

REPORT DOCUMENTATION PAGE

Form Approved OMB No. 0704-0188

Public reporting burden for this collection of information is estimated to average 1 hour per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the collection of information. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden to Washington Headquarters Services, Directorate for Information Operations and Reports, 1215 Jefferson Davis Highway, Suite 1204, Arlington, VA 22202-4302, and to the Office of Management and Budget, Paperwork Reduction Project (0704-0188), Washington, DC 20503.

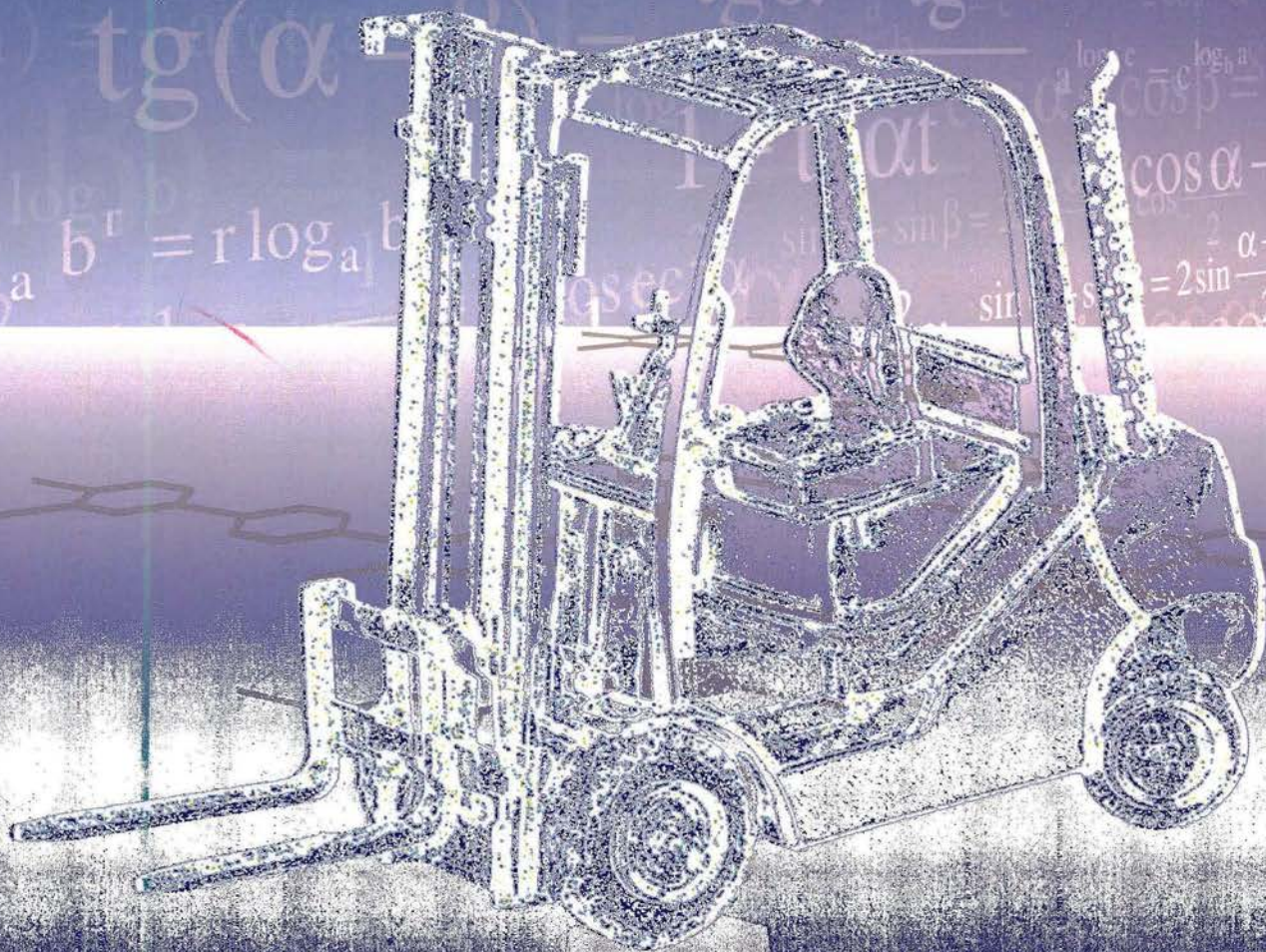
| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| 1. AGENCY USE ONLY (Leave blank) | | 2. REPORT DATE 7 July 2016 | 3. REPORT TYPE AND DATES COVERED Final | |
| 4. TITLE AND SUBTITLE Forschungskatalog – Flurförderzeuge 2016 – 3. Ausgabe (Research Catalog – Handling 2016 – 3 rd Edition) | | | 5. FUNDING NUMBERS | |
| 6. AUTHOR(S) | | | | |
| 7. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) UNIBW | | | 8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER ISBN 978-3-86818-084-8 | |
| 9. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) Helmut-Schmidt-Universität Holstenhofweg 85 22043 Hamburg Germany | | | 10. SPONSORING/MONITORING AGENCY REPORT NUMBER | |
| 11. SUPPLEMENTARY NOTES Text in German. | | | | |
| 12a. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT Public release. Copyrighted. (1 and 20) ABSTRACT (Maximum 200 words) | | | 12b. DISTRIBUTION CODE | |
| <p>Table of Contents:</p> <p>Integrated SE-tire model Wear and damage mechanisms on the truck wheels and rollers Sensor integration in the truck tire, temperature and load monitoring in SE tires Forecasting model for use specific energy consumption of forklifts Development of an electronic stabilization system "ESPneo" for straddle carriers Energy-efficient, fully automatic dynamometer for fork forklift mast PräVISION: preventive Enhancing safety at work on industrial trucks using image processing Holistic concept selection for routes train systems for production supply Software supported routes of train - Analytical dimensioning method for in-plant transportation Stability through dynamic: Dynamic Routes train control for the short term fluctuating transfer requirements Universal self-steering traction axis routes with maximum directional stability Automated design of road systems for Automated Guided Vehicles (AGV route network) Situational behavior control for interactive, automated guided vehicles (AGV out of the box) Radio localization for controlling driverless transport vehicles and picking processes Material Flow System for JIS parts supply Karis pro- intralogistics to the Lego principle Assembly and logistics FTF for automotive assembly of the future Object protection development of a robust, optically track-guided material flow system obstacle detection Batch terminal stock control technology for a highly flexible automatic container warehouse Feasibility study for an active stability system for light trucks (ASSS)</p> <p>Machine assisted translation.</p> | | | | |
| 14. SUBJECT TERMS UNIBW, German, trucks, train systems, sensor integration, Automated Guided Vehicles (AGV) | | | 15. NUMBER OF PAGES | |
| | | | 16. PRICE CODE | |
| 17. SECURITY CLASSIFICATION OF REPORT UNCLASSIFIED | 18. SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE UNCLASSIFIED | 19. SECURITY CLASSIFICATION OF ABSTRACT UNCLASSIFIED | 20. LIMITATION OF ABSTRACT UL | |

NSN 7540-01-280-5500

Standard Form 298 (Rev. 2-89)
Prescribed by ANSI Std. Z39-18
298-102

FORSCHUNGSKATALOG

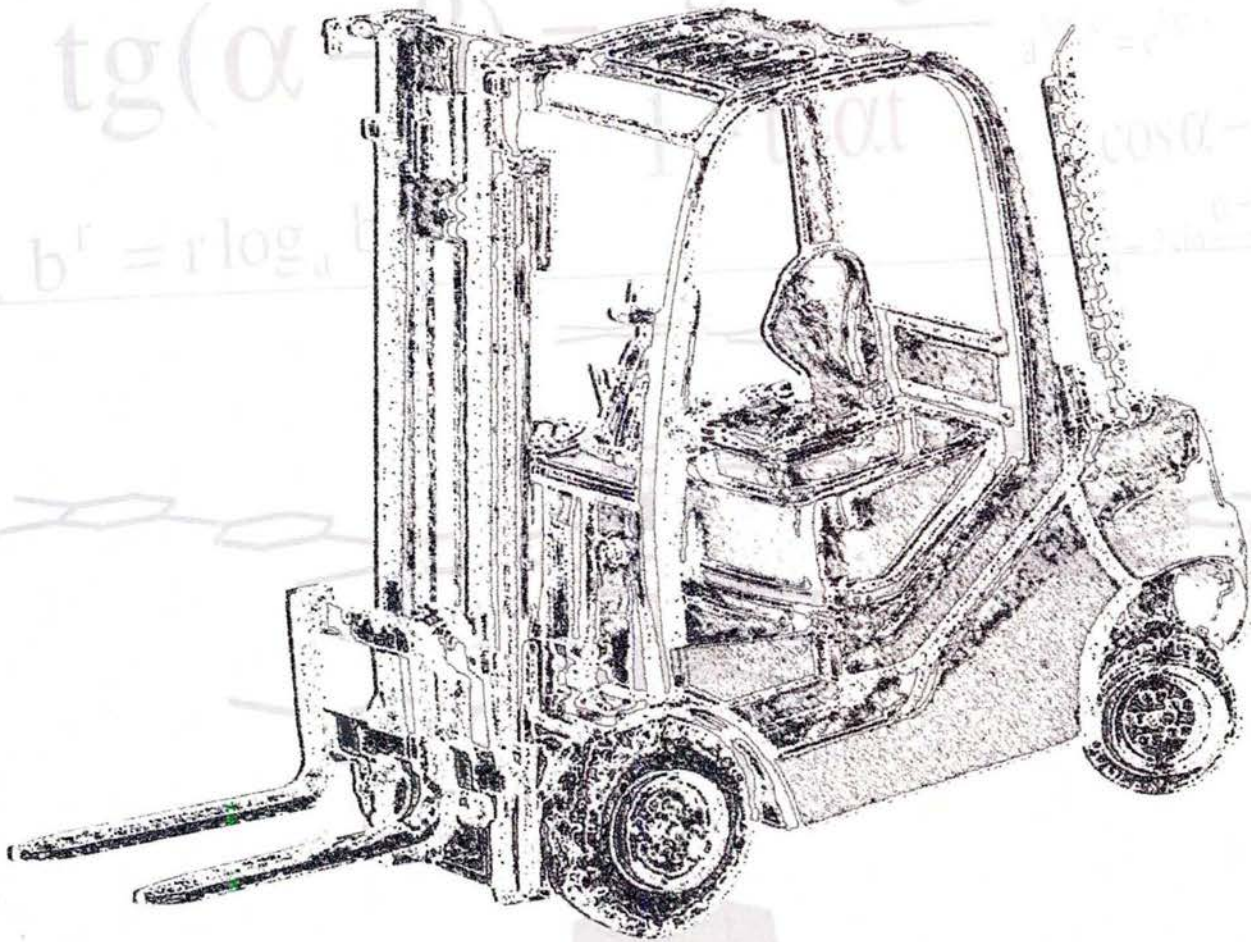
— Flurförderzeuge 2016 —



FORSCHUNGSKATALOG

— Flurförderzeuge 2016 —

3. Ausgabe



Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. R. Bruns

Dr.-Ing. S. Ulrich

Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

Lehrstuhl für Maschinenelemente und Technische Logistik

Redaktion:

Dr.-Ing. S. Ulrich

Gestaltung und Druck:

Medienzentrum der Helmut-Schmidt-Universität, Juni 2016

ISBN: 978-3-86818-084-8

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Alle Rechte vorbehalten, auch das des Nachdruckes, der Wiedergabe (Photokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, auszugsweise oder vollständig.

Die Publikation erscheint als nicht redigierter Manuskriptdruck. Die einzelnen Beiträge geben die persönlichen Erkenntnisse, Ansichten und Erfahrungen der jeweiligen Autoren wieder.



Liebe Leserinnen und Leser des Forschungskatalogs Flurförderzeuge,

es ist mir eine große Freude, Ihnen bereits die dritte Ausgabe des Forschungskatalogs Flurförderzeuge vorstellen zu dürfen. Dieser Forschungskatalog erscheint als separater Teil des Tagungsbandes der Hamburger Staplertagung sowie als Special in der Fachzeitschrift "Hebezeuge Fördermittel". In elektronischer Form steht er auch zum Download auf den Webseiten www.staplertagung.de sowie www.hebzeuge-foerdermittel.de zur Verfügung.

Die Beiträge unseres Forschungskataloges geben in knapper, einheitlicher Form einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung auf dem Gebiet der Flurförderzeuge im deutschsprachigen Raum. Die vorliegende Ausgabe macht wieder deutlich, auf welchen Gebieten aktuell geforscht wird. So ist unter anderem die Schlüsselkomponente „Reifen und Räder“ Gegenstand mehrerer Forschungsprojekte. Die dabei betrachteten Aspekte reichen von den Verschleiß- und Schadensmechanismen über das Schwingungsübertragungsverhalten bis zur Integration von Sensoren zur Temperatur und Belastungsüberwachung. Auch die Arbeitssicherheit ist ein echtes Dauerthema. Den größten Themenschwerpunkt bilden jedoch die Routenzüge. In vier Beiträgen werden Projekte zur Planung, Steuerung und technischen Weiterentwicklung von Routenzug-Systemen dargestellt.

Der Siegeszug der Routenzüge in der Produktion ist Ausdruck eines seit mehreren Jahrzehnten andauernden Megatrends der Logistik, der durch die abnehmende Größe der Ladungseinheiten charakterisiert ist. Manche Autoren bezeichnen diesen Trend auch plakativ als "Atomisierung der Ladeeinheiten". An die Stelle weniger Transporte großer Ladeeinheiten treten zunehmend viele Transporte kleiner Ladeeinheiten. Hierfür sind die meisten Flurförderzeuge in ihrer heutigen Form jedoch kaum geeignet. Bilden die Flurförderzeuge mit ihren Gabelzinken als Lastaufnahmemittel doch seit jeher eine Schicksalsgemeinschaft mit der Palette, jenem Ladungsträger der die Stückgutlogistik im Zeitalter der Massenproduktionen und des Massenkonsums mehr als ein halbes Jahrhundert lang entscheidend geprägt hat. Es ist daher dringend geboten unsere Vorstellungen von Flurförderzeugen zu erweitern. Denn im Zusammenhang mit Flurförderzeugen denken viele zunächst an Gabelstapler, Hubwagen, Hochregalstapler und vielleicht auch an fahrerlose Transportsysteme.

In den letzten Jahren ist jedoch eine neue Kategorie von Flurförderzeuge entstanden, für die es bisher allerdings noch keine einheitliche Bezeichnung gibt. Es handelt sich dabei um die kleinen autonomen Transportfahrzeuge für Ladeeinheiten im Format einer Viertelpalette oder für noch kleinere Ladeeinheiten. Im Grunde sind dies lediglich miniaturisierte fahrerlose Transportsysteme. Das Angebot dieser Mini-FTS hat in der jüngsten Vergangenheit bemerkenswert rasant zugenommen. Verschiedenste Unternehmen, angefangen vom kleinen Start-Up bis zum großen Logistiksystemanbieter wie SSI Schäfer haben das Potenzial der kleinen Flurförderzeuge entdeckt und beginnen dieses neue Segment des Flurförderzeugmarktes zu besetzen. Nur bei den etablierten Flurförderzeugherstellern sucht man vergeblich nach den kleinen Brüdern der herkömmlichen FTS. Diese scheinen die Mini-FTS noch nicht so recht ernst zu nehmen. Ich bin persönlich sehr gespannt darauf, ob und wann sich dieses ändern wird. Denn zumindest die Experten aus der Wissenschaft attestieren dieser neuen Flurförderzeugkategorie ein großes Potenzial zur flexiblen und wirtschaftlichen Lösung vielfältiger und komplexer innerbetrieblicher Transportaufgaben - auch wenn die Projekte in der aktuellen Ausgabe des Forschungskataloges dieses nicht widerspiegeln.

Abschließend möchte ich Allen, die bei der Erstellung und Veröffentlichung des Forschungskatalogs 2016 mitgewirkt haben, für ihre Unterstützung danken. Dieser Dank gilt vor allem den Autoren der Beiträge, meinem Oberingenieur, Herrn Dr.-Ing. Stephan Ulrich sowie Herrn Dipl.-Ing. Norbert Hamke als Mit-Herausgeber der Fachzeitschrift „Hebezeuge Fördermittel“.

