

# Method of collaborative detection of autonomous transport vehicles based on laser rangefinder data

## Verfahren zur kooperativen Erkennung autonomer Transportfahrzeuge basierend auf Laserscannerdaten

Andreas Kamagaew

Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics IML

**T**o master changing performance demands, autonomous transport vehicles are deployed to make in-house material flow applications more flexible. The so-called cellular transport system consists of a multitude of small scale transport vehicles which shall be able to form a swarm. Therefore the vehicles need to detect each other, exchange information amongst each other and sense their environment. By provision of peripherally acquired information of other transport entities, more convenient decisions can be made in terms of navigation and collision avoidance. This paper is a contribution to collective utilization of sensor data in the swarm of cellular transport vehicles.

*[Keywords: Cellular Transport Vehicles, Internet-of-Things, Logistics, Computer Vision, Wireless Sensor Network, Synchronization, Sensor Models]*

**K**urzbeschreibung: Für die Flexibilisierung des innerbetrieblichen Materialflusses werden autonome Transportfahrzeuge eingesetzt, um wechselnden Leistungsanforderungen gerecht zu werden. In diesem sogenannten Zellularen Transportsystem, bestehend aus einer Vielzahl kleinskaliger Transportfahrzeuge, sollen Fahrzeuge in der Lage sein, untereinander zu kommunizieren, sich gegenseitig zu erkennen und die Umwelt wahrzunehmen. Durch die Bereitstellung von dezentral akquirierten Informationen anderer Transportentitäten können bessere Entscheidungen zur Wegfindung und Kollisionsvermeidung getroffen werden. Dieses Paper ist ein Beitrag für die gemeinsame Nutzung von Sensordaten innerhalb eines Fahrzeugswarms.

*[Schlüsselwörter: Zellulare Transportfahrzeuge, Internet der Dinge, Bildverarbeitung, Computer Vision, Wireless Sensor Network, Synchronisierung, Sensormodelle]*

### 1 INTRODUCTION AND MOTIVATION

To master changing performance demands in facility logistics, autonomous transport vehicles are deployed to make in-house material flow applications more flexible. The so-called cellular transport system consists of a multitude of small scale transport vehicles which shall be able

to form as a swarm. Therefore the vehicles need to detect each other, exchange information amongst each other and sense their environment. By provision of peripherally acquired information of other transport entities, more convenient decisions can be made in terms of navigation and collision avoidance. This contribution to collective utilization of sensor data in the swarm of cellular transport vehicles is based upon three founding pillars: synchronization of sensor data, modeling of distance sensors, probabilistic computer vision algorithms for vehicle detection and network based sensor fusion. Finally, this detection methodology was empirically evaluated at the LivingLab Cellular Transport Systems at the Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics in Dortmund.

Methodically, this work follows the visualized approach in figure 1. Fundamentally information about the visible cellular transport vehicles of a sensor network is extracted from a set of data, in this case sensor data of a laser scanner. During the processing along the toolchain in figure 1 the information content increases steadily whereas the amount of data reduces. The pipeline starts with the synchronization of sensor data which is reflected in chapter 2.1. This step is the basis of the data processing. For the interaction of the vehicles and the collective utilization of the acquired sensor data a common time base is needed. In the second step of the toolchain the sensor data acquisition takes place which is explained in the context of sensor models in chapter 2.2. Besides the utilization of the vehicles own sensors, data from other vehicles can be acquired. During the next step the acquired data have to be transformed into the coordinate system of the vehicle. In the next process of the toolchain, the clustering, the amount of data reduces drastically. The acquired and transformed sensor data are segmented and clusters can be build. Those are important for the object extraction. Based on geometric probabilities of the clusters objects can be extracted. In the object extraction step some clusters like noise are rejected so that the amount of data decreases whereas the information content increases. During the classification process the extracted objects are classified into a list of vehicle candidates and a list of other objects. Chapter 3 deals with the methods of segmentation, object extraction and classification. Finally, the vehicle detection

# Dynamische Standsicherheit von Portalstaplern

## Dynamic Stability of Straddle Carriers

**Prof. Dr.-Ing. Rainer Bruns**  
**Dr.-Ing. Dipl.-Math. Björn Piepenburg**

*Lehrstuhl für Maschinenelemente und Technische Logistik  
Fakultät für Maschinenbau, Institut für Konstruktions- und Fertigungstechnik  
Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr, Hamburg*

**D**er Artikel beschreibt die Untersuchung der dynamischen Standsicherheit von Portalstaplern. Dazu wurde ein aktueller repräsentativer Portalstapler analysiert und in ein Mehrkörper-Simulationsmodell abgebildet. Die Validierung des Modells erfolgte auf Basis von Messfahrten am realen System. Aus den durchgeführten Simulationsstudien wurden technische Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet, welche die dynamische Standsicherheit von Portalstaplern erhöhen.

