



Solution day – „update“

Solution day – „update“
Logistikwerkstatt Graz 2019
22. Mai 2019

Editor:

Institut für Technische Logistik, Technische Universität Graz
Christian Landschützer

Layout:

Christina Fraueneder / Stefan Schleich
Katja Lindenthal

Editorial Office:

Christian Landschützer
Petra Gasser

Print:

Medienfabrik Graz
<https://www.mfg.at/>

© 2019 Verlag der Technischen Universität Graz
<https://www.tugraz-verlag.at/>

Solution day – „update“
(Logistik Werkstatt Graz; ISSN: 2411-3735)

ISBN print: 978-3-85125-673-4
ISBN E-Book: 978-3-85125-674-1
DOI: 10.3217/978-3-85125-6734



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 Österreich Lizenz.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>

Cover Picture Grazer Uhrturm: Graz Tourismus - Harry Schiffer

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://www.dnb.de> abrufbar



Sehr geehrte Damen und Herren!

Unsere Konferenz „Logistikwerkstatt Graz“ findet seit 2012 nun schon zum siebten Mal in Graz statt und führt ihr erfolgreiches Format unter dem Motto „Wissenschaft trifft Wirtschaft“ weiter fort. Während im Jahr 2017 die Logistikwerkstatt mit der 4th International Physical Internet Conference vereint war, hat sich aber folgendes Schema nicht nur eingebürgert sondern auch bewährt: In den geraden Jahren halten wir eine zweitägige Veranstaltung, die vorwiegend ReferentInnen aus Wissenschaft und Wirtschaft hat. In den ungeraden Jahren gibt es dann ein „update“, das auch den **Studierenden und Nachwuchswissenschaftlern gemeinsam mit der Wirtschaft eine Bühne** bietet.



Die Förderung des wissenschaftlich-technischen Nachwuchses ist uns als Universität naturgemäß ein großes Anliegen und so dürfen wir heuer aus den vielen Einreichungen eine jurybeurteilte **SiegerIn** vorstellen. Diese Arbeit wird nicht nur, wie eben die anderen eingereichten Arbeiten auch, im Tagungsband präsentiert, sondern auch durch unsere Sponsoren gebührend prämiert. Übrigens darf ich Ihnen als Herausgeber des **Tagungsbandes** stolz mitteilen, dass dieser nicht nur über den **Buchhandel** verfügbar ist sondern auch kontinuierlich **nachgefragt** wird!

So darf ich Sie, geschätzte Vortragende und TeilnehmerInnen auch dieses Jahr wieder herzlich in Graz begrüßen. Wir haben uns **thematisch heuer nicht eingeschränkt**, da dies auch aufgrund der zahlreichen studentischen Arbeiten nicht sinnvoll möglich wäre. Vielmehr zeigt das diesjährige Programm aber die beachtliche **Breite der Logistik** auf. Beginnend bei den gerätetechnischen Themen der Intralogistik, über ausgewählte Kapitel der Lager- und Fördertechnik, umfasst das Programm auch Transport und Verkehr sowie aktuelle Themen aus Robotik und KI. Zwölf Damen und Herren werden in **elf Vorträgen** dem Publikum diese Themen näherbringen und mit **zwölf Postern** stehen durch Ihre AutorInnen weitere Themenkreise im Rampenlicht. Gerade diese interaktive Möglichkeit neue Themen kennenzulernen darf ich Ihnen, sehr geehrte TeilnehmerInnen sehr ans Herz legen, entspricht sie doch sehr unserem Charakter der **Werkstatt**. In einer dezidierten Session „Werkstatt“ werden wir wieder gemeinsam als Auditorium mit den ReferentInnen versuchen, Themen der Vorträge und uns bewegende Fragen aufzugreifen und zu diskutieren und die Ergebnisse daraus dann über die Fachmedien zu publizieren.

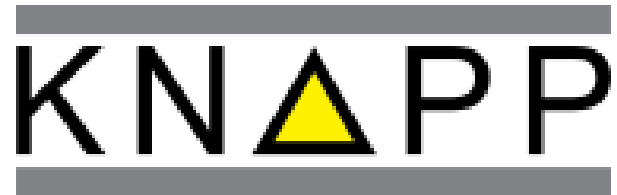
Unsere Veranstaltung wäre nicht möglich, würden uns nicht unsere **Sponsoren** auch heuer wieder – und das bereits in guter und langjähriger Tradition – unterstützen. Dafür bedanke ich mich im Namen aller TeilnehmerInnen auf das Allerherzlichste bei den Firmen: **KNAPP AG, SSI Schäfer, TGW Logistics Group GmbH** und bei der **Österreichischen Post AG**.

Ihnen, sehr geehrte TeilnehmerInnen danke ich für Ihr zahlreiches Kommen und wünsche uns allen einen fruchtbaren Kongresstag mit tollen neuen Einsichten und Kontakten.