Hamburg, 7. Juli 2016

Rainer Bruns

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Integriertes SE-Reifenmodell..... | 1 |
| <i>A. Pross und R. Bruns</i> | |
| Verschleiß- und Schadensmechanismen an Flurförderzeugrädern und –rollen..... | 3 |
| <i>M. Schröppel, M. Hofmann und K.H. Wehking</i> | |
| Sensorintegration in Flurförderzeugreifen, Temperatur- und Belastungsüberwachung in SE-Reifen..... | 5 |
| <i>S. Kleinert und L. Overmeyer</i> | |
| Prognosemodell für den einsatzspezifischen Energieverbrauch von Gabelstaplern..... | 7 |
| <i>T. Schilling und R. Bruns</i> | |
| Weiterentwicklung eines elektronischen Stabilisierungssystems „ESPneo“ für Portalstapler..... | 9 |
| <i>C. Klitsch und R. Bruns</i> | |
| Energieeffizienter, vollautomatischer Leistungsprüfstand für Gabelstaplerhubgerüste..... | 11 |
| <i>K. Nendel, A. Kretschmer und M. Helbig</i> | |
| PräVISION: präventive Steigerung der Arbeitssicherheit an Flurförderzeugen mittels Bildverarbeitung..... | 13 |
| <i>A. Böroid, M. Jung, S. Kunaschk, A. Lang und H. Thamer</i> | |
| Ganzheitliche Konzeptauswahl für Routenzugsysteme zur Produktionsversorgung | 15 |
| <i>C. Keuntje und W.A. Günthner</i> | |
| Softwaregestützte Routenzugplanung – Analytische Dimensionierungsverfahren für den innerbetrieblichen Transport..... | 17 |
| <i>C. Ritter, F. Pohl, T. Schmidt und I. Meinhardt</i> | |
| Stabilität durch Dynamik: Dynamische Routenzugsteuerung für kurzfristig schwankende Transportbedarfe.... | 19 |
| <i>C. Lieb und W.A. Günthner</i> | |
| Universelle selbstlenkende Routenzugachse mit höchster Spurtreue..... | 21 |
| <i>S. Ulrich, R. Bruns und K. Krivenkov</i> | |
| Automatisierte Auslegung von Wegenetzen für Fahrerlose Transportsysteme (FTS-Wegenetz)..... | 23 |
| <i>S. Uttendorf und L. Overmeyer</i> | |
| Situative Verhaltenssteuerung für interaktive, fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF out of the box)..... | 25 |
| <i>F. Podszus, L. Dohrmann und L. Overmeyer</i> | |
| Funk-Lokalisierung für die Steuerung von Fahrerlosen Transportfahrzeugen und Kommissionierprozessen.... | 27 |
| <i>T. Albrecht, G. Follert und M. ten Hompel</i> | |
| Materialflusssystem für die JIS Teilebereitstellung..... | 29 |
| <i>A. Colomb und K.H. Wehking</i> | |
| Karis Pro – Intralogistik nach dem Lego-Prinzip..... | 31 |
| <i>A. Trenkle und K. Furmans</i> | |
| Montage- und Logistik-FTF für die Automobilmontage der Zukunft..... | 33 |
| <i>M. Hofmann und K.H. Wehking</i> | |
| Objektschutz – Entwicklung eines robusten, optisch spurgeführten Materialflusssystem mit Hinderniserkennung..... | 35 |
| <i>M. Hochstein, J. Dziedzitz und K. Furmans</i> | |
| Stapelbediengerät – Lagerbedientechnik für ein hochflexibles automatisches Behälterlager..... | 37 |
| <i>J. Behling, G. Follert und M. ten Hompel</i> | |
| Machbarkeitsstudie für ein Aktives Standsicherheitssystem für Leichtstapler (ASSS)..... | 39 |
| <i>S. Stepanyuk und R. Bruns</i> | |

Integriertes SE-Reifenmodell

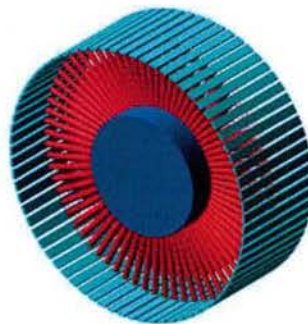
M.SC. ARNE PROSS, PROF. DR.-ING. RAINER BRUNS

Lehrstuhl für Maschinenelemente und Technische Logistik, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

Da die Fahr- und Kippstabilität sowie die Schwingungsbelastung auf den Fahrer bei Flurförderzeugen erheblich durch die Reifeneigenschaften beeinflusst werden, ist ein zuverlässiges und valides Reifenmodell bei der dynamischen Fahrzeugsimulation von großer Bedeutung. Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines Simulationsmodells speziell für Superelastikreifen, welches das vertikal- sowie querdynamische Verhalten berücksichtigt, wodurch eine gezielte Reifenauswahl in Bezug auf Fahrzeugmodell und Einsatzfall erfolgen kann. Neben der detaillierten Beschreibung der auftretenden Kräfte und Momente liegt hierbei der Fokus auf einem rechenzeitoptimierten Ansatz. Mit der Schaffung einer breiten experimentellen Basis wird das Ziel verfolgt, dem Modell eine vielseitige Einsatzmöglichkeit zu verleihen.



Experimentelle Untersuchungen zur Vertikal- und Querdynamik



Parametrierung und Validierung des erstellten Simulationsmodells

Projektbeschreibung

Bei Flurförderzeugen kommt es lediglich durch die Reifen zu einer Minderung der Schwingungs- und Stoßbelastung, wodurch diese nur unzureichend absorbiert werden. Aufgrund dessen hängt die

gesundheitliche Belastung des Fahrers erheblich von den eingesetzten Reifen ab. Neben diesem Aspekt besitzen die Eigenschaften des eingesetzten Reifens einen sehr starken Einfluss auf die Fahr- und Kippstabilität des Fahrzeuges. Die Beschreibung dieser dynamischen Vorgänge wird immer

häufiger durch Mehrkörpersimulationen durchgeführt, so dass die Forderung nach einem detaillierten und validen Reifenmodell aufkommt. Durch die simulative Beschreibung des Reifenverhaltens können schon im Vorhinein Aussagen über die Fahrstabilität sowie über die arbeitsergonomischen Umstände des Fahrers getroffen werden.

Für die Erstellung eines möglichst allgemeingültigen Simulationsmodells wird die Generierung einer breiten experimentellen Basis vorausgesetzt. Hierfür stehen am MTL mehrere Prüfstände zur Verfügung, welche die exakte experimentelle Beschreibung der Vertikal- und Querdynamik des Reifens zulassen. Mit Hilfe einer Hydropulsanlage wird das Einfederungsverhalten des stehenden Rades untersucht, wodurch die Steifigkeit und Dämpfung des stehenden Rades ermittelt werden kann. Das vertikaldynamische Verhalten des rollenden Rades wird anhand einer Schwellenüberfahrt am Trommelprüfstand charakterisiert. Mit diesem Prüfstand kann ebenfalls das Schräglaufverhalten des Reifens bei unterschiedlichen Radlasten ermittelt werden.

In zwei vorangegangenen Projekten sind bereits zwei separate Modelle zur Beschreibung der Vertikal- sowie Querdynamik entstanden, jedoch konnte bisher noch keine Aussage über das Zusammenspiel dieser Modelle getroffen werden. Zur Modellierung des vertikaldynamischen Verhaltens wird eine Verkettung von Federelementen verwendet, welche die elastische Schicht des SE-Reifen nachbildet. Die Querdynamik wird über ein kennfeldbasiertes Modell beschrieben, welches die Querkraft auf den Reifen in Abhängigkeit des Schräglaufwinkels wiedergibt. In den Vorgängerprojekten konnte eine Gültigkeit dieser Modelle nur für ein schmales Spektrum an Reifen nachgewiesen werden, so dass eine Erweiterung im Rahmen dieses Projektes angestrebt wird. Die gewonnenen Messergebnisse an den oben genannten Prüfständen ermöglichen neben der Parametrisierung des erstellten Modells eine Absicherung der Gültigkeit der gewählten Ansätze. Durch umfangreiche Simulationsläufe werden die separaten Modelle aufeinander abge-

stimmt, so dass die Gültigkeit des integrierten Modells im Überschneidungsbereich gewährleistet werden kann.

Abschließend wird das Reifenmodell in eine Gesamtfahrzeugsimulation integriert, welche anhand von realen Testfahrten validiert wird. Hierbei werden Schwellenfahrten bei verschiedenen Radlasten und Geschwindigkeiten in der Kurve sowie auf ebener Fahrbahn simuliert und mit den Daten aus den realen Fahrmanövern verglichen. Insbesondere das Überfahren einer Schwelle in der Kurve gibt hierbei Aufschluss über das Verhalten des integrierten Reifenmodells, da sowohl die Vertikal- und die Querdynamik Einfluss auf dieses Fahrmanöver hat.

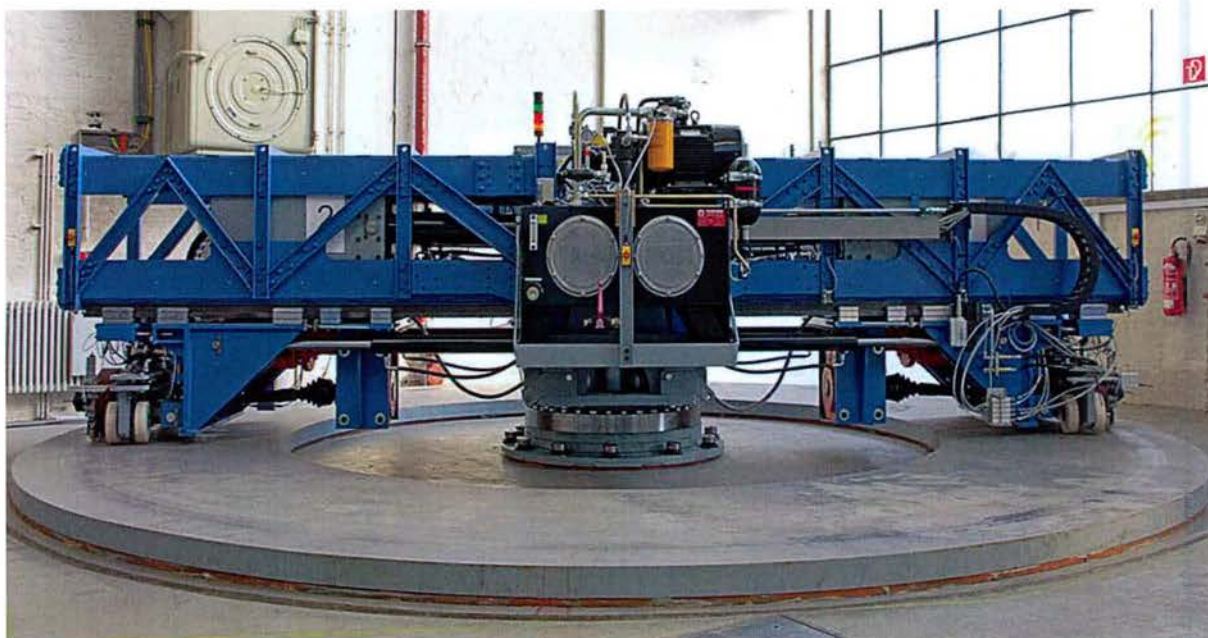
- **Laufzeit:** 01.02.2016 – 01.08.2017
- **Finanzierung/Förderung**
Forschungsgemeinschaft Intralogistik/
Fördertechnik und Logistiksysteme e.V.
(FG IFL)
- **Weiterführende Informationen**
www.hsu-hh.de/mtl
- **Projektpartner**
Camsotech
Continental AG
Jungheinrich AG
Linde Material Handling GmbH
STILL GmbH

Verschleiß- und Schadensmechanismen an Flurförderzeugrädern und –rollen

DIPL.-ING. MARKUS SCHRÖPPEL, DIPL.-ING. MATTHIAS HOFMANN, PROF. DR.-ING. DR. H.C. KARL-HEINZ WEHKING

Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart

Flurförderzeugräder und -rollen sind konstruktive Basiselemente. Ihre Lebensdauer bestimmt in erheblichem Maß die Betriebskosten von Flurförderzeugen. Betrachtet man nicht nur die Kosten für Ersatzbeschaffung der Räder, sondern zudem die infolge des Austauschs entstehenden Wartungsaufwendungen und Ausfallzeiten, wird der diesem Verschleißelement zuordenbare Anteil an den Gesamtkosten des Betriebs von Flurförderzeugen umso signifikanter. Verschärfte Anforderungen bezüglich Traglast, Fahrgeschwindigkeit und homogenem Abrollverhalten führen indes zu verkürzten Gebrauchsdauern, wobei die Ablegekriterien stets in einem anwendungsspezifischen Kontext (Stapler, RBG, FTF etc.) zu betrachten sind.



Stuttgarter Kreisaktor-Prüfstand zum Testen unterschiedlichster Rad-Boden-Kombinationen

Projektbeschreibung

Aktuell an das IFT aus der Praxis herangetragene Problemstellungen und Schadensfälle an Staplerrädern mit Polyurethan-Radbandage weisen auf eine noch relativ unbekannt –wenngleich zunehmend an Bedeutung gewinnende – Entwicklung hinsichtlich des Betriebsverhaltens von PU-Radbandagen

im Zusammenhang mit Industriebodenbeschichtungen auf Polymerbasis hin.

Im Industriebau kommen sowohl im Rahmen von Bestandsanierungen als auch bei Neubauten mittlerweile verstärkt Polymerbeschichtungen zur kostengünstigen Bodensanierung bzw. zum Schutz mechanisch- und chemisch beanspruchter Böden zum Einsatz. Dementsprechend finden derartige Bodenbeschichtungssysteme auch und vor allem

auf Produktionsflächen sowie in Lager- und Logistikbereichen Anwendung.

Die in Rede stehenden Bodenbeschichtungssysteme sind funktionale Bestandteile der baulichen Struktur und dahingehend ausgelegt, den darunter befindlichen Beton gegen das Einwirken von Umgebungsbedingungen und nutzungsbedingten Belastungen zu schützen. Bodenbeschichtungen sind dementsprechend Bestandteil des Bautenschutzes.

Im Vergleich zu bis dato gängigen Industrie-Estrichböden gemäß DIN 18560-7 verändern jedoch Polymerbeschichtungen die Kontaktmechanik zu Flurförderzeugrädern und –rollen offenbar fundamental, da sich im praktischen Betrieb – den bisher einschlägigen Erfahrungen nach zu urteilen – gänzlich abweichende Verschleiß- und Schadensmechanismen einstellen. Während beim Befahren von Estrichböden primär der abrasive Verschleiß für die erzielbare Laufleistung und Gebrauchstauglichkeit maßgebend ist, weisen auf Bodenbeschichtungen betriebene Räder oftmals signifikante Rissbildung auf, welche die Gebrauchstauglichkeit zunächst erheblich beeinträchtigen und letztlich zu einem vorzeitigen Ausfall führen, siehe Abbildung 1.



Verschleißerscheinungen an einem Rad

Weder für Hersteller, sowohl Räder- als auch Beschichtungshersteller, noch für die Anwenderschaft ist es bislang möglich, das Betriebsverhalten der Kontaktpartner Radbandage und Polymerbeschichtung verlässlich vorherzusagen bzw. aufeinander abzustimmen, da keine fundierten Erkenntnisse diesbezüglich existieren.

Gegenwärtig läuft das Antragsverfahren bei der AiF, um im Rahmen eines Forschungsprojekts der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) durch experimentelle Untersuchungen am Kreisaktor-Prüfstand des IFT (Abbildung 2) eine belastbare Datenbasis generieren, um dadurch künftig eine gezielte Abstimmung von Bodenbelags- und Radspezifikationen vornehmen zu können, wodurch eine effizientere und wirtschaftlichere Nutzung der Räder und Rollen von Flurförderzeugen erzielt werden soll.

- **Finanzierung/Förderung**

Seit 2011 diverse öffentlich geförderte Forschungsvorhaben, als auch Entwicklungs- und Prüftätigkeit im Rahmen von Industrieaufträgen.

- **Weiterführende Informationen**

www.uni-stuttgart.de/ift

Sensorintegration in Flurförderzeugreifen, Temperatur- und Belastungsüberwachung in SE-Reifen

DIPL.-ING. STEFFEN KLEINERT, PROF. DR.-ING. L. OVERMEYER

Institut für Transport- und Automatisierungstechnik, Leibniz-Universität Hannover

Der Ausfall von Flurförderzeugen kann den innerbetrieblichen Warentransport empfindlich stören. Reifenschäden durch das Fahren mit Überlast sowie das Umkippen des Fahrzeugs stellen Ausfälle mit großem Gefahrenpotential und langen Stillstandzeiten dar. Durch die Kenntnis der Reifeninnentemperatur sowie der Kraft bzw. des Drucks in der Bodenaufstandsfläche, können kritische Fahrzeug- und Reifenzustände bereits im Vorfeld erkannt und gegebenenfalls vermieden werden. Um die relevanten Zustandsgrößen Reifeninnentemperatur und Bodenaufstandskraft bzw. druck zu erfassen, wird eine Sensorik im Inneren des Reifens benötigt. Die Integration der Sensoren und weiterer elektronischer Komponenten zur Erfassung und drahtlose Übertragung der Messdaten stellt eine große Herausforderung dar. Die im Reifen stattfindenden Walkbewegungen und damit verbundenen hohen Biege- und Selbstbelastungen auf die integrierte Elektronik sind besonders kritisch.



Aufbauschema des SE-Reifens mit integriertem Sensor-Transponder

Projektbeschreibung

Für den innerbetrieblichen Transport hoher Lasten werden insbesondere Flurförderzeuge (FFZ) verwendet. Die gesamte Last, bestehend aus Fahrzeug und Beladung, ruht dabei auf den FFZ Reifen. Um Ausfälle und somit Stillstandzeiten zu vermeiden, müssen Schäden und Risiken für das FFZ bzw. für die FFZ-Reifen, die von den hohen Lasten ausge-

hen, frühzeitig erkannt und dem Fahrer angezeigt werden. Für die betrachteten Vollgummireifen (SE-Reifen) sind Zustandsgrößen, die für die Überwachung des Reifenzustands erforderlich sind, die Reifenaufstandskraft und die Reifentemperatur. Aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit des Reifenmaterials wird für die Temperaturmessung ein Sensorsystem benötigt, das im Reifeninneren

integriert ist und Messdaten nach Außen zum Fahrzeug sendet. Anhand der Temperaturmessdaten kann eine Überhitzung erkannt, angezeigt und somit eine Schädigung der Reifen verhindert werden. Die Messung der Reifenaufstandskraft ermöglicht sowohl eine Überladung als auch das Kippen des Fahrzeugs durch das Abheben eines Reifens zu erfassen und den Fahrer entsprechend zu warnen.

Die Herausforderung bei der Integration des Sensorsystems liegt dabei in der mechanischen Belastung, die auf die eingebetteten elektronischen Komponenten wirkt und in den Temperaturen im inneren des Reifens.

Ziel des Forschungsvorhabens ist daher die wissenschaftliche Erforschung der mechanischen Belastbarkeit eines Sensorsystems mit drahtloser Datenübertragung und die Anpassung des Systems für die anwendungsspezifische Integration im SE-Reifen. Der Reifen selbst darf durch die Integration des Sensorsystems nicht in seiner Stabilität beeinträchtigt werden.