*[Portalstapler, Kippunfall, Standsicherheit, MKS-Simulation, ESP]*

**T**he article describes the analysis of the dynamic stability of straddle carriers. Therefore a straddle carrier of practical relevance was analyzed and displayed in a multi-body simulation model. The validation of the model was based on measuring rides on the real system. From simulation studies, technical improvement measures were derived, which improve the dynamic stability of portal lift trucks.

*[Straddle Carrier, Tipping Accident, Stability, MBS-Simulation, ESP]*

### 1 MOTIVATION

Portalstapler oder Van Carrier (VC) werden im Hafen zum Umschlag von Containern eingesetzt (vgl. Abbildung 1). Die größte Verbreitung haben 3-hoch- und 4-hoch-Geräte, also VC, welche in die dritte bzw. vierte Containerlage stapeln können. Diese Geräte haben eine Höhe von mehr als 15 Meter und eine maximale Geschwindigkeit von 25 bzw. 30 km/h.



*Abbildung 1: Portalstapler beim Ein- bzw. Auslagern in die dritte Containerlage*

Der Schwerpunkt der Portalstapler in der Höhe wird wesentlich durch die Maschinenbühne beeinflusst, welche mehr als 25% der Gesamtmasse des unbeladenen VC ausmacht. Komponenten der Maschinenbühne sind der Antrieb, die Steuerung und die Seilspeicher für das Lasthebemittel (Spreader). Bei einem unbeladenen VC mit maximal abgesenktem Spreader liegt der Schwerpunkt knapp unterhalb der halben Fahrzeughöhe. Diese ungünstige Schwerpunktlage kann bei kritischen Fahrmanövern wie dem schnellen Gegenlenken zum Ausweichen von Hindernissen zum Kippen des Fahrzeuges führen. Diese nur selten aber immer wieder auftretenden Kippunfälle führten in den vergangenen Jahren zu schweren, häufig tödlichen Verletzungen der Fahrer.

### 2 PROJEKTZUSAMMENSETZUNG UND -AUFBAU

Das Projekt wurde von der *Berufsgenossenschaft für Handel und Warendistribution* initiiert und gefördert. Weitere Projektpartner waren die drei Hersteller von Portalstaplern *Cargotec Germany GmbH*, *Konecranes*

# Modellierung des Energiebedarfs von Regalbediengeräten und verschiedener Lagerbetriebsstrategien zur Reduzierung des Energiebedarfs

Modeling the Energy Need of Storage and Retrieval Vehicles and Different Storage Operating Strategies for the Reduction of the Energy Need

*Dipl.-Ing. Armin Siegel, M.Sc.\**  
*Dipl.-Wirtsch.-Ing. Robert Schulz, M.Sc.\*\**  
*Dipl.-Ing. Karsten Turek\**  
*Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Schmidt\**  
*Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zadek\*\**

*\* Professur für Technische Logistik  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme, Fakultät Maschinenwesen  
Technische Universität Dresden*

*\*\* Lehrstuhl für Logistik  
Institut für Logistik und Materialflusstechnik, Fakultät Maschinenbau  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg*

**I**n diesem Beitrag wird ein detailliertes Berechnungsmodell für den Leistungsbedarf eines Regalbediengerätes vorgestellt und durch den Vergleich mit Messungen an einem Versuchsgerät validiert. Aspekte der Leistungsmessung und der Versuchsauswertung werden erläutert. Darüber hinaus wird aufgezeigt, wie der Energiebedarf für Einzel- und Doppelspiele eines Regalbediengerätes auf der Basis des Berechnungsmodells ermittelt werden kann. Weiterhin werden vier Lagerbetriebsstrategien zur Reduzierung des Energiebedarfs vorgestellt und mit bestehenden Strategien hinsichtlich der Auswirkungen auf den mittleren erzielbaren Durchsatz und den mittleren Energiebedarf verglichen.

*[Schlüsselwörter: Regalbediengerät, Leistungsmodell, Energiebedarf, Lagerbetriebsstrategien]*

**I**n this article a detailed model for the power consumption of a storage and retrieval machine is presented. The model is validated by experiments. Aspects of the measurement process and evaluation are discussed. It is shown how to calculate the energy need of a storage and retrieval machine based on the proposed model for single and double cycles. In addition, four warehouse operating strategies to reduce the energy need of storage and retrieval vehicles are presented and compared to existing strategies regarding their impact on the average throughput and the average energy need per hour.