Assoc.Prof. DI Dr.techn. Christian Landschützer
Herausgeber der Schriftenreihe „Logistik Werkstatt Graz“



Sponsoren



Programm

08:30	Empfang der Teilnehmer
09:00	Begrüßungen Institut für Technische Logistik ITL Verein Netzwerk Logistik vnl Konferenzorganisation
KEYNOTE	
09:15	E-Commerce Omnichannelstrategien – Chancen durch smarte Logistikansätze <ul style="list-style-type: none">• Ortsbestimmung• Bedeutung für die Logistik• Trends für das Management Andreas Pesenhofer, ACL advanced commerce labs GmbH, Österreich.
VORTRÄGE – Block 1	
09:45	making complexity simple <ul style="list-style-type: none">• Trends• Herausforderungen• Lösungen Bernhard Pürschl, KNAPP AG, Österreich.
10:15	ShortSea, Intermodal und konventioneller Bahnverkehr für die Region Österreich und Südosteuropa Thomas Gerstgrasser, SCHENKER & CO AG, Österreich.
10:45	Kaffeepause und Besuch der Posterausstellung
11:15	Künstliche Intelligenz – Die nächste Evolutionsstufe im Bereich Warehouse Management <ul style="list-style-type: none">• KI am Beispiel des Jungheinrich WMS Martin Weiglhofer, Jungheinrich Systemlösungen GmbH, Österreich.
11:45	ECommerce-Handling – Fluch und Segen zugleich <ul style="list-style-type: none">• Internationale Rechtslage zum ECommerce-Handling• Varianz des Sendungsspektrums (Form, Material, Ladungssicherung) als Herausforderung• Steigende Sendungsvolumina als Chance – Handling von Stückgut als Schüttgut Rieka Saucke und Domenik Prims, Siemens Logistics GmbH, Deutschland.
12:05	Vollautomatisches System zur Einzelstück-Kommissionierung <ul style="list-style-type: none">• Flexibilität und Artikelvielfalt• Effizienz durch parallelisierte Abläufe Sascha Hroh, TGW Robotics GmbH, Deutschland.
12:35	Mittagspause und Besuch der Posterausstellung

13:30 **Was IT schon heute (in der Logistik) besser macht**
 Markus Klug,
 SSI Schäfer Automation GmbH, Österreich.

WERKSTATT

14:00 **WERKSTATT (offene Diskussion aller TeilnehmerInnen mit den ReferentInnen)**

- Ortsbestimmung der Intralogistik 2019
- Wachstumsgrenzen
- Herausforderungen mit e-commerce und Industrie 4.0

Christian Landschützer (Moderation),
 Institut für Technische Logistik der Technischen Universität Graz, Österreich.

14:45 **Kaffeepause
 und Besuch der Posterausstellung**

VORTRÄGE – Block 2

15:05 **Entwicklung eines Systems zur Beschleunigungsmessung an Regalbediengeräten auf Arduino Basis**

- Vorstellung des entwickelten Messsystems
- Ausgewählte Messergebnisse
- Ausblick auf die Untersuchung von Mastschwingungen

Lukas Karzel, Andreas Rücker
 Technische Universität München Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik,
 Deutschland.

15:25 **Schadensanalyse von HM-HT-Faserseilen in laufenden Anwendungen**

- Erweiterung Forschungsstand
- Verschleiß- und Alterungsuntersuchungen
- Prüftechniken zur Abergereife

Annett Schmieder,
 TU Chemnitz, Deutschland.

15:45 **DEM-Modellierung von Be- und Entladezyklen in Festbett-Wärmespeichern**

- Aufbau DEM-Modell
- Erste Ergebnisse
- Schüttgut-Kalibrierung

Thomas Mitterlehner,
 TU Wien, Österreich.

16:05 **Der Dreiklang - (nicht nur) in der (technischen) Logistik**

- Einblicke in die Intralogistik aus Sicht der Fachmedien

Jan Kaulfhuhs-Berger,
 Technische Logistik / Huss Medien GmbH, Deutschland.

16:35 **Ende der Veranstaltung
 Besuch der Posterausstellung
 Networking
 Buffet**

Inhaltsverzeichnis

1. E-Commerce Omnichannelstrategien – Chancen durch smarte Logistikansätze.....1	
<i>Andreas Pesenhofer</i>	
2. Making complexity simple.....17	
<i>Bernhard Pürschl</i>	
3. ShortSea, Intermodal und konventioneller Bahnverkehr für die Region31	
Österreich und Südosteuropa	
<i>Thomas Gerstgrasser</i>	
4. E-Commerce-Handling – Fluch und Segen zugleich.....45	
<i>Rieka Saucke und Domenik Prims</i>	
5. Vollautomatisches System zur Einzelstück-Kommissionierung.....79	
<i>Sascha Hroh</i>	
6. Was IT schon heute (in der Logistik) besser macht91	
<i>Markus Klug</i>	
7. Entwicklung eines Systems zur Beschleunigungsmessung an.....109	
Regalbediengeräten auf Arduino Basis	
<i>Lukas Karzel, Andreas Rücker</i>	
8. Schadensanalyse von HM-HT-Faserseilen in laufenden Anwendungen.....141	
<i>Annett Schmieder</i>	
9. DEM-Modellierung von Be- und Entladezyklen in Festbett-Wärmespeichern.....155	
<i>Thomas Mitterlehner</i>	
10. Der Dreiklang - (nicht nur) in der (technischen) Logistik.....177	
<i>Jan Kaulfhuhs-Berger</i>	
11. Digitalisierung eines Milkruns.....193	
<i>Matthias Eder, Maria Hulla, Sascha Gotthardt, Hugo Karre,</i>	
<i>Christian Ramsauer</i>	
12. Augmented Reality und IoT im Industriebereich.....201	
<i>Stefan Berer, Michael Schadler</i>	
13. Implementierung eines Cyber-physischen Systems in der Intralogistik.....207	
<i>Oliver Mörth, Christos Emmanouilidis, Norbert Hafner, Michael Schadler</i>	
14. Physical Internet in der Stückgutlogistik - Entwicklung eines zukünftigen.....213	
Anwendungsfalls	
<i>Thomas Gutmann, Florian Ehrentraut</i>	
15. Towards an Autonomous Vision-based Inventory Drone.....219	
<i>J. Pestana, M. Maurer, F. Fraundorfer, H. Bischof</i>	