Zunächst werden im Rahmen des Vorhabens die im FFZ-Reifen wirkenden Kräfte detailliert untersucht sowie die Verformungen und Belastungen, die auf im Reifen eingebrachte Fremdkörper wirken analysiert. Neben der Auswahl der zur Integration vorgesehenen Elektronik, ist auch deren Kapselung, Verbindungs- und Übertragungstechnik ausschlaggebend für die Einsatzfähigkeit der Systeme. Geeignete Komponenten müssen den vorherrschenden mechanischen Belastungen ebenso wie den Temperaturen von über 140°C im Reifen widerstehen können.

Neben der Auswahl geeigneter Sensor- und Übertragungssysteme ist die Datenübertragung aus dem Reifeninneren heraus ein weiterer Schwerpunkt des

Forschungsvorhabens. Für den Einsatz zur Kippüberwachung ist die Übertragung der Messdaten in ausreichend hoher Frequenz bei maximaler Zuverlässigkeit erforderlich. Das verwendete Übertragungssystem muss daher nicht nur den thermischen und mechanischen Anforderungen genügen sondern zusätzlich mit einer ausreichenden Leistung und Frequenz Daten durch das Gummimaterial des rotierenden Reifens senden können. Dämpfungseffekte durch Gummi, Feuchtigkeit und den Radkasten spielen für diese Untersuchungen eine wichtige Rolle. Zudem ist die Winkelabhängigkeit der integrierten Übertragungseinheit ein wichtiger Untersuchungsgegenstand.

- **Laufzeit:** 01.05.2014 – 30.06.2016
- **Finanzierung/Förderung**
AIF / IFL
- **Weiterführende Informationen**
www.ita.uni-hannover.de/ita-aktuelle-projekte.html
- **Projektpartner**
Continental Reifen Deutschland GmbH
Gumasol Rubber-Tec GmbH
STILL GmbH
Deister Electronic GmbH
Hotoprint GmbH & Co. KG
Ams AG

Prognosemodell für den einsatzspezifischen Energieverbrauch von Gabelstaplern

DIPL.-WI.-ING. TIMO SCHILLING, PROF. DR.-ING. RAINER BRUNS

Lehrstuhl für Maschinenelemente und Technische Logistik, Helmut-Schmidt-Universität

Der Energieverbrauch ist für die Betreiber von Gabelstaplern aus zahlreichen Gründen von Interesse. Neben den Betriebskosten geraten zukünftige gesetzgeberische Maßnahmen sowie andere umweltbezogene Aspekte zunehmend in den Fokus. Kunden entscheiden heute auch in der Logistik verstärkt nach umweltbezogenen Gesichtspunkten. Eine möglichst genaue Prognose der Energieverbräuche gibt den Betreibern daher Planungssicherheit. Zurückliegende Forschungsarbeiten, darunter das Projekt „Umweltauswirkungen von Fördermitteln in der Intralogistik“, haben gezeigt, dass Gabelstapler einen wesentlichen Anteil am gesamten Treibhausgasausstoß in der EU haben. Zudem sind die betriebsbedingten Einflussgrößen auf den Energieverbrauch analysiert worden. Dazu gehören physikalische Größen wie Geschwindigkeit, Beschleunigung und Masse, aber auch individuelle Größen wie das Fahrerverhalten. Der Zusammenhang dieser Größen soll analysiert und ein Modell zur Vorhersage des Energieverbrauchs entwickelt werden.



Analyse des Energieverbrauchs: Gabelstapler mit Messvorrichtung

Projektbeschreibung

Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines neuartigen Prognosemodells, das sich je nach Nutzungsprofil des einzelnen Flurförderzeugs anpassen lässt und dann dessen Kraftstoff-

bzw. Energieverbrauch für diesen spezifischen Einsatz vorhersagt. Dadurch sollen die bisherigen Nachteile bestehender Fahrzyklen (z.B. VDI-Zyklus [VDI-Richtlinie 2198]) wie die eingeschränkte Transparenz und die unsichere Prognosti-

zierbarkeit der zukünftigen Verbräuche vermieden werden.

Der Einsatz eines Gabelstaplers soll dazu in mehrere unterschiedliche Elemente, wie z.B. Fahr- und Hubanteile, zerlegt werden. Diese lassen sich dann wiederum in gleichartige Teile zerlegen, wie z.B. Vorwärts- und Rückwärtsfahrt. Schlussendlich erhält man die sogenannten elementaren Arbeitsvorgänge. Das sind die grundlegenden Bausteine, aus denen sich dann der gesamte Fahrzyklus bzw. das reale Einsatzszenario eines Gabelstaplers zusammensetzen lässt.

Es wird analysiert, inwiefern sich die Prognosen des Energieverbrauchs mittels dieses neuartigen Ansatzes verbessern lassen und mit wie viel Mehraufwand dies verbunden ist. Ein wichtiges Zielkriterium bei der Entwicklung des Modells ist die pragmatische Anwendbarkeit durch Hersteller und Nutzer von Flurförderzeugen. Es wird erwartet, dass der Aufwand zur Ermittlung der Verbräuche mittels des geplanten Verfahrens höher ist, als per derzeit angewandtem VDI-Zyklus. Das liegt daran, dass jeder Baustein einzeln gemessen werden muss. Zudem muss das Nutzungsprofil des Staplers bekannt sein, um eine möglichst gute Modellabbildung der Realität zu gewährleisten. Der Nutzen durch die genauere, einsatzspezifische Prognose der Verbräuche muss den Mehraufwand übersteigen.

Zur detaillierten Analyse der Einflussparameter wurde am MTL eine Messapparatur aufgebaut, die neben dem Energieverbrauch die einzelnen Einflussparameter aufzeichnet. Sie misst über die Zeit den direkt an der Batterie anliegenden Strom und die Spannung, die Raddrehzahlen der Vorderräder, die Hubhöhe sowie die Lastmasse. Während der

Fahrt werden die Drehgeschwindigkeiten und -richtungen der beiden Vorderräder aufgenommen und daraus die Fahrzeuggeschwindigkeit und Fahrtrichtung berechnet. Die Hubhöhe wird über einen am Gabelträger angebrachten Laser ermittelt und per Wifi übertragen. Die Lastmasse wird mit Hilfe von handelsüblichen Wägegabeln ermittelt, die die Lastmasse per Funk sendet.

Erste Analysen des Hubvorganges haben ergeben, dass die zurückgelegte Hubhöhe kein Einflussparameter darstellt. Das liegt an der Tatsache, dass es je nach Hubgeschwindigkeit eine relativ große Totleistung geben kann. Der Energieverbrauch des Hubvorganges setzt sich vielmehr aus Hubzeit, Masse und Hubhöhenbereich (z.B. vor oder nach dem Freihub) zusammen. Dabei spielt die Art der Bedienung des Hebels durch den Fahrer eine große Rolle.

- **Laufzeit:** bis 28.02.2017

- **Finanzierung/Förderung**

Das Projekt ist im Rahmen der regulären Finanzierung der Helmut-Schmidt-Universität über Haushaltsmittel finanziert.

- **Weiterführende Informationen**

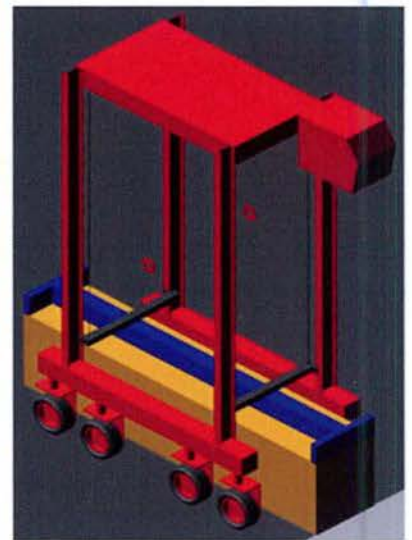
www.hsu-hh.de/mtl

Weiterentwicklung eines elektronischen Stabilisierungssystems ESP neo für Portalstapler

M.SC. CHRISTOPHER KLITSCH, PROF. DR.-ING. RAINER BRUNS

Lehrstuhl für Maschinenelemente und Technische Logistik, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

Portalstapler werden in großer Stückzahl auf Containerterminals zum Transportieren und Stapeln von Containern eingesetzt. Bei einer Fahrzeughöhe bis circa 15 m können diese Fahrzeuge bis zu 4 Container übereinander stapeln. Im unbeladenen Zustand liegt der Fahrzeugschwerpunkt bei maximal abgesenktem Lasthebemittel (Spreader) knapp unterhalb der halben Fahrzeughöhe. Aufgrund der hohen Schwerpunktlage können diese Flurförderzeuge beim schnellen Durchfahren enger Kurven umkippen. Die heute am Markt verfügbaren Portalstapler verfügen deshalb bereits alle über ein Stabilisierungssystem, das die Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Lenkwinkel begrenzt beziehungsweise reduziert. Zum Abbremsen werden dabei jedoch nur die elektrischen Fahrantriebe aber nicht die mechanischen Bremsen genutzt. Die damit erreichbare Bremsverzögerung von ca. 1 m/s² reicht nicht aus, um das Kippen des Fahrzeugs beim plötzlichen Einlenken in eine Kurve aus hoher Fahrgeschwindigkeit sicher zu verhindern.



Portalstapler im Hafebereich (links) und MKS-Modell eines Portalstaplers zur Simulation des Fahrverhaltens (rechts)

Projektbeschreibung

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Weiterentwicklung eines elektronischen Stabilisierungssystems ESPneo für Portalstapler“ sollen zunächst die Erkenntnisse über die Ursachen des seitlichen Kippens von Portalstaplern vertieft und abgesichert werden. Bei Versuchsfahrten und fahrdynamischen Simulationen wurde beobachtet, dass ein plötzlicher, starker Bremsengriff bei schnellen Kurven-

fahrten ein hohes zusätzliches Kippmoment durch kurzzeitig auftretende Querbeschleunigungen hervorruft. Dieses bisher nicht bekannte Phänomen wird zunächst mithilfe eines kinetischen Fahrzeugmodells nachvollziehbar erklärt und untersucht, ob diese Querbeschleunigungen zu einem Kippen des Portalstaplers führen können. Da zu erwarten ist, dass das Bremsen bei schneller Kurvenfahrt bei einigen Parameterkonstellationen und Fahrsituatio-

nen auch unerwünschte Wirkungen haben könnte, sollen systematisch die Wertebereiche der wesentlichen Einflussparameter, in denen das Bremsen in der Kurve stabilisierend wirkt, bestimmt werden.

Aufbauend auf den Erkenntnissen dieser Voruntersuchungen soll als wichtigstes Ziel des Projektes ein elektronisches Stabilisierungssystem (ESPneo) für Portalstapler vorentwickelt werden, das auch die mechanischen Bremsen dieser Fahrzeuge nutzt, um die erforderlichen Bremsverzögerungen erreichen zu können. ESPneo bremst das Fahrzeug bei Einleitung der Kurvenfahrt oder bei Ausweichmanövern in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit, des Lenkwinkels und der zeitlichen Lenkwinkeländerung automatisch so weit wie notwendig ab und beschleunigt das Fahrzeug anschließend wieder auf die gewünschte Fahrgeschwindigkeit.

Da die Lenkung von Portalstaplern sehr agil ist, entsteht ein Zielkonflikt für das Stabilisierungssystem. Denn einerseits muss die Geschwindigkeitsregelung sehr schnell auf Lenkwinkeländerungen reagieren, damit ein Kippen des Fahrzeugs sicher verhindert wird. Andererseits dürfen jedoch die häufigen Lenkbewegungen für kleine Fahrtrichtungskorrekturen nicht zu einem ständigen Abbremsen und Beschleunigen des Fahrzeugs führen. Der Wissensstand am Ende des Forschungsprojektes soll es den Herstellern ermöglichen, das Stabilisierungssystem kurzfristig zur Serienreife zu bringen und die Portalstapler hiermit auszurüsten.

Im Rahmen des Projektes wird zudem ein Verfahren erarbeitet, das zur Abnahme der mit dem Stabilisierungssystem ausgerüsteten Portalstapler durch die Betreiber angewendet werden soll. Hierzu muss insbesondere eine ausreichende Wirksamkeit des Stabilisierungssystems durch standardisierte Tests nachgewiesen werden.

Das Forschungsprojekt wird in Kooperation mit einem Portalstaplerhersteller und einem Containerterminalbetreiber durchgeführt.

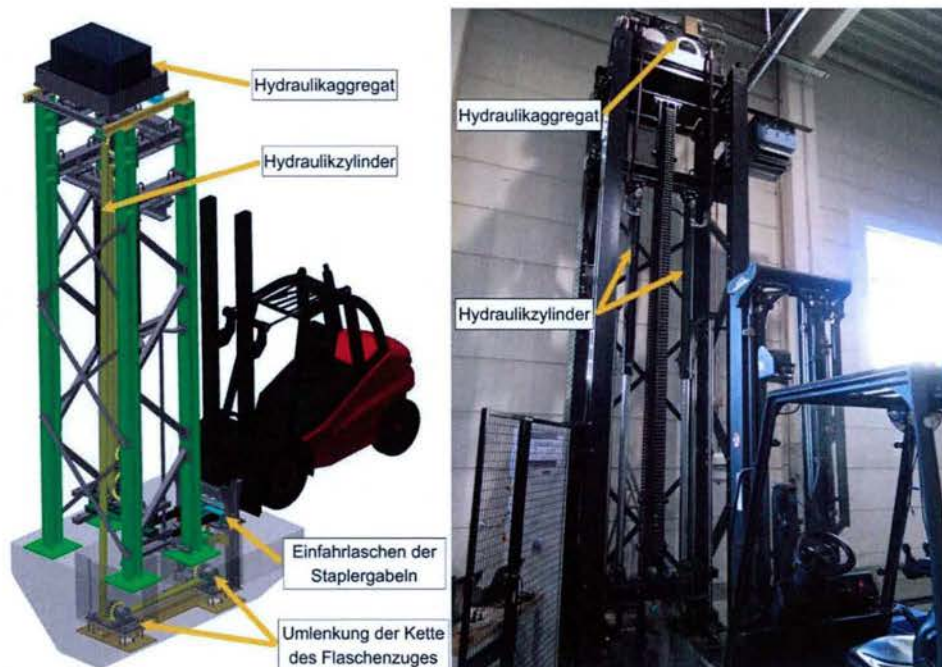
- **Laufzeit:** 01.01.2016 – 31.12.2019
- **Finanzierung/Förderung**
Das Projekt wird finanziert durch die Berufsgenossenschaft für Handel und Warenlogistik (BGHW)
- **Weiterführende Informationen**
www.hsu-hh.de/mtl
- **Projektpartner**
TEREX MHPS GmbH
EUROGATE Container Terminal Hamburg GmbH

Energieeffizienter, vollautomatischer Leistungsprüfstand für Gabelstaplerhubgerüste

PROF. DR.-ING. KLAUS NENDEL, DIPL.-ING. ANDREAS KRETSCHMER, DR.-ING. MARKUS HELBIG

Professur Fördertechnik, Technische Universität Chemnitz

Die Reparatur, Überprüfung und Wartung der Hydraulik von Gabelstaplern ist ein aufwendiger Prozeß. Die Sicherstellung der Leistungsfähigkeit und Dichtigkeit der hydraulischen Anlagen ist vor allem für die Gewährleistung im Schadensfall und Ermittlung des Wertes von Gebrauchstaplern von zentraler Bedeutung. Daher entstand im Rahmen eines Forschungsprojektes mit der Sander Fördertechnik GmbH ein Prüfstand, der den Belastungstest teilautomatisiert durchführt und parallel dazu frei werdende Prozeßenergie zurückgewinnt. Getestet werden können mit dieser Anlage sowohl Elektrostapler als auch Stapler mit Verbrennungsmotor bis zu einer Leistungsklasse von 5 t und einer Hubhöhe von 7 m. Durch die Automatisierung können Tests mit deutlich geringerem Zeit- und Personalaufwand durchgeführt werden. Quantitative Leistungskennwerte können erfaßt und protokolliert werden. Die durchgeführten Prüfungen ermöglichen eine verbesserte Betriebssicherheit und eine bessere Qualität der Fahrzeuge.



Schematischer Aufbau des automatisierten Leistungsprüfstandes (links) und Bild des Prüfstandes (rechts)

Projektbeschreibung

Beim Handel mit gebrauchten Gabelstaplern sind neben der qualitativen Beurteilung des äußerlichen Erscheinungsbildes vor allem die Bewertung technischer Parameter und quantitative Leistungsdaten

der Gebrauchtgeräte von Interesse. Wie bei allen Hydraulikanlagen spielt hierbei die Arbeitstemperatur eine wichtige Rolle. Die Öltemperatur des Gabelstaplers hat aber nicht nur Einfluß auf die tatsächlich zur Verfügung stehenden Hub- und Fahrleistungsdaten sondern auch auf die Dichtheit der

Hydraulikverbindungen. Bei wiederaufgearbeiteten Gebrauchstaplern zeigen sich etwaige Undichtigkeiten manchmal erst kundenseitig, im harten Einsatz, wie zum Beispiel im Mehrschichtbetrieb. Ein solcher Qualitätsmangel ist für Händler und Kunden inakzeptabel.