*[Keywords: storage and retrieval vehicle, power consumption model, energy need, warehouse operating strategies]*

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Förderhinweis: Dieser Beitrag entstand im Rahmen der IGF-Vorhaben Nr. 17014 BR „Energieeffiziente Steuerungsstrategien für Materialflusssysteme“ der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Intralogistik/Fördertechnik und Logistiksysteme e.V. (FG IFL) und 17389 BR „Energieeffiziente Lagerstrategien und Lastverteilung“ der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik e.V. Diese Vorhaben werden von der AiF über das Programm zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung- und Entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

## 1 ENERGIEEFFIZIENZ BEI REGALBEDIENGERÄTEN

Im Zuge des steigenden Umweltbewusstseins und einhergehend mit den begrenzt zur Verfügung stehenden Primärenergieressourcen rückt die Energieumsatzbetrachtung auch in der Materialflusstechnik stärker in den Vordergrund. Die Kosten für die Energieversorgung eines fördertechnischen Systems übersteigen die Investitionskosten oft schon nach wenigen Jahren. Mit steigenden Energiepreisen wird dieser Zeitraum kürzer. Bei der Bewertung der Lebenszykluskosten eines Materialflusssystems sind deshalb die Energiekosten von steigender Bedeutung. Die hohe Eigenmasse der Regalbediengeräte als auch die Verknüpfung von Fahr- und Hubbewegung bieten Potential für Energieeinsparungen (vgl. [Sch09] und [BLS12]).

Dies bildet den Ausgangspunkt für die beiden Forschungsprojekte an der TU Dresden und der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (OvGU). Insbesondere die Möglichkeiten einer energieeffizienten Steuerung sollen in diesem Beitrag aufgezeigt und diskutiert werden. Grundlage bildet ein Energiebedarfsmodell der TU Dresden, dessen Entwicklung zunächst beschrieben wird. Auf-

# Swiss Rescue System – Ein Personenrettungssystem für Hochhäuser und Spezialbauten

Swiss Rescue System an emergency escape system for high-rise and special buildings

Lars Jahreis  
Ralf Grießbach  
Tobias A. Mayer  
Thomas Linke  
Klaus Nendel

Professur Fördertechnik, Fakultät für Maschinenbau, *Institut für Fördertechnik und Kunststoffe (IFK)*  
Technische Universität Chemnitz

**D**ie Grundidee der Personenevakuierung mittels eines Vertikalförderers ist nicht neu, allerdings wird mit dem Swiss Rescue System (SRS) ein komplett neuer Weg beschritten. Die Innovation des Systems liegt in einer Fülle von kleinen Erfindungen, die in der Summe einen komplett neuen Weg der Vertikalförderung ermöglichen.

[Schlüsselwörter: Evakuierungssystem, Vertikalförderer]

**T**he basic idea of evacuating using a vertical conveyor is not new. However the Swiss Rescue System (SRS) breaks new ground. The innovation of the system consists of many small inventions which overall make a completely new way of vertical conveying possible.

[Keywords: evacuation, vertical conveyor]

## 1 EINLEITUNG

Vertikalförderer haben eine Fülle von Anwendungsgebieten, neben gängigen Anwendungen in der Logistik, gibt es weitere Einsatzgebiete und Techniken, seien es Fallschirme oder Vakuumaufzüge, doch am wenigsten denkt man dabei an ein Evakuierungssystem. Die Lift-Pioniere Erhard Weigel oder Elisha Graves Otis werden wohl kaum an eine derartige Vertikalfördertechnik gedacht haben, wie sie im Folgenden beschrieben wird. [1]

Nicht erst seit den Anschlägen am 11. September 2001 auf das World Trade Center in New York ist bekannt, dass die Rettung und Evakuierung einer großen Anzahl von Personen, ab einer bestimmten Bauwerkshöhe als schwierige technische und logistische Herausforderung gilt und es keine geeigneten Systeme für Rettungshöhen oberhalb von 100 Metern gibt. Ziel bei dem hier vorgestellten Forschungsprojekt ist es, für diese Rettungs-

höhen (Hochhäuser, Bohrinseln, etc.) ein autarkes System zu entwickeln, dass es im Notfall (Brand, zerstörte oder unbenutzbare Rettungswege) einer großen Anzahl von Menschen ermöglicht, sich selbstständig und ohne den Einsatz von geschultem Personal zu retten.