16. Masterarbeit - Entwicklung eines leistungsoptimierten Designs einer.....	225
Kompostwendewalze	
<i>Dominik Stadlthanner, Michael Schedler</i>	
17. Physical Internet Pallet system.....	231
<i>Gerald Mahringer, Florian Ehrentraut</i>	
18. Simulation des elastischen Verhaltens von Polybags.....	237
<i>Stefan Roth, Michael Schedler</i>	
19. Entwicklung einer analytischen Berechnungsvorschrift unter Berücksichtigung...243	
von Seildehnung und Durchhang der inversen Kinematik am Beispiel Seilroboter	
<i>Johannes Pusch, Michael Schedler</i>	
20. Physical Internet – readiness of Material Handling Technology	251
<i>Icía Soto García, Florian Ehrentraut</i>	
21. Bachelorarbeit: Konstruktion eines Hochgeschwindigkeitsbandförderers.....	257
<i>Manuel Niederbrunner, Michael Schedler</i>	
22. Intralogistikoptimierung durch Routenzugsysteme.....	263
<i>Sabine Rainer, Uwe Brunner, Johannes Dirnberger</i>	



E-Commerce Omnichannelstrategien – Chancen durch smarte Logistikansätze

Andreas Pesenhofer

Andreas Pesenhofer

- ACL advanced commerce labs GmbH
- CEO



Bei E-Commerce Omnichannelstrategien geht es nicht nur darum, Kunden über alle Kontakt- und Interaktionspunkte (Filialen, Onlineshop, Mobil, ...) hinweg bedienen zu können und nahtlose Einkaufsmöglichkeiten zu schaffen, sondern auch darum, mittels smarterer Logistikansätze die Verknüpfung und Steuerung aller möglichen Fulfillment-Punkte (Lager, Filialen, Lieferanten, ...) hinzubekommen und mit digitalen Supply-Chain-Lösungen Transparenz über alle Wertschöpfungs- und Prozessschritte sicherzustellen.

Darauf möchten wir in dieser Präsentation eingehen und uns dabei auf die „Informations-Logistik“ fokussieren, also den Informationsfluss statt den Warenfluss betrachten.

KEYFACTS ACL

- Tiefgreifende Erfahrung im E-Commerce seit 2000
- Begleitung zahlreicher internationaler Retailer auf ihrem Weg in das E-Business
- Unterstützung ‚Bricks & Clicks‘-Geschäftsmodelle
- rund 100 Mitarbeiter an Standorten in Graz, Bärnbach, Ried, München, Wien
- Eigentümer: 70% Österreichische POST AG, 30% EOSS Industries Holding



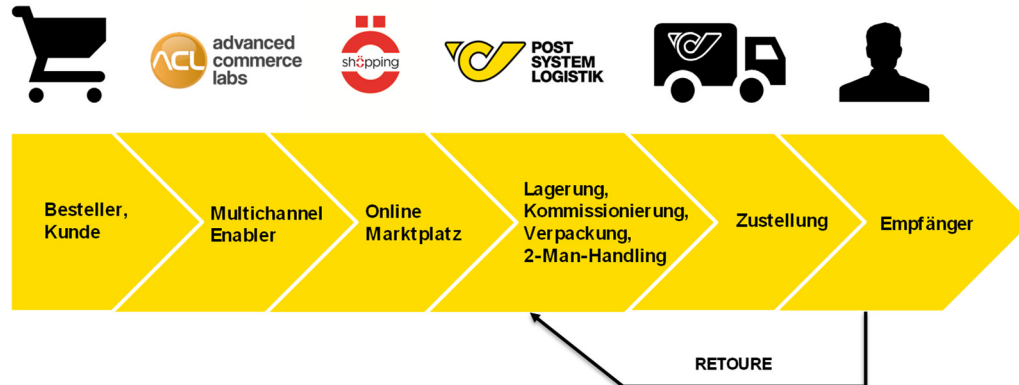
2

Wir freuen uns über internationale Referenzen und sind besonders stolz, unter anderem für große Retailer wie zB dm-drogeriemarkt, Hervis, ADLER Modemärkte, NKD, Kastner & Öhler, Apollo Optik uvm. tätig sein zu dürfen und darüber hinaus Speziallösungen für die Deutsche Bahn, Lufthansa und andere Industrieunternehmen umgesetzt zu haben.