Für einen ordnungsgemäßen Funktionstest muß ein Gabelstapler auf Betriebstemperatur gebracht werden. Dies gestaltet sich ohne geeignete Vorrichtung schnell schwierig und zeitintensiv. Geeignete dimensionierte Lasten müssen auf dem Firmengelände bewegt und gelagert werden. Dieser Test ist undefiniert und je nach Anforderung platz- und kostenintensiv. Hinzu kommt die Gefährdung durch das Heben von großen Massen an sich. Die TU Chemnitz hat daher Zusammen mit der Sander Fördertechnik GmbH ein Prüfstandkonzept entwickelt mit dem die manuelle Tätigkeit des „Warmfahrens“ entfällt und definierte halbautomatische Funktions- und Hubleistungstests möglich sind. Die Belastungskraft an der Gabel des Teststaplers wird durch eine einstellbare hydraulische Vorrichtung erzeugt. Der Stapler arbeitet beim Heben gegen zwei druckgeregelte Hydraulikzylinder. Durch die Verwendung einer Flaschenzuganordnung kann eine große Hubhöhe realisiert werden. Die im Prüfstand frei werdende Bremsenergie wird über Wärmetauscher aus dem Ölkreis des Prüfstandes zurückgewonnen und steht als Warmwasser für Heizungs- und / oder Reinigungszwecke zur Verfügung. Die Hub- und Senkbewegung des Teststaplers wird über die Joystick-Schnittstelle des Staplers gesteuert. Die Ansteuerung kann dadurch weitgehend typ- und herstellerunabhängig erfolgen bzw. ist ggf. anpaßbar.

Die Leistungsdaten des Prüfstandes:

- Mögliche Hubhöhe 7 m
- Test von Staplern bis 5 t Nenn-Hubmasse
- Maximale Hubmasse 6,25 t bei Hubhöhe 0 m (Test der Stapler-Druckbegrenzung)

Beim Heben mit maximaler Hubmasse und -geschwindigkeit erwärmt sich der Teststapler sehr schnell, was auch kurze Testzyklen ermöglicht. Prozeßdaten wie Hubkraft, -höhe und -geschwindigkeit werden erfaßt und können dokumentiert werden. Die Leistungsdaten können so vor und nach einer Revision miteinander verglichen werden. Angekaufte Gebrauchstapler können nun objektiv bewertet und in die jeweils korrekte Zustandsklasse eingeordnet werden. Auf diese Weise ist es möglich den Rahmen für eine wirtschaftlich sinnvolle Aufarbeitung von Gebrauchsgütern festzulegen.

- **Laufzeit:** 01.11.2012 – 31.12.2014

- **Finanzierung/Förderung**

Das Projekt wurde durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ (AiF) e.V. im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) in Form eines KF-Projekts gefördert. Träger dieser Projektform ist das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)

- **Projektpartner**

Sander Fördertechnik GmbH

PräVISION: präventive Steigerung der Arbeitssicherheit an Flurförderzeugen mittels Bildverarbeitung

DIPL.-INF. MATTHIAS JUNG, M.SC. ARMIN LANG

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München

M.SC. AXEL BÖROLD, DIPL.-INF. STEFAN KUNASCHK, DR.-ING. HENDRIK THAMER

Forschungsbereich Intelligente Produktions- und Logistiksysteme, Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH (BIBA)

Im Rahmen des von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) geförderten Forschungsprojektes PräVISION werden geeignete Assistenzsysteme zur Unfallverhütung am Flurförderzeug identifiziert und deren Machbarkeit auf Basis geeigneter Sensortechnologien untersucht. Eine hohe Zahl an Unfällen unter Beteiligung von Gabelstaplern wird durch „menschliches Versagen“ verursacht und betrifft vorwiegend Kollisionen eines Flurförderzeugs mit Objekten und Personen. Eine Warneinrichtung, die den Fahrer eines Gabelstaplers rechtzeitig auf eine Kollisionsgefahr aufmerksam macht, könnte zukünftig viele durch Kollisionen bedingte Unfälle vermeiden oder zumindest deren Folgen abmildern.



Kollisionsvermeidung durch ein Fahrerassistenzsystem, das auf der Kombination von 2D- und 3D-Bildverarbeitungstechnologien basiert: Gefährdete Personen (rot) und nicht gefährdete Personen (grün)

Projektbeschreibung

Zielsetzung

Die Zielsetzung des Projekts ist zum einen, grundsätzliche Methoden zur Steigerung der Arbeitssi-

cherheit beim Einsatz motorbetriebener FFZ aufzuzeigen. Zum anderen wird durch die Anwendung der 2D- und 3D-Bildverarbeitung in einem Demonstrator-Assistenzsystem der Nachweis geführt, dass sich damit die Arbeitssicherheit steigern lässt.

Die Kombination beider Bildverarbeitungstechnologien ermöglicht eine Zusammenführung der jeweiligen Stärken beider optischer Technologien. Anhand der 2D-Bilddaten können Konturen und Texturen erkannt werden, wobei 3D-Bilder Informationen über räumliche Zusammenhänge bereitstellen. Dadurch kann bspw. der Gefahrenbereich automatisch anhand der räumlichen Informationen der 3D-Bilddaten ohne großen Aufwand segmentiert und anschließend mit den robusten und etablierten Verfahren der 2D-Bildverarbeitung analysiert werden. Es werden somit die Grundlagen für ein herstellerunabhängiges Assistenzsystem in Form eines Demonstrators entwickelt, welches für beliebige FFZ unterschiedlicher Hersteller nachrüstbar ist und somit branchenübergreifend seinen zukünftigen Einsatz finden kann. Weiterhin werden zudem konzeptionell Perspektiven und Ansätze aufgezeigt, die eine Skalierung des Assistenzsystems hin zu einem Sicherheitssystem ermöglichen. Hierzu werden Wirkungsketten untersucht, um Schwachstellen und Redundanzen im System zu erkennen und in einem Sicherheitskonzept zu beschreiben.

Vorgehensweise

In einem ersten Schritt werden Gefahrensituationen für Personen im Umfeld von FFZ analysiert und mit dem Ziel der Identifikation von Assistenzfunktionen ausgewertet, welche wichtige Hauptursachen dieser Gefährdungen reduzieren helfen können. Im Anschluss daran wird ein System konzeptionell entworfen, das die zuvor identifizierte Assistenzfunktion umsetzt. Zu diesem Zweck werden sowohl die Anforderungen an das System selbst spezifiziert als auch Testfälle zur Systemevaluierung konzipiert. Eine wichtige Rolle bei der Auswahl und Entwicklung der Algorithmen bilden simulierte

Einsatzdaten für das spätere Assistenzsystem anhand derer die Analyseverfahren früh bewertet werden können. Diese simulierten Testdaten werden zusammen mit realen Feldversuchen zur Systemvalidierung verwendet.

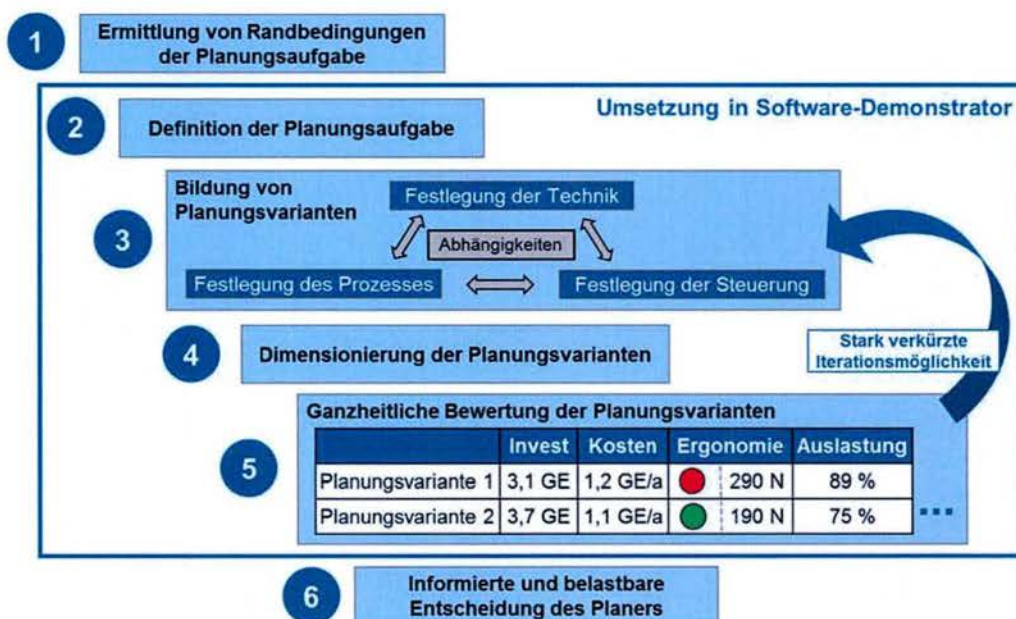
- **Laufzeit:** 01.03.2015 – 31.11.2017
- **Finanzierung/Förderung**
Das Forschungsvorhaben PräVISION wird unter der Vorhabenummer FP 379 von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) gefördert.
- **Weiterführende Informationen**
<http://www.dguv.de/ifa/Forschung/Projektverzeichnis/FF-FP0379.jsp>
- **Projektpartner**
BGHW (www.bghw.de)
BIBA (www.biba.uni-bremen.de)
SICK AG (www.sick.com)
STILL GmbH (www.still.de)

Ganzheitliche Konzeptauswahl für Routenzugsysteme zur Produktionsversorgung

M.SC. CHRISTOPHER KEUNTJE, PROF. DR.-ING. DIPL.-WI.-ING. WILLIBALD A. GÜNTNER

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München

In der Materialversorgung von Produktionsprozessen werden Routenzugsysteme in einer immer größeren Zahl von Unternehmen eingesetzt. Trotzdem haben sich für Routenzugtechnik und -prozess noch keine einheitlichen Standards etabliert und auch die Planung von Routenzugsystemen erfolgt oftmals „intuitiv“ ohne den Einsatz einer routenzugspezifischen Planungsmethodik. Bereits in einer frühen Planungsphase sind vielfältige Entscheidungen über Technik und Prozess des Routenzugsystems zu treffen. Die Entscheidungen haben einen signifikanten Einfluss auf verschiedenste Themenbereiche wie Investitionen, Personalkosten, Flächenbedarf, Systemergonomie oder Prozessflexibilität des Routenzugsystems. Mit dem Ziel den Logistikplaner in der beschriebenen Ausgangssituation methodisch zu unterstützen, wurde im Rahmen des Forschungsprojekts IntegRoute am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München ein Planungsvorgehen zur ganzheitlichen Konzeptauswahl von Routenzugsystemen zur Produktionsversorgung entwickelt.



Schema des entwickelten Planungsvorgehens zur integrierten Planung von Routenzugsystemen

Projektbeschreibung

Das zentrale Element des im Forschungsprojekt IntegRoute entwickelten Planungsvorgehens, das eine integrierte Planung von Routenzugsystemen ermöglicht, ist die methodisch unterstützte Bildung unterschiedlicher Planungsvarianten durch den Logistikplaner. Als Planungsvariante wird in die-

sem Kontext die – durch Abbildung von Abhängigkeiten unterstützte – Auswahl von Ausprägungsmöglichkeiten in den Themenbereichen Technik, Prozess und Steuerung verstanden. Im Rahmen der Festlegung der wählbaren Ausprägungsmöglichkeiten wurden – in Kooperation mit im Projekt beteiligten Herstellern und Anwendern von Routenzug-

systemen – die existierenden Routenzugtechniken sowie etablierte Prozess- und Steuerungsvarianten im Planungsvorgehen abgebildet. Auf Grundlage der konkreten Planungsaufgabe erfolgt eine Dimensionierung und Bewertung der generierten Planungsvarianten.

Die Dimensionierung beinhaltet neben einer Prüfung von K.-o.-Kriterien für die Realisierung der Planungsvarianten eine Flächenberechnung auf Basis parametrisierbarer Layouts für Quellen, Fahrwege und Senken sowie die Ermittlung der Zykluszeit durch ein im Projekt entwickeltes Zeitbaustein-System. Nach Abschluss der Dimensionierung erfolgt eine dynamische Investitionsrechnung mit detaillierter Aufschlüsselung der zu berücksichtigenden Kostengruppen.

Die ganzheitliche Bewertung der Planungsvarianten beinhaltet neben der monetären Betrachtung die Ermittlung diverser Kennzahlen aus Themenbereichen wie Prozessflexibilität, Fahreigenschaften oder Ergonomie. Um eine belastbare Bewertung der Ergonomie zu ermöglichen, wurden in Kooperation mit einem Hersteller für Rollen in mehrmonatigen Messreihen mit 42 Probanden die Einflüsse unterschiedlicher Rollentypen und -anordnungen auf die von Routenzugfahrern aufzubringenden Handkräfte untersucht. Basierend auf signifikanten, in den Messreihen aufgedeckten, rollenabhängigen Unterschieden in den Vorgangszeiten beim Behälterhandling wurde das entwickelte Zeitbaustein-System durch rollenspezifische Datenkarten zu Handhabungsvorgängen erweitert.

Das entwickelte Vorgehen zur integrierten Planung von Routenzugsystemen wurde in einem softwarebasierten Demonstrator umgesetzt. Dieser ermöglicht durch die direkte Abbildung des Einflusses von Veränderungen der Planungsvarianten auf die entscheidenden Kennzahlen einer beschleunigten Erkenntnisgewinn des Logistikplaners. Die durch den Demonstrator realisierbaren sehr kurzen Iterationsschritte bilden die Grundlage für eine kontinuierliche Verbesserung der gebildeten Planungsvarianten.

Das entwickelte Planungshilfsmittel befähigt den Logistikplaner, dank der detaillierten Analyse von Wirtschaftlichkeit und nicht monetär quantifizierbaren Kriterien bereits in einer frühen Planungsphase

eine belastbare Systementscheidung unter ganzheitlichem Aspekt zu treffen.

- **Laufzeit:** 01.04.2016 – 31.03.2016
- **Finanzierung/Förderung**
Das IGF-Vorhaben 18136 N der Bundesvereinigung Logistik (BVL) wurde gefördert durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF).
- **Weiterführende Informationen**
http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set_ID=1040
- **Projektpartner**
AQS Logistic Systems GmbH, Herdorf
Draexlmaier Industrial Solutions GmbH, Vilsbiburg
FEIL GmbH, Bestwig
Helge Nyberg AB, Leipzig
Jungheinrich Norderstedt AG & Co. KG, Lüneburg
Karl Miller GmbH & Co. KG, Kirchberg
Knorr-Bremse Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH, München
Logistikberatung Stefan Galka, München
LR Intralogistik GmbH, Wörth an der Isar
MAN Truck & Bus AG, München
MEKRA Lang GmbH & Co. KG, Ergersheim
Paul Müller Transport- und Verpackungsmittel GmbH, Balve
Porsche AG, Zuffenhausen
Toyota Material Handling Deutschland GmbH, Isernhagen
trilogIQa, München
Weissenborn Logistik-Consulting, Garching
Wicke GmbH & Co. KG, Sprockhövel

Softwaregestützte Routenzugplanung – Analytische Dimensionierungsverfahren für den Innerbetrieblichen Transport

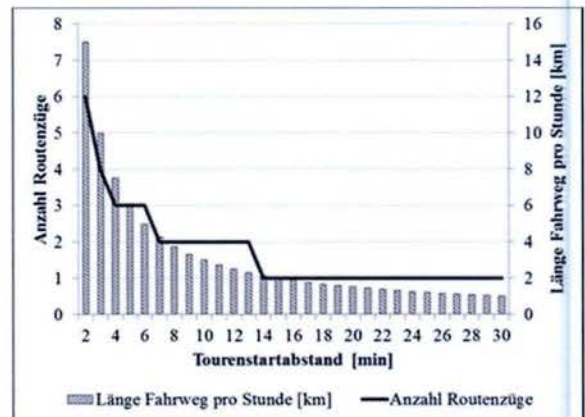
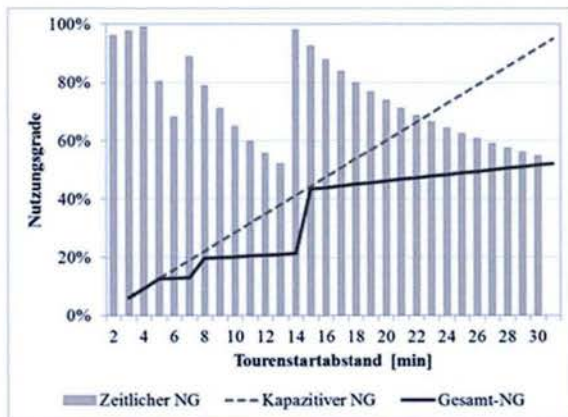
DIPL.-ING. CORNELIUS RITTER, B.A. FRANZISKA POHL

LOGSOL GmbH, Dresden

PROF. DR.-ING. THORSTEN SCHMIDT, DR.-ING. INGOLF MEINHARDT

Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme, Technische Universität Dresden

Im Bereich der internen Materialversorgung sind innovative Lösungskonzepte als entscheidende Schnittstelle zwischen Logistik und Fertigung gefordert. Im Zusammenhang mit Lean-Konzepten kommen besonders in der Automobilbranche immer häufiger Routenzugsysteme zum Einsatz, welche vor allem durch ihre hohe Transportkapazität Effizienzsteigerungen und Kosten-einsparungen versprechen. Die Komplexität bei der Dimensionierung erhöht sich durch operative Bedarfsschwankungen bspw. aufgrund von Änderungen im Derivatemix oder der Einbauraten, durch überlappende Routen sowie die generelle Frage, welche Routen und Tourenkonstellationen die besten Resultate erzielen. Für die Planung, Auslegung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Routenzugsystemen sind neben der häufig aufwendigen Simulation keine belastbaren Methoden verfügbar. Die Simulation ist jedoch für die Praxis kein geeignetes Mittel, um den Einfluss von Parameteränderungen effizient und kurzfristig abzubilden.



