellen Technikstation zur Auslieferfläche ( $ZV_{Disposition}$ ):

$$ZV_{gesamt} = ZV_{Einlagerung} + ZV_{Technik} + ZV_{Disposition}$$

Die einzelnen Verfahrrzeiten weisen sowohl fixe als auch variable Bestandteile auf. Fixe Bestandteile liegen beispielsweise beim Verfahren von Fahrzeugen zwischen Technikstationen vor. Die Verfahrrzeiten zwischen den einzelnen Technikstationen sind dabei durch die Bearbeitungsreihenfolge im Prozessablauf fest vorgegeben. Ein variabler Zeitanteil liegt hingegen beim Verfahren eines Fahrzeugs von einer Stellfläche zur

Auslieferfläche vor, da dieser Zeitanteil von der zuvor getroffenen Auswahl der Stellfläche abhängt. Zusammenfassend lässt sich damit festhalten, dass lediglich die Verfahrrprozesse Verbesserungspotential aufweisen, bei denen entweder der Start- oder der Zielpunkt im Prozessablauf nicht fest vorgegeben ist. Im betrachteten Beispiel sind dies die Verfahrrprozesse von oder zu den Stellflächen im Rahmen der Ein- und Auslagerung. Jedes Fahrzeug kann unter Berücksichtigung der Entfernungen zwischen Anlieferfläche und Stellflächen, den Stellflächenbelegungen und der nach der Auslagerung anzufahrenden Station auf dem Terminalgelände die jeweils optimale Stellfläche ermitteln und so seine gesamte Verfahrrzeit reduzieren.

Für die Simulationsläufe wurden reale Fahrzeug- und Auftragsdaten von ca. 124.000 Fahrzeugen des EHH Auto-Terminal für den Zeitraum eines Jahr zugrunde gelegt. Neben der Anlieferfläche umfasst das Simulationsmodell sieben Stellflächen mit durchschnittlich je 1500 Stellplätzen, neun Technikstationen mit zugehörigen Puffern sowie die Auslieferfläche. Die Entfernungen zwischen den Stationen und Flächen des Automobil-Terminals werden in einer Transportzeitmatrix abgebildet, welche die jeweiligen Verfahrrzeiten zwischen

zwei Orten enthält. Aufbauend auf den beschriebenen Abläufen wurden die beiden folgenden Simulationsszenarien mithilfe des Simulationswerkzeugs eM-Plant der Firma Tecnomatix abgebildet und untersucht (Bild 2):

#### 1) Fremdgesteuertes Szenario $S_F$

Die Stellplatzermittlung erfolgt zentral nach fest vorgegebenen Regeln. Es existiert eine priorisierte Liste der Stellflächen für Fahrzeuge mit und ohne Technikauftrag. In Abhängigkeit vom Vorhandensein eines Technikauftrags wird jedem Fahrzeug der fortlaufend nächste verfügbare Stellplatz auf der aktuell am höchsten priorisierten Stellfläche zugewiesen.

#### 2) Selbststeuerndes Szenario $S_S$

Die Stellplatzermittlung erfolgt dezentral und selbststeuernd durch die Fahrzeuge selbst. Die Fahrzeuge entscheiden sich für die Stellfläche, welche die kürzest mögliche Verfahrrzeit anbietet. Die Einlagerung auf der Stellfläche erfolgt chaotisch, d.h. der Handling-Fahrer wählt auf der ermittelten Stellfläche den am schnellsten zu erreichenden Stellplatz aus.

### Ergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse der Simulationsläufe sind in Bild 3 zusammenfassend dargestellt. Zunächst wurden die Häufigkeiten der gesamten Verfahrrzeiten pro Fahrzeug  $ZV_{gesamt}$  für die beiden Simulationsszenarien in je einem Histogramm abgetragen. Auf Basis der Histogramme sind zum Zwecke einer besseren Vergleichbarkeit der beiden Simulationsszenarien kontinuierliche Häufigkeitsverteilungen durch Approximation abgeleitet (Bild 3, oben). Die Zusammenführung der beiden Verteilungen lässt eine deutliche Stauchung des Kurvenverlaufs des selbststeuernden Szenarios gegenüber dem fremdgesteuerten erkennen. Die Gegenüberstellung der beiden Kurvenverläufe zeigt, dass im selbststeuernden Szenario  $S_S$  mehr Fahrzeuge eine geringere und weniger Fahrzeuge eine höhere Verfahrrzeit aufweisen als im fremdgesteuerten Szenario