EINGEBUNDEN IN DIE E-COMMERCE GESAMTANBIETER STRATEGIE DER ÖSTERREICHISCHEN POST

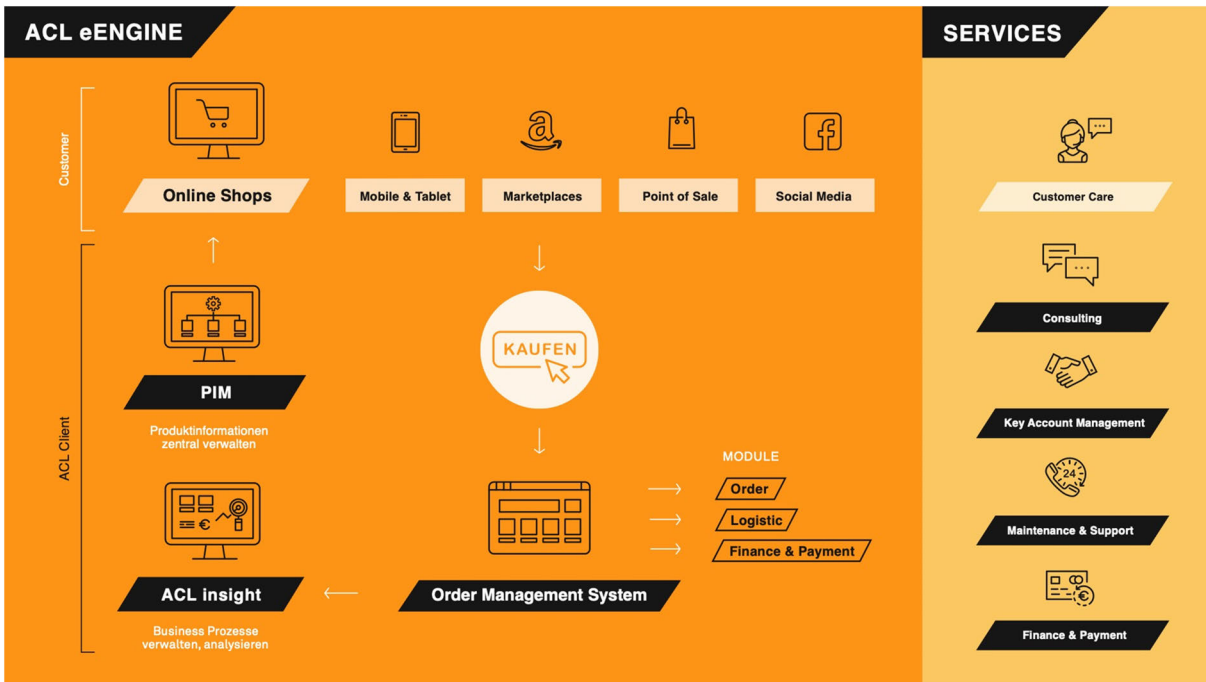


SERVICES ENTLANG DER E-COMMERCE WERTSCHÖPFUNGSKETTE



3

ACL agiert hier als Bindeglied zwischen innovativen Last Mile Lösungen für E-Commerce-Empfänger (z.B. Haustürlösung, Samstag-, Abend-, Same Day-, Lebensmittelzustellung) und Fulfillment Spezialisten für professionelle Lagerlogistik und E-Commerce Fulfillment mit individuellen Zusatzservices (z.B. Filialbelieferung, 2-Mann-Handling, Reparaturservices) und verlängert so die Wertschöpfungskette der österreichischen Post.



ACL kümmert sich um die Welt hinter dem Online-Shop – reibungslose und höchstmöglich automatisierte Fulfillment Abläufe gehören zu den ACL Kernkompetenzen. Denn für den Warenfluss muss auch der Informationsfluss pünktlich, fehlerfrei und zuverlässig laufen.

Customer Experience hat auch dabei oberste Priorität. Statt einzelner Kanäle mit eigenen Daten-Silos, gilt es eine zentralisierte Echtzeitplattform für alle Customer Touch Points bereitzustellen.

Über die ACL Lösung als Unified Commerce Plattform sind das Web, Apps, der physische Store usw miteinander verbunden und arbeiten in Echtzeit in Symbiose. Konsistente Daten werden plattformübergreifend genutzt, um ungenaue Informationen zu vermeiden und eine „Single Version of Truth“ zu garantieren.

SMARTE LOGISTIKANSÄTZE FÜR E-COMMERCE OMNICHANNELSTRATEGIEN



- Kunden über alle Kontakt- und Interaktionspunkte wie Filialen, Onlineshop, Mobil, ua. bedienen und **nahtlose Einkaufsmöglichkeiten** schaffen
- **Smarte Logistikansätze** durch Verknüpfung und Steuerung aller möglichen Fulfillment-Punkte (Lager, Filialen, Lieferanten, ...) mit digitalen Supply-Chain-Lösungen
- **Transparenz** über alle Wertschöpfungs- und Prozessschritte sicherstellen
 - jeden Teilbereich der Wertschöpfungskette in Echtzeit überwachen
 - verfügbare Kapazitäten und die bestmögliche Dienstleistungsqualität zugänglich machen
 - Terminierungssystem für Teile der Wertschöpfungskette nach Service-Level- Vorgaben
- **Integration** Logistik- und Transportkette für Effizienzgewinne
 - verfügbare Informationen (Vorlieben und Kundenverhalten) mit Echtzeitinformationen aus bestehenden Netzwerken, Auslastung und verfügbaren historischen Daten verbinden
 - flexible Lösungen für die erste und letzte Meile aufbauen
- Ware zum bevorzugten **"Point of Presence"** des Empfängers liefern, bis zum letztmöglichen Zeitpunkt für Interaktion (in direkter Echtzeit-Interaktion für Kunden mit dem Versender)



5

Im Grunde geht es um die Verknüpfung: **WO** ist der **KUNDE**, wo die **WARE** und wie bringen wir sie einfach und kostengünstig zusammen.