Kennlinien für Routenzugsysteme: Nutzungsgrade (links) und Aufwandskennzahlen (rechts)

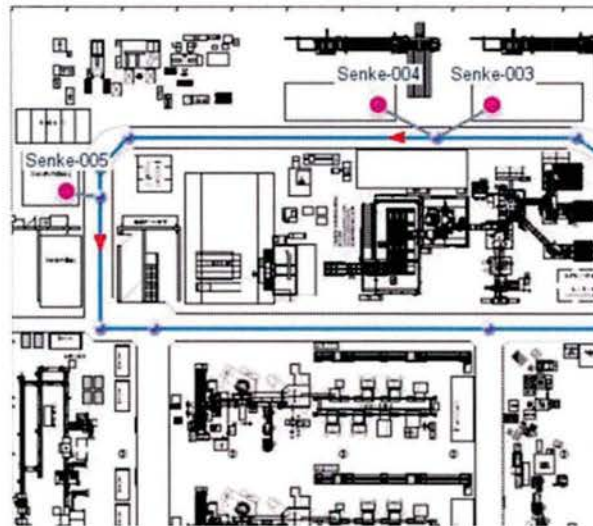
Projektbeschreibung

Typische Ausgangssituationen im Planungsprozess sind meist mit Unsicherheiten in den Daten behaftet. Anstellorte ändern sich, Verkehrsflächen werden angepasst und Bedarfe. Das zu planende System verändert sich stetig, und daraufhin auch Eingangsgrößen für abhängige Prozesse. Trotzdem werden erste Aussagen zum System bereits frühzeitig benötigt. Wie die Anzahl der Routen und der darauf verkehrenden Routenzüge, sowie die Auslas-

tung des Routenzuges und des Fahrers. Auch sind Wechselwirkungen zwischen Gesamtnutzungsgrad und dem einzuhaltenden Tourenstartabstand, siehe Abbildung 1, wichtige Informationen bei der Auslegung von Routenzugsystemen.

Um die Dimensionierung eines Routenzuges so einfach und schnell wie möglich zu gestalten, hat die LOGSOL GmbH die Planungssoftware RoutMan® entwickelt, welches wesentliche Kennzahlen nach der neu erschienenen VDI Richtlinie 5586

| | |
|---------------------------------------|-------------------|
| Anzahl Routenzüge (Auslastungsgrenze) | 4,00 |
| Anzahl Behälter je Stunde (100 %) | |
| KLT | 69,00 |
| GLT | 9,50 |
| Gesamt | 78,50 |
| Ø Wegstrecke je Tour | |
| Fahrstrecke | m 814,29 |
| Laufstrecke | m 419,01 |
| Gesamt | m 1.233,30 |
| Anzahl Touren je h | 4,00 |
| max. Tourenstartabstand | h:min:s 00:15:00 |



Kennzahlenauswertung und Visualisierung im aktuellen Berechnungstool RoutMan®

ermittelt und durch seinen modularen Aufbau schnelle Anpassungen an neue Planungsstände ermöglicht. Nach der Dimensionierung entsteht die Herausforderung die einzelnen Routen und damit einhergehende Prozesse zu synchronisieren und gegebenenfalls Optimierungspotential im gesamten Routenzugsystem zu nutzen. Daher soll innerhalb dieses Forschungsvorhabens die analytische Dimensionierung erweitert werden. Verfahren zur Berechnung und Optimierung einzelner Routen sind ebenso zu untersuchen wie Verfahren zur Routensuche und -bildung für komplexe Routenzugsysteme. So könnten bei freier Zuordnung von Materialnummern zu verschiedenen Supermärkten bzw. Routen bessere Ergebnisse im Hinblick auf eine gleichmäßigere Auslastung der einzelnen Züge und dem Gesamtsystem erzielt werden. Darauf aufbauend sind Lade- und Fahrpläne für die jeweiligen Routen zu generieren. Bei Mehrrountenzugsystemen entstehen des Weiteren das Problem, die einzelnen Fahrten jeder Route in einen Fahrplan des Gesamtsystems zu überführen. Gerade im Bereich der Supermärkte ist mit einem relativ hohen Verkehrsaufkommen zu rechnen. So ist hier eine ausreichende Anzahl an Ladestellen vorzusehen, um ggf. mehrere Routenzüge für verschiedene Routen zeitgleich beladen zu können. Neben der Koordination im Bereich des Routenzugbahnhofs sind auch Einsatzzeiten der Ressourcen, also dem Fahrer und des Routenzuges selbst, welcher vorbestimmten Batteriewechselintervallen und zufällig auftretender Reparationsarbeiten unterliegt abzuschätzen, und

bei der Erstellung eines Fahrplanes zu beachten. Auch hierfür sollen belastbare Richtwerte ermittelt werden. Die Darstellung könnte analog zu bisherigen Kennzahlen erfolgen (siehe Abbildung 2). Auch sollen Auswirkungen der Variation von Eingangsgrößen wie Anzahl von Anstellplätzen am Bedarfsort und Füllgrade der einzelnen Behälter besser herausgearbeitet und dargestellt werden und in die Kostenbetrachtung für Investition und Betrieb des Routenzugsystems einfließen. Die Verfahren werden zur abschließenden Bewertung in einem Berechnungsmodell umgesetzt und an Beispielen der Industrie überprüft.

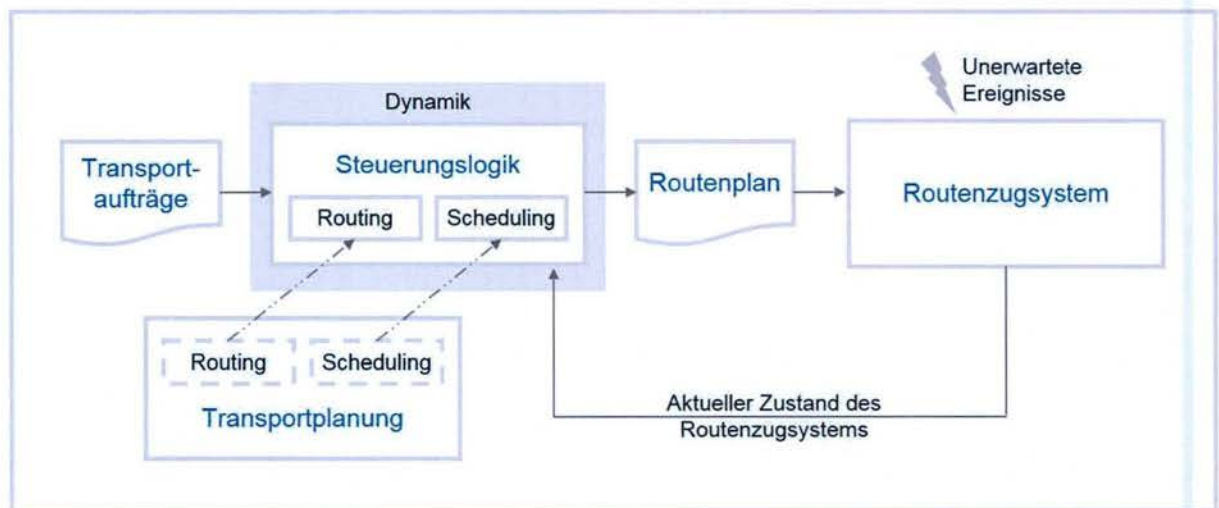
- **Laufzeit:** 01.02.2016 – 30.06.2018
- **Finanzierung/Förderung**
Dieses Projekt wird aus den Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen gefördert.
- **Weiterführende Informationen**
<https://tu-dresden.de/mw/airoka>
- **Projektpartner**
LOGSOL GmbH, Bereich Logistikprodukte
TU Dresden, Professur für Technische Logistik

Stabilität durch Dynamik: Dynamische Routenzugsteuerung für kurzfristig schwankende Transportbedarfe

M.SC. CHRISTIAN LIEB, PROF. DR.-ING. DIPL.-WI.-ING. WILLIBALD A. GÜNTNER

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München

Die Produktionsversorgung durch Routenzugsysteme beruht häufig auf einer statischen Planung der Touren und Abfahrtszeitpunkte. Die Dynamisierung des Systems bietet Potential für eine Stabilisierung der Prozessabläufe bei gleichzeitiger Ressourcen- und Kosteneinsparung. Dies erfordert jedoch die Verlagerung klassischer Aufgaben der Transportplanung in die operative Steuerung. Zu entwickelnde Steuerungsalgorithmen berücksichtigen den aktuellen Systemzustand bei der dynamischen Festlegung der Touren und Abfahrtszeitpunkte. Dadurch kann auch auf kurzfristige Änderungen des Transportbedarfs ohne den Einsatz von Sondertransporten stabil reagiert werden.



Schema der dynamischen Routenzugsteuerung unter Berücksichtigung des aktuellen Systemzustands.

Projektbeschreibung

Routenzüge werden in den letzten Jahren verstärkt als Transportmittel zur innerbetrieblichen Produktionsversorgung eingesetzt. Sie ermöglichen den integrierten Transport unterschiedlicher Materialien zu verschiedenen Bedarfsorten auf einer Fahrt. Hauptaufgaben der Ausplanung von Routenzugsystemen sind die Festlegung entsprechender Touren (Routing) und Abfahrtszeitpunkte (Scheduling). Aktuell erfolgt dies meist auf Basis von durchschnittlichen Transportbedarfen für einen längerfristigen Horizont. Im Betrieb treten jedoch Schwankungen der Transportbedarfe auf. Besonders bei kurzfristigen, unerwarteten Abweichungen

des Ist-Bedarfs vom Plan-Bedarf müssen die entstehenden Bedarfsspitzen durch kostenintensive Sondertransporte abgefangen werden.

Im Rahmen des von der deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) geförderten Forschungsprojekts „Dynamische Routenzugsteuerung für kurzfristig schwankende Transportbedarfe“ wird ein Konzept zur dynamischen Routenzugsteuerung entwickelt. Dieses soll auf Basis der aktuellen Transportaufträge und unter Berücksichtigung des aktuellen Zustands des Routenzugsystems Touren, Abfahrtszeitpunkte und Ressourcenzuteilung (Routenzüge, Mitarbeiter, etc.) dynamisch im laufenden Betrieb festlegen. Im Vergleich zum Stand der Technik

verlagert das dynamische Steuerungskonzept bisher in der Planung erfolgte Entscheidungen in die Steuerung. Dies erfordert die Entwicklung und Evaluierung noch nicht verfügbarer Algorithmen zur dynamischen Steuerung von Routenzugsystemen. Diese müssen kontinuierlich festlegen, welcher Transportauftrag auf welcher Route mit welcher Ressource zu welchem Zeitpunkt zu bedienen ist. Anhand typischer Einsatzszenarien für Routenzugsysteme soll aufgezeigt werden, in welchen Fällen die Verwendung einer dynamischen Steuerungslogik die größten Vorteile bringt.

Je nach Einsatzszenario ermöglicht die dynamische Routenzugsteuerung somit auch bei kurzfristig schwankenden Transportbedarfen einen effizienten und stabilen Systembetrieb. Kostenintensive Sondertransporte können dadurch vermieden werden. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass eine dynamische Ressourcenzuteilung, die sich am aktuellen Transportbedarf orientiert, weniger Ressourcen

als in bestehenden, statisch bzw. semidynamisch geplanten Systemen benötigt. Bei mittel- bis langfristiger Änderung der Transportbedarfe müssen zudem keine Neu- oder Umplanung, abgesehen von einer evtl. Ressourcenanpassung, erfolgen, da die Steuerung diese Veränderung automatisch berücksichtigt.

- **Laufzeit:** 01.04.2016 – 31.03.2019
- **Finanzierung/Förderung**
Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – GU 427/30-1
- **Weitere Informationen**
www.fml.mw.tum.de

Universelle selbstlenkende Routenzugachse mit höchster Spurtreue

DR.-ING. STEPHAN ULRICH, PROF. DR.-ING. RAINER BRUNS

Lehrstuhl für Maschinenelemente und Technische Logistik, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

DR.-ING. KONSTANTIN KRIVENKOV

Wegard GmbH

Eine wichtige Anforderung an Routenzugsysteme für den sicheren Einsatz in Produktion und Logistik ist die Spurtreue der einzelnen Anhänger. Jeder Anhänger soll möglichst genau dem vorausfahrenden folgen. Dies ist einerseits wichtig um den benötigten Flächenbedarf für die Verkehrswege gering zu halten, andererseits kommt es zu einer erhöhten Gefährdung für umstehende Personen oder Gegenstände wenn die hinteren Anhänger stark von der Fahrspur des Schleppers abweichen. Auch aufwendige mechanische oder hydraulische Lenksysteme können keine absolute Spurtreue in allen Fahrmanövern gewährleisten. Daher wird in diesem Projekt eine elektronisch gelenkte Routenzugachse entwickelt, mit der eine deutlich höhere Spurtreue erreicht werden kann. Das Besondere ist, dass die einzelnen Achsen vollkommen autonom agieren und keinerlei Informationen von den vorausfahrenden Anhängern benötigen. Die Achsen sind universell einsetzbar. Die Gestaltung der Anhänger kann somit vollkommen frei den Kundenanforderungen entsprechend erfolgen.



Spurtreues Routenzugsystem: Das Achsmodul lässt sich mit Hilfe einer standardisierten Schnittstelle für unterschiedliche Lastmodule einsetzen.

Projektbeschreibung

Durch das steigende Interesse von Produktions- und Logistikfirmen an Routenzugsystemen für den innerbetrieblichen Transport wurde in den vergan-

genen Jahren eine sehr große Anzahl verschiedenster Anhänger entwickelt. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Art der Lastaufnahme und der Lenksysteme. Die Gestaltung der Lastaufnahme wird vielfach individuell auf den Kunden

angepasst und richtet sich nach dem zu transportierenden Gut und dessen Handhabung. Die Gestaltung des Lenksystems hat das Ziel eine möglichst hohe Spurtreue zu gewährleisten. Hersteller der Routenzuganhänger müssen sich neben den individuellen Bedürfnissen für die Lastaufnahme zusätzlich auf komplizierte Lenksysteme konzentrieren.

Bei den bisherigen, unzureichenden Lenksystemen für Routenzüge setzt die hier entwickelte selbstlenkende Routenzugachse an. Zunächst wurden die beiden Aufgaben „Last aufnehmen“ und „Lenken“ funktional getrennt. Das Lenksystem wird in einem Achsmodul zusammengefasst, das getrennt vom Lastmodul angeordnet ist.

Die Achsmodule werden mit einer elektronischen Steuerung zur Realisierung der Lenkbewegung versehen. Das besondere hierbei ist, dass lediglich Informationen benötigt werden, die am jeweiligen Achsmodul zur Verfügung stehen, um eine ideale Spurtreue des gesamten Routenzuges zu erzielen. Die Achsmodule funktionieren also vollkommen autark, ohne, dass wie bei den anderen Systemen, Lenkinformationen von einer Achse zur nächsten über die Lastmodule des Routenzuges weitergeleitet werden müssen. Auf eine komplexe mechanische Verbindung oder eine wartungsintensive und Leckage behaftete Hydraulik zur Übertragung der Lenkbewegung zwischen den Modulen kann verzichtet werden. Dadurch können die Lastmodule vollkommen frei und den Kundenwünschen entsprechend gestaltet werden.

Das Achsmodul kann mit einer standardisierten Schnittstelle für unterschiedlichste Lastmodule eingesetzt werden. Die autonome selbstlenkende Achse zeichnet sich also durch zwei Aspekte besonders aus: Die Lenkinematik ermöglicht eine hohe Spurtreue bei einem äußerst einfachen konstruktiven Aufbau, die vollkommen autark für die jeweilige Achse funktioniert. Die Trennung in Achs- und Lastmodul eröffnet den Routenzugherstellern die freie, kundenindividuelle Gestaltung der Lastmodule und ermöglicht ihnen sichere und spurtreue Routenzugsysteme anzubieten.

- **Laufzeit:** 01.01.2013 – 31.12.2016

- **Finanzierung/Förderung**

Das Projekt ist eigenfinanziert.

- **Weiterführende Informationen**

www.wegard.de

www.hsu-hh.de/mtl

Patent EP 2 944 549 A2

- **Projektpartner**

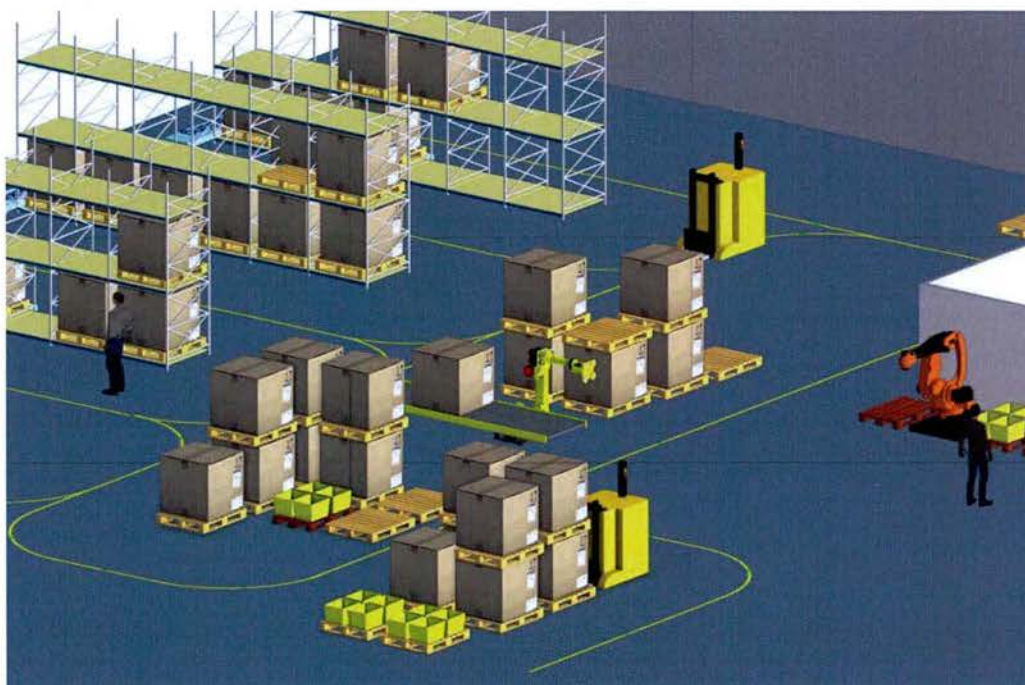
Wegard GmbH

Automatisierte Auslegung von Wegenetzen für Fahrerlose Transportsysteme (FTS-Wegenetz)

M.SC. SARAH UTTENDORF, PROF. DR-ING. LUDGER OVERMEYER

IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) sind in modernen Produktionsanlagen mittlerweile fest etabliert. Einmal installiert übernehmen die fahrerlosen Transportfahrzeuge (FTF) automatisch Aufgaben im Betrieb und sorgen für einen effizienten Produktionsfluss. Die Auslegung des FTS bedeutet im jetzigen Stand der Technik allerdings immer noch einen enormen Planungsaufwand und damit hohe Kosten. Neben der richtigen Auswahl der Fahrzeuge und des Leitsystems ist vor allem die Planung des Wegenetzes für die Fahrzeuge sehr zeitintensiv und wird fast ausschließlich manuell von erfahrenen Systemplanern durchgeführt. Ziel dieses Projekts ist es, effiziente und anwendbare Wegenetze für FTS zu erstellen. Die Planungsphase der Wegenetze soll dabei von mehreren Wochen auf wenige Stunden reduziert werden. Die Planung soll damit ressourceneffizienter und standardisiert ablaufen.