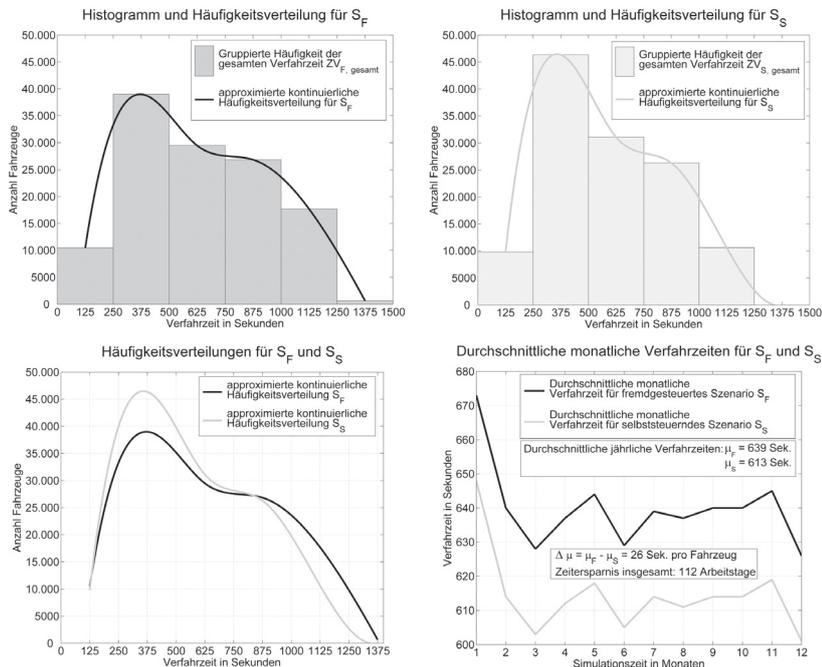


Bild 3: Ergebnisse der Simulationsläufe

$S_F$  (Bild 3, links unten). Da die Datenbasis hinsichtlich der Anzahl der betrachteten Fahrzeuge bei beiden Szenarien identisch ist, weisen die Verteilungen einen Schnittpunkt auf, wobei sich die Differenzflächen zwischen den beiden Kurven vor und nach diesem Schnittpunkt entsprechen. Der Kurvenverlauf für das selbststeuernde Szenario  $S_S$  lässt sich durch einen Vergleich der durchschnittlichen monatlichen Fahrzeiten für beide Szenarien vergleichen (Bild 3, rechts unten). Beide Kurven zeigen einen sehr ähnlichen Verlauf, die Kurve für das selbststeuernde Szenario ist jedoch nach unten versetzt und weist damit geringere durchschnittliche monatliche Fahrzeiten auf. Die Differenz zwischen den Kurvenverläufen variiert in Abhängigkeit von der Belegung der Stellflächen. Je größer die Belegung, desto höher sind die Parkzeiten auf den Stellflächen bei chaotischer Einlagerung und desto geringer ist die Zeiterparnis beim selbststeuernden Szenario. Die hohen Fahrzeiten im Januar resultieren aus einer hohen Anfangsbelegung der Stellflächen. Die Schwankungen der Kurven im Jahresverlauf liegen in der für jeden Monat unterschiedlichen An-

zahl an verfahrenen Fahrzeugen und deren Anzahl an Technikaufträgen begründet. Über das gesamte Jahr ergibt sich für das selbststeuernde Szenario  $S_S$  eine durchschnittliche Zeiterparnis von 26 Sekunden pro Fahrzeug gegenüber dem fremdgesteuerten Szenario. Dies entspricht über alle Fahrzeuge gerechnet einer zeitlichen Ersparnis von 112 Arbeitstagen für den Arbeitsvorgang Verfahren von Fahrzeugen auf dem Terminalgelände.

## Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde eine Entscheidungsmethodik zur Selbststeuerung in der Logistik am Beispiel eines Automobil-Terminals vorgestellt. Die beschriebene Simulationsstudie hat schon für die hier zugrunde gelegte sehr punktuelle Betrachtung der Auftragsabwicklung auf Automobil-Terminals in Form der Fahrprozesse große Zeiteinsparungsmöglichkeiten durch die Selbststeuerung aufgezeigt. Eine Ausweitung der Selbststeuerungsansätze auf andere Prozesse der Automobil-Logistik einerseits sowie andere Bereiche

der Logistik andererseits lassen daher noch weitaus größere Anwendungspotenziale erwarten.

## Literatur

- [1] Scholz-Reiter, B. u.a.: New Concepts of Modelling and Evaluation Autonomous Logistic Processes. In: Proceedings of IFAC Conference on Manufacturing, Modelling, Management and Control. Athen 2004.
- [2] Hülsmann, M., Windt, K. (Hrsg.): Selbststeuerung – Entwicklung eines terminologischen Systems, vorgesehen zur Veröffentlichung in 2005.
- [3] Scholz-Reiter, B., Windt, K. und Freitag, M.: Autonomous Logistic Processes – New Demands and First Approaches. In: Proceedings of 37th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems. Budapest 2004.
- [4] Freitag, M., Scholz-Reiter, B. und Herzog, O.: Selbststeuerung logistischer Prozesse – Ein Paradigmenwechsel und seine Grenzen. In: Industrie Management 20 (2004) 1, S. 23–27.

## Schlüsselwörter:

Selbststeuerung, Simulation, Automobil-Logistik, Logistikprozesse

### Autonomous Cooperating Logistic Processes for Automobile Terminals

Logistic systems of automobile terminals are characterised these days by central planning and control processes, which do not allow fast and flexible adaptation of order processing to changing environmental influences caused by the dynamic and complexity in logistics. Process flows of cars on an automobile terminal such as delivery, storage and technical treatment are supported by a conventional, centralised logistic system. By establishing autonomous cooperating logistics processes, the automobiles will be enabled to act independently according to their own objectives and navigate through the logistics network themselves. This paper introduces first approaches of autonomous cooperation in the context of logistics and investigates potential applications in automobile logistics on the example of E. H. Harms Auto-Terminal-Hamburg GmbH & Co. KG.

**Keywords:** autonomous cooperation, simulation, automobile logistic, logistic processes