Kunden möchten überall kaufen, überall hin versenden und überall retournieren können. Wenn sie online einkaufen, möchten sie im Geschäft retournieren.

Wenn ein Artikel im Laden nicht vorrätig ist, sollte der Verkäufer in der Lage sein, online eine Bestellung aufzugeben, ihm die Bezahlung im Ladengeschäft zu ermöglichen und den Artikel entweder an den Laden oder an die Wohnung des Kunden versenden zu lassen.

Kunden erwarten genaue Produktinformationen und detaillierte und konsistente Produktbeschreibungen, einsehbare Lagerbestandsverfügbarkeit auch in allen Filialen, aktuelle und relevante Produktempfehlungen, basierend auf der bisherigen Kaufhistorie sowie weitreichende und unterschiedliche Lieferoptionen.

Eine bestmögliche Integration vor- und nachgelagerter Wertschöpfungsstufen und damit die Ausbildung eines Plattform-Ökosystems schafft hierbei neue Möglichkeiten.



Das Beispiels-Video vom „Singles Day 11.11.2018 China“ → hier wurde an einem einzelnen Tag 30 Mrd USD Umsatz generiert (die erste Mrd davon innerhalb von 90 sec) – 2 Tage später sind rund 1,3 Mrd Pakete zu verteilen und zuzustellen. Dieses Beispiel unterstreicht die Notwendigkeit bzw. den Mehrwert von intelligenten „Point of Presence“ - Routing Ansätzen.



FREUEN ODER FÜRCHTEN?



- **Logistische Abläufe** werden zur **Kernkompetenz** für erfolgreiches Omnichannel-Business
- **Kundenorientierung** ist der Schlüssel zum Erfolg (**Bequemlichkeit des Kunden**, nicht des Logistiklers, ist der Maßstab)
- Die **letzte Meile** entscheidet über die Relevanz und neue Anbieter werden den Markt umwälzen (mehr Händler kümmern sich selbst um die letzte Meile)
- **Vielfalt** an Lösungsansätzen wird zu stärkerer Ausdifferenzierung von **Basis- vs. Mehrwertdiensten** führen
- **Logistik-Plattformen** gewinnen: Integration von Services auf Plattformen führen zu einer rasanten Beschleunigung der Veränderungsgeschwindigkeit - **Plattformansatz** erlaubt schnellere Expansion als In-house und klassische Umsetzung mit Subunternehmen, flexible Kapazitäten schnell aufbauen
- **Digitale Koordination** - etabliert und koordiniert neue Transportdienste; organisiert und optimiert von einander unabhängige Parteien

7

Kernthese Kundenorientierung: Wenn Sie nicht die Erwartungen der Kunden erfüllen, tut das ein anderer (gilt für Händler gleichermaßen wie für DL)!

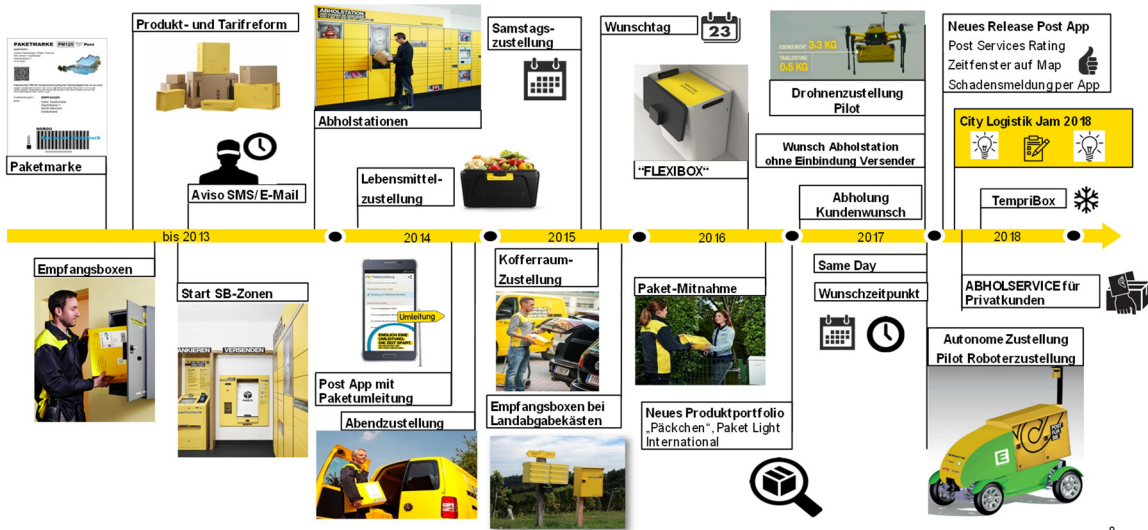
Die letzte Meile (Zustellung) gewinnt dabei an Wichtigkeit, weil im Onlinebusiness die Kaufentscheidung beim Öffnen des Paketes fällt (siehe auch unterschiedliche „unboxing“ Studien, moment of truth).