Automatisiert erstellte Wegenetze ermöglichen einen effizienten und standardisierten FTF-Fluss

Projektbeschreibung

Die Wegenetauslegung für FTF entspricht einem komplexen Optimierungsproblem, da mehrere verschiedene Ziele gleichzeitig verfolgt werden. Beispielsweise müssen neben möglichst kurzen Wegen, Kollisionen ausgeschlossen, der Freiraum maximiert sowie der Personenverkehr nicht behin-

dert werden. Je nach Anwendungsfall werden den verschiedenen Optimierungszielen verschiedene Prioritäten zugeordnet.

In der Literatur existieren einige mathematische Ansätze mit denen es möglich ist, das mathematisch sinnvollste Wegenetz für ein gegebenes Produktionslayout auszulegen. Allerdings werden viele der

mathematischen Lösungen von erfahrenen Systemplanern verworfen, da sie aus unterschiedlichen Gründen (z. B. Brandschutz, Kundenwünsche, Erfahrungswerte) nicht auf ein reales Produktionslayout anwendbar sind. Die alleinige manuelle Auslegung des Wegenetzes durch Systemplaner ist sehr zeitintensiv und kann unter Umständen mehrere Wochen dauern. Geänderte Kundenwünsche ziehen aufwändige Iterationsschleifen nach sich.

In diesem Forschungsprojekt wird eine Lösung vorgestellt, die die Diskrepanz zwischen mathematischer Planung und manueller Planung löst und automatisiert ein Wegenetz auslegt, das effizient und direkt anwendbar ist. Allein durch die Eingabe der Transportmatrix, der FTF-Kinematik und des Produktionslayouts werden Wegenetze samt Alternativwegen automatisiert erstellt.

Die entwickelte Lösung stellt ein Expertensystem dar, das auf Basis einer Kombination von Wegenetzalgorithmen und menschlichem Expertenwissen in Form einer Fuzzy Logik implementiert ist. Für das Aufstellen der Regelbasis wurden ausführliche Interviews mit erfahrenen Systemplanern durchgeführt. Den Systemplanern wurden verschiedene Wegenetzscenarien gezeigt. Zu jedem Wegenetz fand eine Evaluierung hinsichtlich Einsatzbarkeit und Effizienz des Wegenetzes statt. Wichtige Kriterien für ein effizientes Wegenetz konnten durch linguistische Terme (z. B. „zu wenig Freifläche“, „zu viele geteilte Wege“) bewertet werden. Auf Basis der gesammelten Daten wurden eine gewichtete Regelbasis sowie Fuzzifizierungs- und Defuzzifizierungsmethoden erstellt. Anschließend wurden diese Informationen mittels der Software „MatLab“ in eine maschinenlesbare Form übertragen und mit dem bestehenden Wegenetzalgorithmus verknüpft.

Die Ergebnisse der Lösung werden mit realen Produktionslayouts von Industriepartnern erprobt und auf ihre Belastungsfähigkeit (Termintreue, Kollisionsfreiheit, maximaler Durchsatz, etc.) hin getestet.

Dazu werden mit Hilfe der Software „Sim3D“ und „PlantSimulation“ die realen Hallenlayouts aufgebaut und verschiedene Transportszenarien simuliert. Zum Vergleich werden manuell ausgelegte Wegenetze der Industriepartner verwendet.

- **Laufzeit:** 01.05.2014 – 31.07.2016

- **Finanzierung/Förderung**

Das IGF-Vorhaben (18007 N/1) der Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V. wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

- **Weiterführende Informationen**

<http://fts-wegenetz.de/>

<http://www.aif.de/home.html>

<http://www.bvl.de/>

- **Projektpartner**

MLR Soft GmbH

Nuyts GmbH

Götting KG

Volkswagen AG

STILL GmbH

WFT GmbH & Co. KG

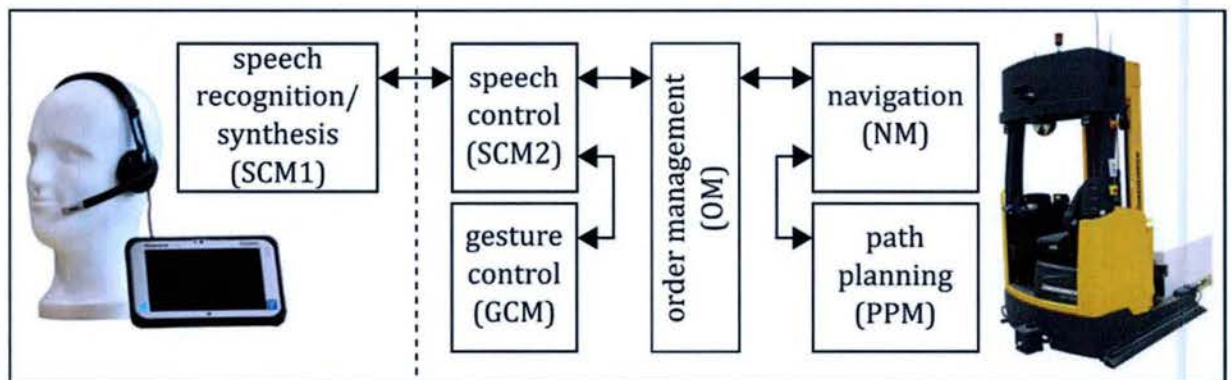
EK Automation GmbH

Situative Verhaltenssteuerung für interaktive, fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF out of the box)

M.SC. FLORIAN PODSZUS, M.SC. LARS DOHRMANN, PROF. DR-ING. LUDGER OVERMEYER

IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) sind ein Baustein für leistungsfähige Produktionssysteme in der Intralogistik und aus vielen Bereichen des innerbetrieblichen Materialtransports nicht mehr wegzudenken. Die wesentliche Funktion eines FTS ist die automatische Steuerung von fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF), die mit anwendungsspezifischen Lastaufnahmemitteln wie z. B. Teleskopgabeln oder Hubtischen ausgestattet werden können. FTF können daher in unterschiedlichen Anwendungsfeldern wie z. B. Palettentransport, Montage oder Kommissionierung eingesetzt werden. In diesem Projekt werden u. a. eine Sprach- und Gestensteuerung sowie eine autonome Navigation für FTF umgesetzt. Bildverarbeitende Algorithmen arbeiten dabei auf Basis von einem dreidimensionalen Umgebungsabbild, welches durch eine industrietaugliche 3D-ToF-Kamera erstellt wird.



Systemaufbau: Autonom agierendes FTF mit Sprach- und Gestensteuerung

Projektbeschreibung

Konventionelle FTS erhalten ihre Fahraufträge über die FTS-Leitsteuerung. Die FTS-Leitsteuerung kann von Mitarbeitern beauftragt oder für Servicezwecke eingesetzt werden. Die Leitsteuerung, als eine zentrale Einheit, soll im Rahmen dieses Projekts durch alternative Beauftragungsmodelle ersetzt werden.

Zielsetzung ist daher die Entwicklung von kognitiven Technologien für interaktive FTF, welche zu zukunftsweisenden out-of-the-box Systemen in Produktion und Produktionslogistik beitragen. Diese FTF out-of-the-box sollen nach erfolgter Anlieferung am Einsatzort autonom ihre Einsatzbereitschaft herstellen, ihr Arbeitsumfeld erfassen und

speichern sowie ihnen zugewiesene Transportaufträge eigenständig ausführen. Zur Realisierung der Vision eines interaktiven FTS mit minimalem Inbetriebnahmeaufwand soll für das FTF eine dezentrale Steuerung entwickelt werden. Diese versetzt das FTF in die Lage, sein Verhalten selbstständig durch Anpassung an sich wandelnde Produktionsumgebungen und -anforderungen zu optimieren.

Für die Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) wurde dazu eine Sprachsteuerung auf einem Industrie-Tablet umgesetzt. Zur sprachgesteuerten Beauftragung stehen Befehle wie bspw. „Fahrzeug 2, lagere Palette auf Boden“ zur Verfügung. Diese werden durch einen Gestenbefehl ergänzt (z. B. in dem man auf die Palette zeigt oder sie berührt). Der Bediener trägt bei der Beauftragung ein Headset mit Mikro-

fon und befindet sich im Blickfeld der 3D-Kamera. Dadurch wird es möglich, die Transportgutzuzuweisung intuitiv über eine natürliche Kommunikation (Sprache und Geste) zu realisieren. Die Sprach- und Gestensteuerung sind weitestgehend umgesetzt und befinden sich in der Evaluierungsphase. Mit der Sprach- und Gestensteuerung kann zum aktuellen Zeitpunkt unter idealen Bedingungen (keine Störgeräusche und Fremdlicht) eine Erkennungsgenauigkeit von ca. 90-95% erreicht werden.

Zur weiteren Evaluierung wurde eine Testumgebung in einer eigens dafür angemieteten Halle in Lübeck umgesetzt. Zurzeit existieren zwei Gabelhub-FTF, welche auf Basis eines Schubmaststaplers der Firma Jungheinrich errichtet wurden. Implementiert wurden neben der Sprach- und Gestenerkennung weitere Kameras zur Lagerplatzerkennung (bspw. in den Gabelzinken), Sicherheitstechnik (bspw. Laserscanner, Trittleisten und eine Notaus-einrichtung), eine Auftragsverwaltung und ein Navigationsmodul. Innerhalb der Testumgebung erfolgt zurzeit die Evaluierung der beschriebenen Teilsysteme. Die Evaluierung unterschiedlicher Use-Cases (bspw. eine Palette ein- und auslagern) erfolgt ab Juli 2016 unter realen Bedingungen beim Anwendungspartner MTU Maintenance Hannover GmbH.

- **Laufzeit:** 01.10.2015 – 31.09.2016
- **Finanzierung/Förderung**
Das Projekt ist Teil des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Technologieprogramms Autonomik 4.0. Projektträger ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).
- **Weiterführende Informationen**
www.ftf-out-of-the-box.de
- **Projektpartner**
Jungheinrich AG
Götting KG
ITI - Institut für Technische Informatik der Universität zu Lübeck

Funk-Lokalisierung für die Steuerung von Fahrerlosen Transportfahrzeugen und Kommissionierprozessen

Innovative Technik ermöglicht neue Einsatzbereiche

DIPL.-ING. THOMAS ALBRECHT, DIPL.-ING. GUIDO FOLLERT, PROF. DR. MICHAEL TEN HOMPEL

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML), Dortmund

In der Automobilindustrie sind Materialtransporte und -bereitstellung mittels manuell gesteuerter Rollentzüge weit verbreitet: eine Zugmaschine mit in der Regel vier angekoppelten Hängern pendelt dabei zwischen dem sog. Supermarkt, in dem die Transportbehälter durch Kommissionierer sequenzgenau befüllt werden, und den Verbrauchs-/Verbauorten entlang der Fertigungslinie. Zu den Aufgaben des Routenzugfahrers gehört neben der Wegfindung und pünktlichen (Just-in-Time, Just-in-Sequence) Anlieferung auch der Austausch der Rolluntersetzer (RU) an den Verbrauchsorten. Unter Ergonomie-Aspekten stellt das Ziehen und Schieben der in der Regel bis 550 kg, in Ausnahmefällen auch bis 700 kg schweren RU eine erhebliche Belastung der Routenzugfahrer dar. Weiter besteht bei 4-fach-Transporten die Herausforderung, für alle vier Behälter den Gesamtfahrweg zu optimieren und dabei die JiT- / JiS-Anlieferung sicher zu stellen. In einem gemeinsamen F&E-Projekt der BMW-Group und des Fraunhofer IML wird derzeit untersucht, ob der automatisierte Einzel-Transport von Rolluntersetzern durch Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) in Bezug auf die oben genannten Aspekte eine alternative bessere Lösung darstellt.



FTF vor und unter einem Rolluntersetzer

Projektbeschreibung

Da die FTF die RU zum Transport komplett unterfahren und vom Boden frei heben sollen, ist die max. Fahrzeughöhe auf ca. 22 cm und die max. Fahrzeugbreite auf etwa 60 cm beschränkt. Um den Platzbedarf insbesondere bei Kurvenfahrten und bei den Lastaufnahme- und Lastabgabe-Fahrmanövern so gering wie möglich zu halten, sollte auch die FTF-Länge so klein wie möglich sein. Trotz dieser begrenzten Fahrzeugabmessungen waren neben den zwei Fahr-Antrieben (Prinzip „Drehzahl-

Differenzlenkung“) ein Hubmechanismus für bis zu 550 kg Nutzlast, eine Batterie mit einer Reichweite von idealerweise einer 8-Stunden-Schicht sowie die Fahrzeugsteuerung und alle erforderlichen Sicherheitseinrichtungen in das Fahrzeug zu integrieren.

Zum Personen- und Kollisionsschutz sind die FTF mit Sicherheitstechnik ausgestattet: vorn (= Hauptfahrtrichtung, $v_{max} = 1,4$ m/s) mit einem berührungslos arbeitenden Sicherheitslaserscanner und auf der Rückseite mit einem taktil arbeitenden Schaumstoff-Bumper (wg. reduzierter Rückwärts-

Geschwindigkeit nur ca. 25 cm lang). Zusätzlich befindet sich noch eine Sicherheitssteuerung an Bord, die ständig die Geschwindigkeits-Istwerte der beiden Fahrmotoren einliest und daraufhin analysiert, ob der von der Fahrzeugsteuerung gewünschte Fahrzustand (= Translations- und Rotationsgeschwindigkeit) eingehalten wird.

Bezüglich der Fahrzeug-Spurführung und -Navigation gab es die Vorgabe, dass möglichst wenig Infrastruktur installiert werden soll und dass insbesondere keinerlei Bodeninstallation erlaubt wird. Weiter sollen die FTF ein gewisses Maß an Autonomie besitzen, um selbstständig auf ungeplant im Fahrweg aufgetauchte Hindernisse durch Ausweichen bzw. Umfahren reagieren zu können.

Zur Unterstützung von manuellen Pick-Vorgängen und um Pickfehler möglichst frühzeitig zu erkennen, sind am Markt etliche Systeme erhältlich, die sich im Wesentlichen in den vor Beginn des Betriebs erforderlichen Einrichtungs- und Infrastrukturmaßnahmen sowie in der Ortsauflösung, also der minimal erlaubten Größe der Behälter, aus denen gegriffen wird und bei denen evtl. auftretende Greiffehler erkannt werden sollen, unterscheiden.

Aus Sicht des Auftraggebers sollte das Lösungskonzept zur Erfüllung der oben genannten Anforderungen idealerweise möglichst viele – kostensparende – Synergien bieten. Daraus folgt, dass ein einziges Ortungssystem, das sowohl von den FTF als auch von den Kommissionierern genutzt werden kann und für beide Anwendungen eine ausreichend gute Ortsauflösung und (Wiederhol-)Genauigkeit bietet, zu bevorzugen ist. Auch die Systemeinrichtung durch Instandhalter – Teach-In der Fahrkurse sowie Teach-In der Kommissionier-Orte – soll mit einem einzigen Software-Tool möglich sein und idealerweise dasselbe Ortungssystem wie im späteren Live-Betrieb nutzen. Weiter soll das Ortungssystem auch für die Lokalisierung verbliebener Routenzüge sowie Stapler genutzt werden können.

Das eingesetzte Funk-Lokalisierungssystem der Fa. Kinexon nutzt die Ultra Wide Band Funktechnik und arbeitet nach dem laufzeitbasierten Round-Trip-Time-Verfahren zur Berechnung der Empfängerposition. Ortsfeste sog. „Anker“, an Hallenwänden und Säulen montiert, dienen als Referenzsender für die Empfänger („Tags“).

Im Projekt wurde die Kinexon-Standardlösung erweitert, um den zusätzlichen Anforderungen der Ortung und Navigation von FTF gerecht zu werden: Das FTF benötigt für seine Navigation neben der X- und Y-Position auch die Orientierung (sog. „Gierwinkel“: Drehung um die Fahrzeug-Hochachse) innerhalb eines lokalen (Hallen-)Koordinatensystems. Dies wird ermöglicht durch die Nutzung von zwei Tags je FTF (vorn und hinten) und einen Algorithmus, der aus den Informationen beider Tags den Gierwinkel des Fahrzeugs berechnet. Die Ortungsgenauigkeit wird während der Fahrt durch die Integration von Inertialdaten in das Orientierungsmodell weiter verbessert. Außerdem wird in der Navigation-Engine aus der vorderen und hinteren Tag-Position die fusionierte X- und Y-Position des FTF-Mittelpunkts berechnet.