## 2 SYSTEMKOMPONENTEN UND SYSTEMAUFBAU

Das Evakuierungssystem besteht, je nach Einsatzgebiet aus 6 bis 8 Systemkomponenten (Abbildung 1):

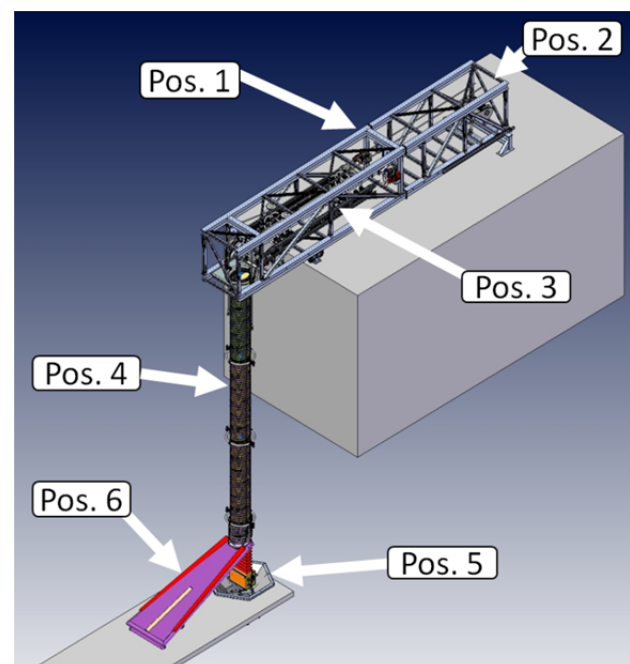


Abbildung 1. Systemaufbau des SRS

# NEUE GENERATION VON AUFZÜGEN MIT FASERSEIL

## New generation of lift systems with fiber ropes

*Peter Kurtz M.Sc.*

*Prof.-Dr.-Ing. Markus Michael*

*Dr.-Ing. Thorsten Heinze*

*Stiftungsprofessur Technische Textilien – Textile Maschinenelemente*

*Institut für Fördertechnik und Kunststoffe*

*Fakultät für Maschinenbau*

*Technische Universität Chemnitz*

**E**nergieeffiziente und leistungsfähige Zug- und Tragmittel aus hochmoduligen (HM) und hochfesten (HT) Fasern rücken seit einigen Jahren in den Fokus von Aufzugherstellern und Betreibern. Hauptgrund dafür ist, dass die bisher eingesetzten Stahldrahtseile auf Grund ihrer vergleichsweise hohen Eigenmasse an technische Grenzen stoßen. Seile aus hochfesten Polymerfasern haben gegenüber Stahldrahtseilen eine vergleichbare oder sogar höhere Zugfestigkeit und ein vier- bis sechsfach geringeres Gewicht. Um das Potential dieser Fasern optimal auszunutzen, sind sowohl die Anordnung der Fasern als auch die Schmierstoffeinbringung zu untersuchen. Diesbezüglich wurden verschiedenen Seilkonstruktions- und Schmierstoffvarianten entwickelt und im Dauerbiegeversuch validiert.

*[Keywords: Hochfeste und hochmodulige Fasern, Faserseil, Maschinenelemente, textil, Aufzug]*

**I**n recent years efficient traction and load-bearing mechanisms of high-modulus (HM) and high strength (HT) fibers move into the focus of elevator manufacturers and operators. The main reason is that the steel ropes, which are used, by virtue of their comparatively high net mass reach their technical limits. High-strength polymer fiber ropes (HM HT fibre ropes) have compared with steel ropes a comparable or even higher tensile strength and a four-to six-fold lower weight of the load-bearing mechanisms. To realize the full potential of these fibers, both the arrangement of the fibers and the lubricant contribution are examined. In this regard, various rope construction and lubricant variants were developed and validated in bending fatigue tests.

*[Schlüsselwörter: high-strength and high-modulus fibres, fibre rope, machine parts, textile, lift systems]*

### 1 EINLEITUNG

In Aufzugs- und Schachtförderanlagen zeichnen sich Stahlseile durch hohe Festigkeit (Zugfestigkeit  $>1770 \text{ N/mm}^2$ ) [1] und gute Beurteilbarkeit der Ablegereife aus. Durch regelmäßige Inspektionen können kritische Zustände z.B. visuell durch die Anzahl äußerer Drahtbrüche rechtzeitig erkannt werden. Dies führt zu einer hohen Betriebssicherheit, welche durch Weiterentwicklung der Drahtseile stetig gesteigert wird. Die Stahldrahtseile gelangen jedoch bezüglich der maximal möglichen Förderhöhe an technische Grenzen. Die Hauptursachen liegen vor allem in der hohen Eigenmasse der eingesetzten Seile (Reißlänge und Nutzlast sinken) sowie in erhöhter Seilschädigung durch Ausbildung von Drehmomenten entlang der Seilachse beim Biegen über eine Scheibe. Größere Schachtförderanlagen (Förderung aus 3500m Tiefe [2]) können nur noch durch Absenken der Sicherheiten (z.B. AS/NZS 4812) und Förderströme realisiert werden. Aus diesem Grund besteht die Forderung Zugmittel anzuwenden, die bei gleicher Bruchkraft eine geringere Dichte aufweisen. Seile aus hochfesten Polymeren haben auf Grund ihrer geringeren Dichte eine bis zu achtfach größere Reißlänge [3] gegenüber Stahldrahtseilen.