Eine „Uber-isierung“ ist auch in der Transportlogistik zu verfolgen - „Logistics-as-a-Service“ bietet mit einem Plattform-Ökosystem Ansatz hier neue Möglichkeiten (siehe auch „SAP and Uber Freight Join Forces to Deliver On-Demand Logistics Through the Power of Networks“ <https://news.sap.com/2019/04/sap-and-uber-freight-on-demand-logistics-networks/>).

Der Plattformansatz ist dabei weit verbreitet – große IT-/Enabling-Plattformen entstehen auch durch Zusammenschlüsse und Zukäufe (SAP hat zB 2018 mit Qualtrics einen Softwareanbieter fürs Sammeln, Analysieren und Weiterverarbeiten von Feedback und Daten von Kunden und Mitarbeitern für 8 Mrd USD bekanntgegeben und weitere Akquisitionen im Bereich KI oder Robotik geplant um Salesforce in Schach zu halten - Salesforce wiederum hat sich mit Mulesoft für rund 6,5 Milliarden Dollar eine Integrationssoftware für die Verbindung von Anwendungen, Daten und Geräten gesichert).

Damit wird die nötige digitale Koordination und Kooperation erst möglich.

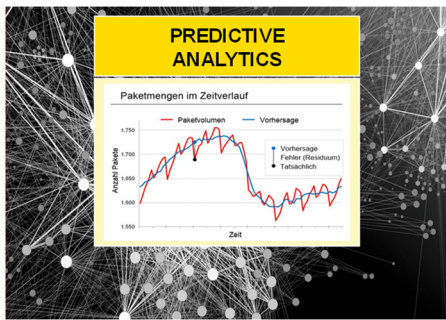
EXKURS: PAKET-INNOVATIONEN FÜR HÖHEREN KUNDENKOMFORT



8

Der Exkurs zeigt, mit welchen Innovationen sich KEP Dienstleister wie zB die Österreichische POST beschäftigen – aktuell ...

EXKURS: EIN BLICK IN DIE ZUKUNFT KEP



CITY LOGISTIK

TEMPRIBOX

START UP – RAPID UNLOADER

AUTONOME- & DRONEN-ZUSTELLUNG

TU Graz
i-Tec Styria

SPIN-OFF OF TECHNICAL UNIVERSITY GRAZ
EUROPE-WIDE PATENT

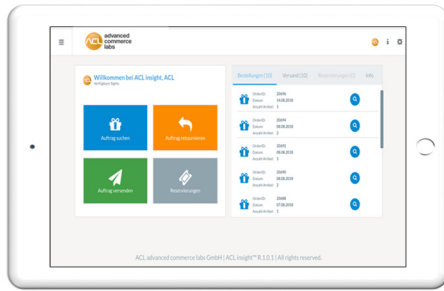
Manual unloading	Rapid Unloader
1-2 pers	0 pers
45-60 min	20 min

9

... und zukunftsorientiert.

EXKURS USECASES

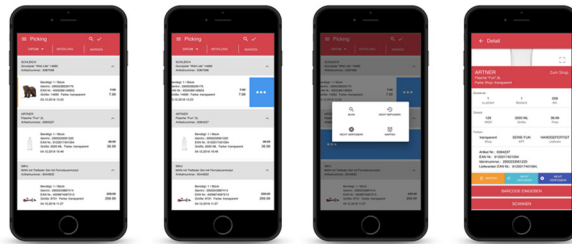
CROSS-CHANNEL MODULE



- in-store fulfillment
- KI gestützt und personalisiert
- smart matching services

Komplexe off- and online Workflows werden in einer zentralen Applikation gemanaget.

PICKING APP



- Mobile Applikation für in-store picking
- easy to use
- verknüpfbar mit elektron. Preisschildern und anderen IoT Plattformen

Stores werden zu Fulfillmentpunkten ohne zusätzliche Lager- oder Mitarbeiterkosten.

10

„Cross Border E-Commerce“ unter Einbeziehung von Filialen im Fulfillmentprozess am Beispiel HERVIS:

Hervis setzt die Lösung international in etlichen der über 200 Filialen in 7 europäischen Ländern ein um den Fulfillmentprozess zu dezentralisieren und die regional in den Filialen vorrätigen Produkte auch für Onlinebestellungen aus der Filiale zu kommissionieren und zu verschicken und Retouren schnell und einfach zu vereinnahmen (zusätzlich zu click&collect und click&reserve).

Insbesondere durch rechtliche Neuerungen (EU-Verordnung zum Geoblocking, PSD2) wird der „crossborder“ Onlinekauf für Konsumenten weiter flexibilisiert. Um das Einkaufserlebnis auch wirklich „omni-channel“ anbieten zu können, braucht es Commerce-Plattformen für eine konsolidierte Datenverarbeitung und schnelle Skalierung.