Wird ein Kommissionierer mit einem „Ortungshandschuh“, d.h. einem Handschuh mit daran befestigten Tag ausgestattet, kann das Kommissionierersystem mittels der Funkortungsdaten einen Plausibilitäts-Check durchführen, d.h. es kann ein Abgleich zwischen der vorgegebenen Soll-Greifposition und der tatsächlich mit der Hand erreichten Position erfolgen, um auf diese Weise dem Ziel der Null-Fehler-Kommissionierung näher zu kommen.

| | |
|---------------------------------------|---|
| • Laufzeit: | 01.09.2015 – 31.08.2018 |
| • Finanzierung/Förderung | Fraunhofer-EnterpriseLab mit der BMW Group |
| • Weiterführende Informationen | http://www.iml.fraunhofer.de/de/presse_medien/pressemitteilungen/-smart-transport-robot---fts-im-kofferformat-.html |
| • Projektpartner | Kinexon GmbH BMW Group, Werk Wackersdorf (Auslandsversorgung) |

Materialflusssystem für die JIS-Teilebereitstellung

DIPL.-ING. ANDRÉ COLOMB, PROF. DR.-ING. H.C. KARL-HEINZ WEHKING

Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart

Fließbandproduktionen stoßen zunehmend an ihre Grenzen, denn Losgröße 1 ist längst nicht mehr nur eine Vorstellung, sondern in vielen Industriezweigen bereits Realität. Dies betrifft nicht nur Kleinserien sondern auch in Großserie produzierte Produkte. Die Automobilproduktion ist hierfür nur ein Beispiel von vielen, wenngleich ein sehr markantes.



Erster Prototyp: Mobiles KLT-Regal, transportiert von einem Unterfahr-FTF

Projektbeschreibung

Fest verkettete und getaktete Arbeitsschrittabfolgen erschweren die Fertigung variantenreicher Produkte zunehmend, so dass der Wunsch nach flexiblen und wandelbaren Produktionssystemen branchenübergreifend an Bedeutung gewinnt und sich gegenwärtig ein Paradigmenwechsel in puncto Serienfertigung vollzieht. Die Abkehr von getakteten Montagelinien bedingt jedoch nicht nur die Entwicklung neuartiger Montagagesysteme sondern macht auch neue Konzepte für die Bereitstellung von Bauteilen und des Montagematerials innerhalb der Fertigung erforderlich. Dementsprechend stehen sämtliche intralogistischen Prozesse des Materialflusses im Fokus des

Forschungsprojekts „FlexProLog“, gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft und Finanzen Baden-Württemberg. Die Problematik des steigenden Flächenbedarfs statischer Lagersysteme zur bandnahen Versorgung hat sich im Zuge der Erhöhung der Produkt- und damit einhergehenden Teilevarianz massiv verschärft. Eine alternative zum Vorhalten eines vollumfänglichen Warenkorbsystems direkt am Band, ist die zielgerichtete und punktgenaue Bereitstellung des benötigten Materials just in sequence, aber in Realtime. Das Riegel-Konzept ist jüngstes Beispiel für ein am IFT bis hin zur Prototypenreife entwickeltes innovatives Materialflusssystem, mit dem sich eine mobile JIS-Teilebereitstellung realisieren lässt. Es handelt sich

dabei um ein mobiles, aktiv gebremstes KLT-Regal das mittels eines FTF transportiert wird. Es besteht folglich eine lösbare mechanische und steuerungstechnische Kopplung zwischen dem Regal und dem FTF. Das Transport-FTF verfügt über 3 Lenk- und Fahrtriebe, um omnidirektionale Manövrierbarkeit zu gewährleisten. Indem das FTF das Regal lediglich unterfährt - und nicht etwa komplett anhebt – kann das Fahrzeug deutlich kostengünstiger dimensioniert und ausgeführt werden, als dies bei solchen Systemen der Fall ist, bei denen das Regal durch ein entsprechendes Fahrzeug vom Boden angehoben wird. Das Regal kann sowohl automatisch als auch manuell be- und entladen werden. Ein erster Prototyp fasst 40 KLT bzw. Tablare mit Grundmaß 600x400 und verfügt über eine Nutzlast von 1200 kg.

- **Laufzeit:** 01.01.2014 – 31.12.2015

- **Finanzierung/Förderung**

Das Projekt wurde gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft und Finanzen des Landes Baden- Württemberg.

Karis Pro – Intralogistik nach dem Lego-Prinzip

DIPL.-INFORM. ANDREAS TRENKLE, PROF. DR.-ING. KAI FURMANS

Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme, Karlsruher Institut für Technologie

Infolge zunehmender kundenindividueller Produkte ist die Montage besonderen Wandlungsanforderungen ausgesetzt. Dies bedeutet häufige und schnelle Änderungen an Produktionsanlagen und deren innerbetrieblichen Logistiksystemen. Karis Pro soll in der Produktion die Materialversorgung, den Materialtransport, d. h. die Verkettung von Bearbeitungsstationen, bewältigen sowie in den produktionsnahen Bereichen, z. B. im Wareneingang, einsetzbar sein. Heutige Logistik- und Materialflusssysteme sind überwiegend starr in Layout, Durchsatz und den zu fördernden Ladungsträgern. Ihr Umbau ist sehr zeit- und kostenintensiv und wird bisher überwiegend manuell durchgeführt. Zusätzlich verursacht die Steuerungstechnik heutiger Systeme einen Großteil der Gesamtsystemkosten, bedingt durch einen hohen Installationsaufwand für die zentrale Struktur. Karis Pro begegnet diesen Herausforderungen durch dezentrale Steuerung und Verfahren zur autonomen Bewältigung von intralogistischen Aufgaben. Als cyber-physisches System der Intralogistik ist Karis Pro Teil des Zukunftsprojekts „Industrie 4.0“.



Die Vision von Karis Pro

Projektbeschreibung

Mit dem Forschungsprojekt Karis Pro wird ein Paradigmenwechsel verfolgt, der die Vorteile von Wandlungsfähigkeit bei gleichzeitiger Kosteneffizienz vereint. Grundprinzip hierbei ist der Einsatz redundanter, baugleicher Fahrzeuge, die selbstständig navigieren und Ladungsträger transportieren. Darüber hinaus soll das System die Notwendigkeit

der Anpassung aufgrund von Änderungen im Produktionssystem erkennen, Alternativen simulieren und sich selbst umbauen.

Je nach Produktionsvorgabe übernehmen einzelne Einheiten unterschiedliche Aufgaben oder schließen sich, falls notwendig, zu größeren Funktionsclustern zusammen. So werden ohne menschlichen Eingriff variable Rollbahnen gestaltet bzw. unterschiedliche Wege zu Bearbeitungsstationen ge-

wählt. Übersteigt die Aufgabe die Kapazität eines einzelnen Fahrzeugs – z. B. beim Transport schwerer oder großer Lasten wie Europaletten -, so schließen sich mehrere Fahrzeuge zu einem größeren Fahrzeug zusammen - einem sogenannten Unstetigcluster - und bewältigen diese Transportaufgabe im Verbund. Um unterschiedliche Anwendungen bedienen zu können, verfügt Karis Pro über ein Wechselsystem, mit dem sich verschiedene Handhabungsmodule aufnehmen lassen – beispielsweise ein Fördermodul oder ein Hubmodul. Der Wechsel der Handhabungsmodule wird bei Bedarf eigenständig von den Fahrzeugen durchgeführt.

Um das autonome Verhalten von Karis Pro als Gesamtsystem aus der Sicht des Menschen sowohl vorhersehbar als auch nachvollziehbar zu gestalten, muss eine Simulationsumgebung entwickelt werden. Die Simulation hilft zum einen bei der Entwicklung der dezentralen Steuerungsalgorithmen und zum anderen bei der Einsatzplanung von Karis Pro. Eine große Herausforderung stellt die funktionale Sicherheit des Systems dar. Einerseits muss Karis Pro die Sicherheitssysteme ortsfester Sicherheitseinrichtungen, wie Lichtgitter, Not-Halt-Vorrichtungen usw., ersetzen, wofür neuartige Hard- und Softwarekonzepte zu erarbeiten sind. Andererseits müssen eine Vielzahl neuer Gefährdungen erkannt und angemessene Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Hierzu gehören vor allem Gefährdungen, die entstehen, wenn sich Elemente autonom in der Nähe von arbeitenden Menschen bewegen.

Obwohl sich in Karis Pro hochkomplexe Entscheidungsalgorithmen - eingebettet in cyber-physische Systeme (CPS) - verbergen, lässt sich das Systemverhalten für den Betrachter von außen mit einem Lego-Bausatz vergleichen, der selbstständig die gerade benötigte Gestalt annimmt. Die Komplexität eines Karis-Fahrzeugs wird dank abgeschlossener, hochintegrierter Teilkomponenten beherrschbar.

Karis Pro wird im Rahmen des Projekts zu Demonstrations- und Testzwecken erprobt. Beide

Erprobungen sind die Grundlage dafür, dass die Ergebnisse auch in andere Bereiche der Kleinserienfertigung, z. B. für Hausgeräte, medizinische und elektrotechnische Geräte, übertragen werden können.

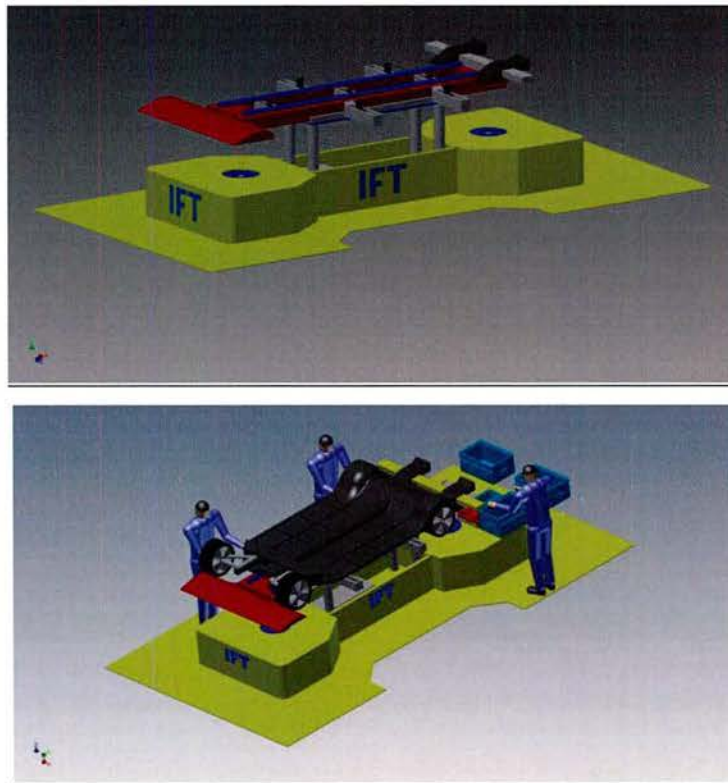
- **Laufzeit:** 01.10.2013 – 31.12.2016
- **Finanzierung/Förderung**
Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.
- **Weiterführende Informationen**
www.karispro.de
- **Projektpartner**
EBM-Papst St. Georgen GmbH & Co. KG
Flexlog GmbH
HIMA Paul Hildebrandt GmbH & Co. KG
Hirschmann Automation & Control GmbH
Imetron Gesellschaft für industrielle Mechatronik mbH
Institut für Informatik (IIF), Universität Freiburg
Pepperl+Fuchs GmbH
PPI-Informatik – Dr. Prautsch & Partner Ingenieure
Quattro GmbH
Robert Bosch GmbH
SEW-Eurodrive GmbH & Co. KG
Sick AG

Montage- und Logistik-FTF für die Automobilmontage der Zukunft

DIPL.-ING. MATTHIAS HOFMANN, PROF. DR.-ING. DR. H.C. KARL-HEINZ WEHKING

Institut für Fördertechnik und Logistik, Universität Stuttgart

Die Prinzipien der Automobilmontage sind seit der Einführung der Fließbandserienfertigung gemäß Henry Ford und Frederick Taylor nahezu unverändert, gleichwohl unterlagen die Prozesse in der Fließbandfertigung für Großserienprodukte einem stetigen Wandel. Das zugrunde liegende Prinzip besteht unverändert aus sequentiell getakteten Arbeitsschritten, obgleich sich die Produkte seither gravierend gewandelt haben. Weiter zunehmende Modellvarianz, eine breite Palette an Motor-Getriebekombinationen, alternative Antriebskonzepte und erweiterte Sonderausstattungs- und Individualisierungsmöglichkeiten sind nur einige Gründe dafür, dass in der automobilen Premiumklasse die Losgröße 1 nicht mehr nur ein Szenario, sondern mittlerweile Realität geworden ist.



Schema des Montage-FTF für die Automobilproduktion der Zukunft

Projektbeschreibung

Die in den Endmontagelinien der Automobilproduktion anzutreffenden starren Stetigförderer, wie z.B. Elektrohängebahnen oder Schubplattformen, stehen dem Wunsch nach flexibleren Montagesystemen, die es erlauben würden, mehrere Modellvarianten in einer Fertigungslinie zu produzieren,

entgegen, denn weder die Anpassungsfähigkeit der Montageträger an die geometrische Varianz der PKW-Modelle, noch die Möglichkeit einer modell-spezifischen Abfolge der Montageschritte sind gegeben. Flexibilität und Wandelbarkeit impliziert daher die Aufhebung der getakteten Bandmontage und die universelle, modellübergreifende Verwendbarkeit der Montageträger. Zur Realisierung einer

derart flexiblen Fertigung soll künftig auf starre Fördertechnik komplett verzichtet werden können und stattdessen ein flächenbewegliches Fahrerloses Transportfahrzeug direkt als Montageträger fungieren. Im Rahmen des Projekts „FlexProLog“ wurde am IFT eine mobile und universell einsetzbare Montage- und Logistikplattform auf FTF-Basis konzipiert. Das FTF ist dergestalt, dass es nicht nur als Transportmittel für das Montageobjekt dient, sondern vielmehr eine mobile Montageinsel darstellt, indem die Werker direkt auf der Plattform stehen und arbeiten. Die Teilebereitstellung erfolgt mittels „Zuliefer-FTF“ stets für eine konkrete Fahrzeugkonfiguration, so dass künftig auf ortsfeste Lagersysteme mit überbordenden Warenkörben innerhalb der Endmontagelinien verzichtet werden kann. Die Montage- und Logistikplattform ist dementsprechend Teil eines logistischen Gesamtkonzeptes, welches eine Abkehr von Takt und Band ermöglicht, was einen Paradigmenwechsel in der Automobilproduktion darstellt. Eines der konstruktiven Hauptkriterien war, sämtliche Funktionalitäten, welche bisher durch unterschiedliche förder-technische Systeme in den Endmontagelinien der Automobilhersteller bewerkstelligt werden, auf dieses Montage-FTF zu vereinen, was insbesondere handhabungstechnische Funktionen wie Heben, Drehen und Schwenken betrifft. Diese primären Anforderungen werden über einen Hubtisch mit

integriertem Drehantrieb realisiert. So wird das Heben/Senken sowie das Drehen des Montageobjekts in der Horizontalen ermöglicht. An den Hubtisch ist der „Fahrzeugträger“ (im Modell rot dargestellt) gekoppelt. Dieser verfügt über verschiebbare Längs- und Querträger bzw. Aufnahmen. Der Verstellbereich gewährt eine Anpassung an unterschiedliche Fahrzeuglängen und -breiten, so dass eine modellübergreifende Verwendbarkeit – unabhängig von Radstand, Spurweite etc. – ohne zeitaufwendige Umrüstzeiten gewährleistet ist. Indem die Endmontage der PKW direkt auf der Montage- und Logistikplattform erfolgt, wird per se eine Entkopplung der einzelnen Montageträger bewerkstelligt und dadurch die bisher infolge der Fördertechnik vorgegebene Sequenzierung und Taktung aufgehoben.

- **Laufzeit:** 01.01.2014 – 31.12.2015

- **Finanzierung/Förderung**

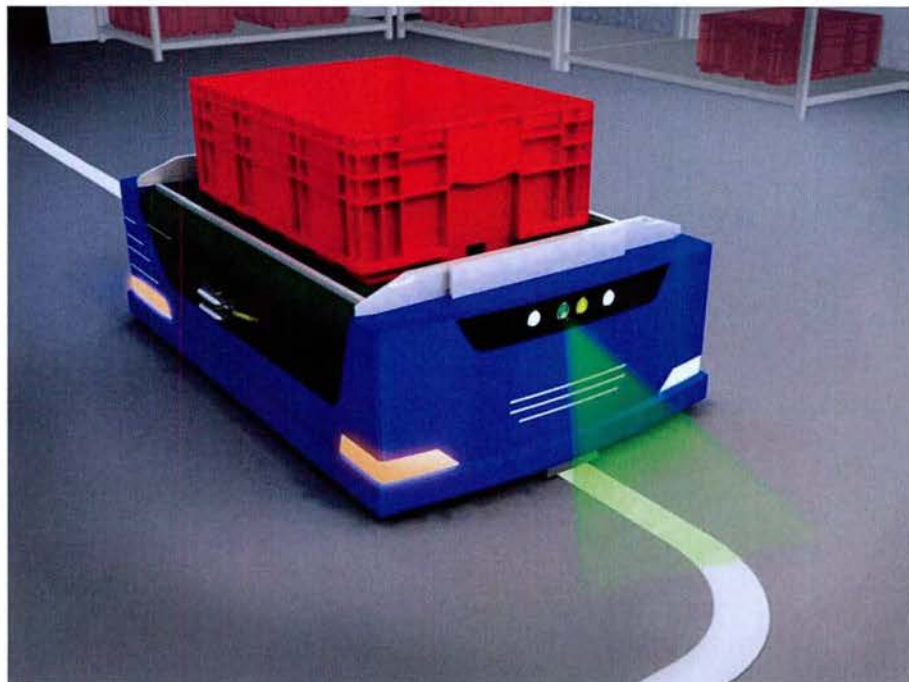
Das Projekt wurde gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft und Finanzen des Landes Baden- Württemberg

Objektschutz – Entwicklung eines robusten, optisch spurgeführten Materialflusssystems mit Hinderniserkennung

DIPL.-ING. MAXIMILIAN HOCHSTEIN, M.SC. JONATHAN DZIEDZITZ, PROF. DR.-ING. KAI FURMANS

Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme, Karlsruher Institut für Technologie

Fahrerlose Transportsysteme (FTS) gelten in modernen Unternehmen als Stand der Technik. Die am weitesten verbreitete Form solcher Transportsysteme stellen spurgeführte Systeme dar. Durch eine langjährige Entwicklung und den jahrzehntelangen Einsatz gelten diese als erprobt und robust. Allerdings werden sie, auf Grund minimaler Möglichkeiten auf ihre Umwelt zu reagieren, auch als unflexibel eingestuft. Aus diesem Grund wird am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) ein System entwickelt, welches vorausschauend fahren kann. Es ist somit in der Lage, neben dem Fahren mit deutlich höheren Geschwindigkeiten als heutige, industrielle, spurgeführte Systeme, auch Hindernissen in geringem Maße auszuweichen. Zur Kollisionsvermeidung ist das System mit einer Tiefenbildkamera ausgestattet, die den Bereich vor dem Fahrzeug permanent überwacht, um Hindernisse frühzeitig zu erkennen. Dabei können die Schutzfelder adaptiv an die zu transportierende Ladungsgröße angepasst werden.



Fahrzeug mit nach vorne gerichtetem Sichtfeld.

Projektbeschreibung

Im Laufe der letzten Jahre wurden eine Vielzahl unterschiedlicher Lokalisierungsmethoden entwi-

ckelt, die dabei helfen autonome Transportfahrzeuge flexibler und reaktiver zu gestalten. Trotzdem sind die am häufigsten eingesetzten Fahrzeuge, auf

Grund Jahrzehnte lang erprobter Technik, spurgeführt.

Mit dem Forschungsprojekt „Objektschutz“ wird versucht die bewehrte Technik der optischen Spurführung kostenneutral zu verbessern und zu erweitern, um ein Höchstmaß an Flexibilität zu erreichen.

Damit dieses Ziel erreicht wird, werden unterschiedliche Wege eingeschlagen:

- Anpassungen an Hardwarekomponenten
- Erweiterung um zusätzliche, kostengünstige Sensorik
- Bessere Nutzung der bereits zur Verfügung stehenden Daten

Angepasst wurde dabei das Kamerasystem für die optische Spurerkennung. Statt das Kamerasichtfeld, wie in gängigen Systemen, senkrecht nach unten auf den Hallenboden zu richten, wird nach vorne in Fahrtrichtung geschaut. Diese Sichtweise bietet eine Vielzahl neuer Möglichkeiten. Unter anderen kann das Fahrzeug vorrausschauend fahren, d.h. auf Geraden beschleunigen um vor Kurven wieder abzubremsen und mit angemessener Geschwindigkeit in die Kurve einzufahren. Zum anderen kann bis zu einem gewissen Grad neben der Spur gefahren werden, ohne dabei die Spur aus dem Blickfeld zu verlieren.

Erweitert wurde das System um eine Tiefenbildkamera, mit deren Hilfe man in der Lage ist Hindernisse vor dem Fahrzeug in beliebiger Höhe zu erkennen. Mit der Information über die Maße des zu transportierenden Ladungsgutes, kann das Fahrzeug entscheiden, ob es zwischen zwei Hindernissen hindurchpasst oder eine andere Route einschlagen muss. Obendrein können auch Hindernisse detektiert werden, die auf Grund der Schnittebene für einen Laserscanner nicht erkennbar sind.

Abschließend ist das Fahrzeug, dank einer besseren Nutzung der verfügbaren Daten, in der Lage, seine Position zu bestimmen, unabhängig von dessen Startposition.

Im Laufe des Projektes „Objektschutz“ entstand und entsteht ein Fahrzeug, welches kostenneutral eine bis zu 30 Prozent höhere Durchschnittsgeschwindigkeit erreicht als vergleichbare, spurgeführte Systeme, Kreuzungen, Übergabestellen und Objekte erkennt, Hindernisse in begrenztem Maße umfahren und seine Position zu jeder Zeit bestimmen kann.

- **Laufzeit:** 01.09.2013 – 31.12.2016

- **Finanzierung/Förderung**

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Rahmen des „Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)“ gefördert.

- **Weiterführende Informationen**

www.ifl.kit.edu/3478_objektschutz.php

- **Projektpartner**

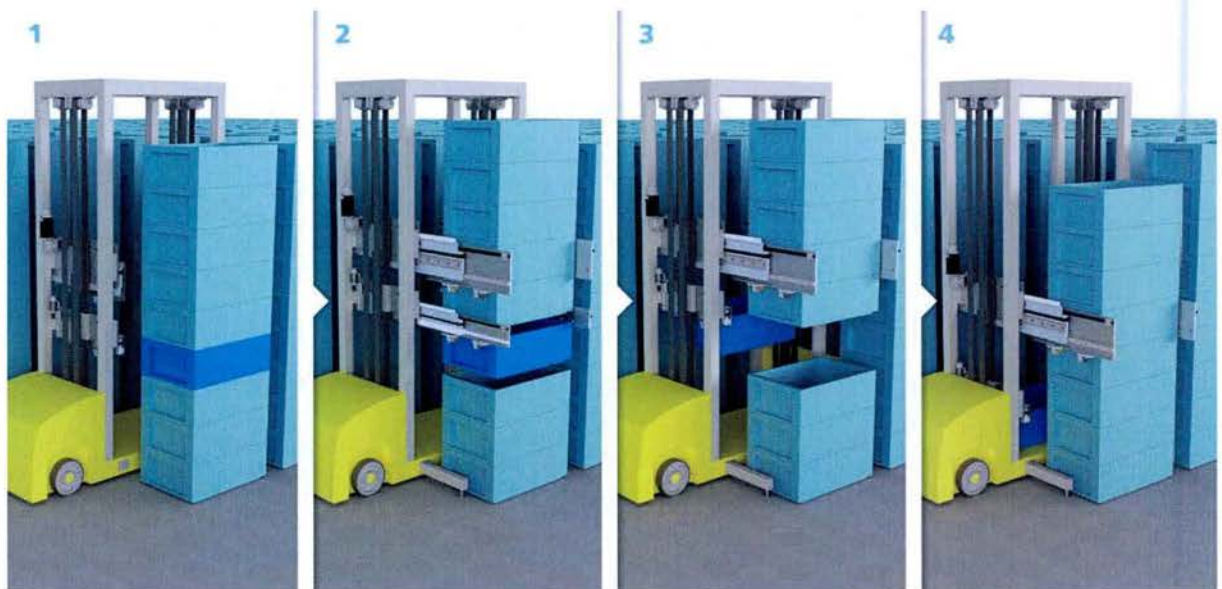
Imetron Gesellschaft für industrielle Mechatronik mbH

Stapelbediengerät – Lagerbedientechnik für ein hochflexibles automatisches Behälterlager

DIPL.-LOGIST. JAN BEHLING, DIPL.-ING. GUIDO FOLLERT, PROF. DR. MICHAEL TEN HOMPEL

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML), Dortmund

Regalzeilenlager ermöglichen einen Einzelzugriff auf jede Lagereinheit. Sie erfordern jedoch auch bei geringem Durchsatz eine Investition in (unflexible) Regaltechnik. Blocklager dagegen als preiswerteste und flexibelste Form der Lagerung funktionieren grundsätzlich nach dem LIFO-Prinzip. Werden Blocklager mit vorhandenen Techniken für einen Zugriff auch auf innerhalb eines Stapels befindliche Lagereinheiten automatisiert, entfallen die Kosten- und Flexibilitätsvorteile aufgrund der für die Automatisierung erforderlichen festen Gebäudeeinbauten. Gleiches gilt auch für die automatische Bedienung von Regalen. Das Stapelbediengerät als fahrzeugbasierte Lagerbedientechnik für ein automatisches Behälterlager kombiniert die Kosten- und Flexibilitätsvorteile eines Blocklagers mit dem Vorteil des direkten Einzelzugriffs auf jede Lagereinheit, wie sie bisher nur eine Regalzeilenlagerung bietet. Zur Gewährleistung der Flexibilität finden weder Regale noch Schienen Verwendung.



Automatisiertes Bodenzeilenlager: Schema der Arbeitsschritte mit dem neuentwickelten Stapelbediengerät:

Projektbeschreibung

Manuell bediente (Behälter-)Lager werden bisher aus zwei wesentlichen Gründen nicht automatisiert: Zum einen ist eine Investition in übliche Lagerbedientechnik erst ab einem bestimmten Durchsatz und einer entsprechenden Lagerkapazität wirtschaftlich. Zum anderen kann selbst in Anwendungsfällen, in denen beide Kriterien zutreffen, die Volatilität des Geschäftes einer solchen nur mittel-

bis langfristig sinnvollen Investition im Wege stehen.

Die durch das Fraunhofer IML zum Patent angemeldete Idee des Stapelbediengerätes (SBG) basiert auf der Verwendung eines Fahrzeuges mit einem Aufbau, an dem sich zwei vertikal verfahrbare Lastaufnahmemittel (LAM) für Behälter befinden. Das SBG verfährt in einer oder mehreren aus Behälterstapeln gebildeten Gassen. Für den Zugriff

auf einen Zielbehälter fährt das SBG zunächst vor den entsprechenden Behälterstapel. Während das untere LAM auf Höhe des Zielbehälters ausfährt, fährt zeitgleich das obere LAM auf Höhe des direkt darüber befindlichen Behälters aus. Beide LAM greifen jeweils den auf ihrer Höhe befindlichen Behälter und heben ihn zeitgleich an. Da das obere LAM zudem höher anhebt als das untere LAM, kann das untere LAM den Zielbehälter aus dem Stapel entnehmen, indem es einfährt und den Zielbehälter auf dem SBG absetzt. Gleichzeitig setzt das obere LAM den angehobenen oberen Teilstapel auf dem verbleibenden unteren Teilstapel (oder ggf. Boden) ab und fährt anschließend ebenfalls ein. Die Einlagerung eines Behälters erfolgt analog in prinzipiell umgekehrter Reihenfolge oder direkt an der obersten Position eines Behälterstapels. Zusätzlich ist vorgesehen, auch mehrere übereinander befindliche Behälter aus einem Stapel zugleich entnehmen zu können. Zudem können aus verschiedenen Stapeln nacheinander mehrere Behälter entnommen und vor einem Transport zu einem Übergabepunkt im SBG gesammelt werden.

Aufgrund des geringen Bedarfs an fest installierter Lagerinfrastruktur sind der Ort des Lagers sowie die Lagerkapazität leicht änderbar. Der Durchsatz ist durch Anpassung der Anzahl an SBG ebenfalls gut skalierbar. Leasingmodelle können die Flexibilität aus Anwendersicht zusätzlich steigern.

Anwendungsfälle sind in der Kommissionierung und der Produktionsversorgung zu erwarten. Durch die Nutzung von Behältern mit seitlicher Eingriffs-

öffnung entstehen weitere neue Möglichkeiten. Diese Behälter lassen einen manuellen Zugriff auf den Inhalt auch im Stapelverbund zu. So kann mittels SBG am Bedarfsort ein kompletter Stapel als flexibles Quasi-Regal bereitgestellt werden. Ggf. können auch nur einzelne (leere) Behälter aus einem solchen Stapel ausgetauscht werden.

In der aktuellen Phase des Eigenforschungsvorhabens erfolgen der Nachweis der Funktionsfähigkeit des Konzeptes sowie die Evaluation der gestellten Anforderungen anhand eines Prototyps. Sich anschließende technische Arbeiten betreffen eine tiefergehende Betrachtung der physischen und datentechnischen Schnittstellen zu angrenzenden Systemen. Dabei erfolgt auch die Übertragung der Flexibilitätsanforderungen auf ein Leitsystem.

- **Laufzeit:** 01.09.2015 – 31.08.2018
- **Finanzierung/Förderung**
Das Projekt wird aus Eigenforschungsmitteln finanziert.
- **Weiterführende Informationen**
www.iml.fraunhofer.de/SBG

Machbarkeitsstudie für ein Aktives Standsicherheitssystem für Leichtstapler (ASSS)

M.SC. SERGEY STEPANYUK, PROF. DR.-ING. RAINER BRUNS

Lehrstuhl für Maschinenelemente und Technische Logistik, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

Die Masse eines Gegengewichtstaplers beeinflusst den Energieverbrauch beim Fahren maßgeblich, da alle wesentlichen zu überwindenden Widerstände in erster Näherung proportional zu ihr sind. In der Fahrzeugtechnik wird daher seit langem eine Reduzierung der Fahrzeugmasse durch Leichtbau angestrebt. Für Gegengewichtstapler gilt bisher jedoch, dass sie ein hohes Eigengewicht benötigen, um eine ausreichende Standsicherheit gewährleisten zu können. In dem Forschungsprojekt wird untersucht, ob die Eigenmasse eines Gegengewichtstaplers durch ein aktives Standsicherheitssystem reduziert werden kann. Ziel dieser Maßnahme ist die Reduktion des Energieverbrauchs, wodurch sowohl der CO₂-Ausstoß als auch die Kraftstoffkosten im Betrieb erheblich reduziert werden.



Konzept eines aktiv stabilisierten Kleinstaplers

Projektbeschreibung

Die Ausgangssituation ist im Wesentlichen durch zwei Faktoren charakterisiert, die die technische Entwicklung in Richtung energieeffizienter Produkte vorantreiben. Dieses ist zum einen das gestiegene Umweltbewusstsein und die sich dadurch ändernden gesellschaftlichen und politischen Rahmenbe-

dingungen und zum anderen die Verknappung und Verteuerung von Energie.

Der hohe Energieverbrauch der Flurförderzeuge verursacht entsprechend VDI-Richtlinie 2695 bei mittlerer Be- und Auslastung des Staplers bis zu 50% der gesamten Kosten. Zahlreiche Entwicklungsvorhaben im Bereich der Flurförderzeuge haben aus diesem Grund die Reduzierung des

Energieverbrauchs zum Ziel. Um den Energieverbrauch zu senken, können dabei verschiedene Ansätze genutzt werden. Der Einsatz von alternativen Antrieben wie Hybridantrieben gehört ebenso dazu wie die Steigerung der Effizienz von Motor, Antriebsstrang oder Hubhydraulik. Jeder dieser Ansätze ist darauf ausgerichtet, die Effizienz eines Teils des Leistungssystems zu steigern.

Ein weiterer bisher nicht verfolgter Ansatz ist die Reduzierung der Gesamtmasse des Fahrzeugs. Da jeder Fahrwiderstand und somit auch der Energieverbrauch von Fahrzeugen im Wesentlichen proportional zur bewegten Masse ist, lässt sich über diesen Ansatz ein verhältnismäßig großer Hebeleffekt ausnutzen. Wird beispielsweise die Masse eines Gegengewichtstaplers mit einer Tragkraft von 2500 kg und einer typischen Leermasse von etwa 4500 kg um 20 % reduziert, verringert sich dementsprechend der Energiebedarf um bis zu 14%. Der Effekt wäre bei Unternehmen, welche die Tragfähigkeit ihrer Stapler im Mittel nicht voll ausnutzen, in der Regel noch größer.

Bei der Reduzierung der Masse eines Gegengewichtstaplers kann aber seine Standsicherheit gefährdet werden. Unter der Standsicherheit versteht man die Eigenschaft von Flurförderzeugen in allen bestimmungsgemäßen Betriebszuständen „stehen zu bleiben“, d.h. nicht umzukippen.

Herkömmliche konstruktive Maßnahmen zur Erhöhung der Standsicherheit zielen vor allem darauf ab, den Schwerpunkt des Fahrzeugs niedrig zu halten. Neben konstruktiven Maßnahmen sind für Gegengewichtstapler auch mechatronische Systeme entwickelt und auf den Markt gebracht worden. Solche Stabilisierungssysteme begrenzen zum Beispiel automatisch die Fahrgeschwindigkeit des Staplers bei Kurvenfahrt und greifen aktiv in die Längs- und Querdynamik ein.

Der Ansatz zur Erhöhung der Standsicherheit von Staplern in diesem Vorhaben zielt auf eine variable

Fahrzeugegeometrie und einen damit verbundenen variablen Fahrzeugschwerpunkt ab. Da eine Veränderung der Abmaße oder der Geometrie eines Fahrzeugs zur Anpassung des Lastschwerpunktes ein Prozess in der Zeit ist, wirkt sich diese Funktionalität stets negativ auf die Umschlagszeit eines Fahrzeuges aus. Aus diesem Grund finden sich in der Praxis noch sehr wenige Anwendungen für dieses Konstruktionsprinzip.

Das Forschungsvorhaben dient der Schaffung von technischen Grundlagen für die Konstruktion von flexiblen Gegengewichtstaplern, die bei deutlich reduzierter Eigenmasse keine Einbußen bei Tragfähigkeit und Standsicherheit verzeichnen.

- **Laufzeit:** 01.01.2014 – 30.06.2016
- **Finanzierung/Förderung**
AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung.
- **Weiterführende Informationen**
www.hsu-hh.de/mtl
- **Projektpartner**
BESTSORT Hamburg GmbH & Co. KG
Buchholz Hydraulik GmbH
Jungheinrich AG
Kleineberg GmbH
Linde Material Handling GmbH
Reese + Thies Industrieelektronik GmbH
STILL GmbH