ACL bietet Hervis Filialmitarbeitern einfach bedienbare Oberflächen für flexible Steuerung der Einkaufsprozesse und hat damit folgendes erreicht:

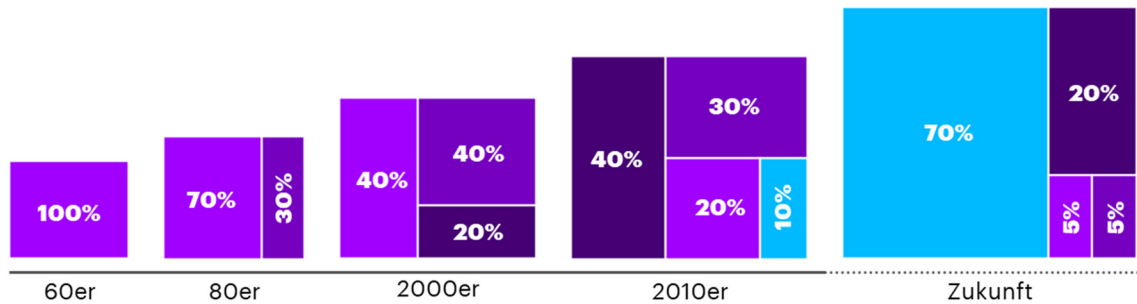
- Kürzere Lieferzeiten für Onlinelieferungen durch kürzere Wege von der regionalen Filiale zum Kunden
- Stärkere Verknüpfung der Onlinekunden mit der Stationären Filiale vor Ort (zb durch Retourenmöglichkeit in der Filiale und damit Cross-& Upsell Möglichkeit)
- Prozesskosteneinsparung (zB bei Lieferkosten durch Konsolidierung und Optimierung der Filiallieferung, günstigere lastmile-Optionen, Nutzung von bestehenden Ressourcen in Filialen, ...)
- Lokale stationäre Präsenz verstärkt die Awareness und das Verständnis für lokale rechtliche Besonderheiten

Kastner&Öhler setzt ebenfalls auf **InStore Order Fulfillment**. Einen Mehrwert bietet hier das große Sortiment im Grazer Haupthaus, das auch für Onlinekunden bestellbar ist. Die zunehmende Anzahl an Bestellungen rechtfertigt den Einsatz einer eigenen „Picking-Truppe“, die durch die App täglich in der Früh Onlineaufträge aus dem Filialbestand kommissioniert und dabei optimiert durch den Store geführt wird. Der Einsatz der Picking App hat zu einer >30% Effizienzsteigerung geführt.

In der Verknüpfung mit weiteren Informationen (neben Bestandsinformationen werden auch zB Personalauslastung bei dm-drogeriemarkt für die Kommissionierung online bestellter Artikel im Markt herangezogen, Kunden-/Abholpräferenzen, ...) und KI / Predictive Intelligence (Abverkaufs-, Liefer-, Retourenenerwartungen, ...) und der Vernetzung mit Bsp. IoT Plattformen (smarte Preisschilder, NFC/RFID Tags zur Inventierung, ...) und anderen Partnern (zB Zustellpartner und deren Tourenplanung; Community Matching („Mitbringen lassen“) und damit einhergehenden intelligenten und selbstlernenden Algorithmen birgt dieser Ansatz noch großes Potential für stationäre Händler im Omnichannel Kontext.

Die Erfahrung aus zB oa. Beispielen zeigt: It's no quick-and-easy task! Neben der Anforderung nach Echtzeitdaten (aus den Legacy Systemen genauso wie von involvierten Partnern) und den technischen Anforderungen bleiben weitere Knackpunkte zu berücksichtigen: teurere Filialmitarbeiter vs. Logistikmitarbeiter; teurere Ladenfläche als Logistikfläche, ...

AUCH BEI INDUSTRIEPRODUKTEN KOMMT DER KUNDENWERT KÜNFTIG AUS DIGITALEN KOMPONENTEN



Werttreiber: ■ Mechanik ■ Electronik ■ Embedded Software ■ Digitale Technologien **X.O**

Bild: Accenture

11

Übergreifend gilt, dass die Vernetzung und Digitalisierung alle Industrien, Branchen und Wertschöpfungsstufen maßgeblich betrifft und verändern wird.

Dabei geht es längst nicht mehr nur um die Einführung digitaler Lösungen sondern um die Digitalisierung der eigentlichen Wertschöpfung.

Software, Algorithmen und KI halten in Produkte Einzug (zB „smart speaker“) und bilden die Grundlage für neue Services (zB predictive maintenance services) und werden künftig Teil von Service Plattformen sein.

Das kann zB der angesprochene „Logistics-as-a-Service“ Ansatz sein (als Analogie zum zB „Mobility-as-a-Service“).

Digitale Komponenten als (künftige?) Werttreiber zwingen alle Unternehmen wie Softwareunternehmen zu handeln und damit Fähigkeiten von agilen, iterativen Methoden zu entwickeln oder Ökosysteme und Partnerschaften zu managen (vgl. auch „open source Ansatz“).



VIELEN DANK.

Andreas Pesenhofer
CEO

ACL advanced commerce labs GmbH
A-8020 Graz, Keplerstrasse 69

Tel: +43 800 22 33 23
Mobil: +43 664 884 37999
Mail: andreas.pesenhofer@acl.at
Web: www.acl.at



making complexity simple

Bernhard Pürschl

Bernhard Pürschl

- KNAPP AG, Österreich
- Produktmanager



making complexity simple

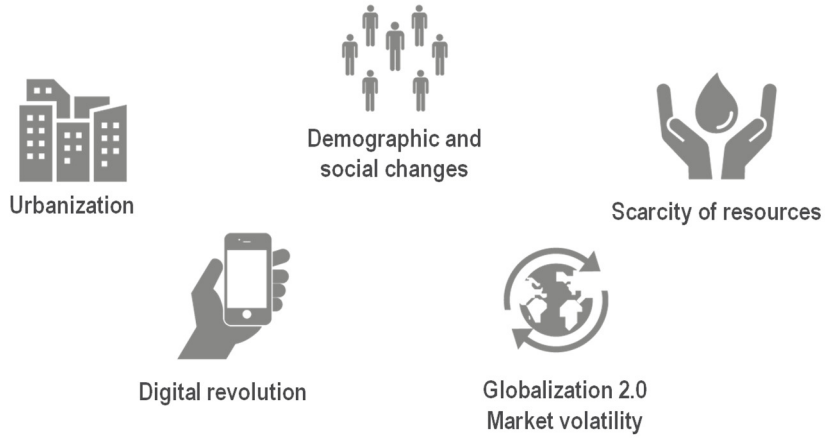
The outlook

knapp.com



The world is
changing...

Megatrends



knapp.com

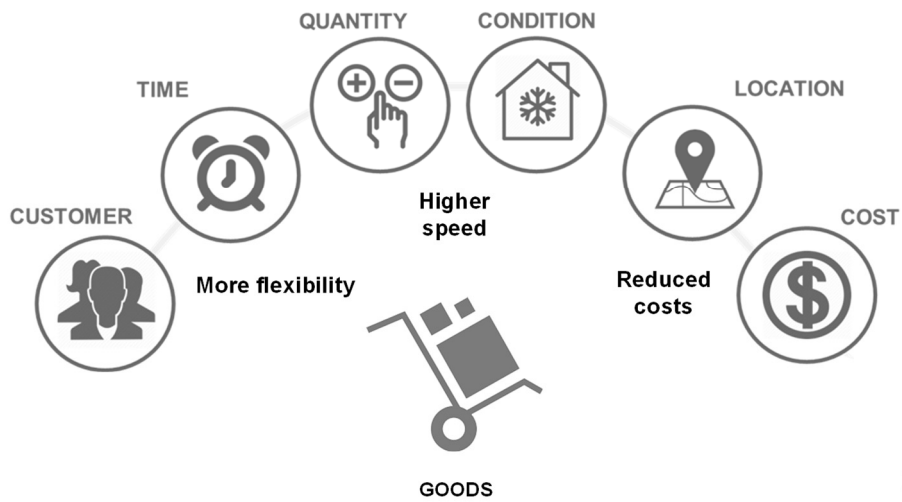
Changing consumer behavior



knapp.com

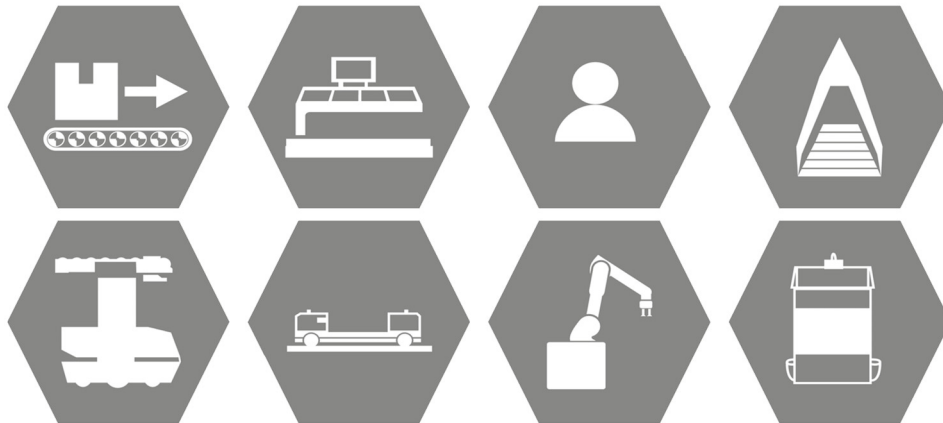


Supply chain \Rightarrow value chain





Smart Automation / MHE moduls



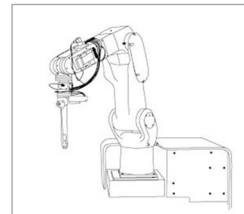
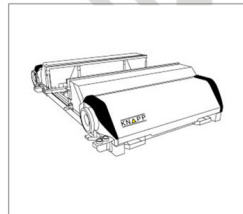
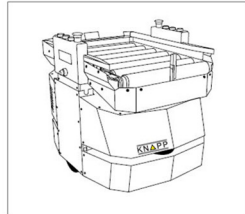
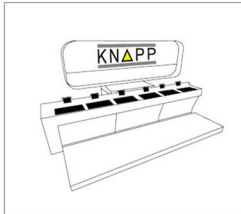
knapp.com

Starting from
handy tools...





Innovation is in our DNA



knapp.com

Pick-it-Easy Robot






Pocket system



Software Infrastructure





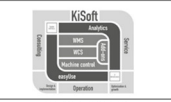



Are there roadworks ahead?

Out-of-date	Room for improvement	Future proofed
		
<ul style="list-style-type: none"> • Consider new infrastructure • Retrofit program 	<ul style="list-style-type: none"> • Minor upgrades • Add on's 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimise processes • Reconfiguration

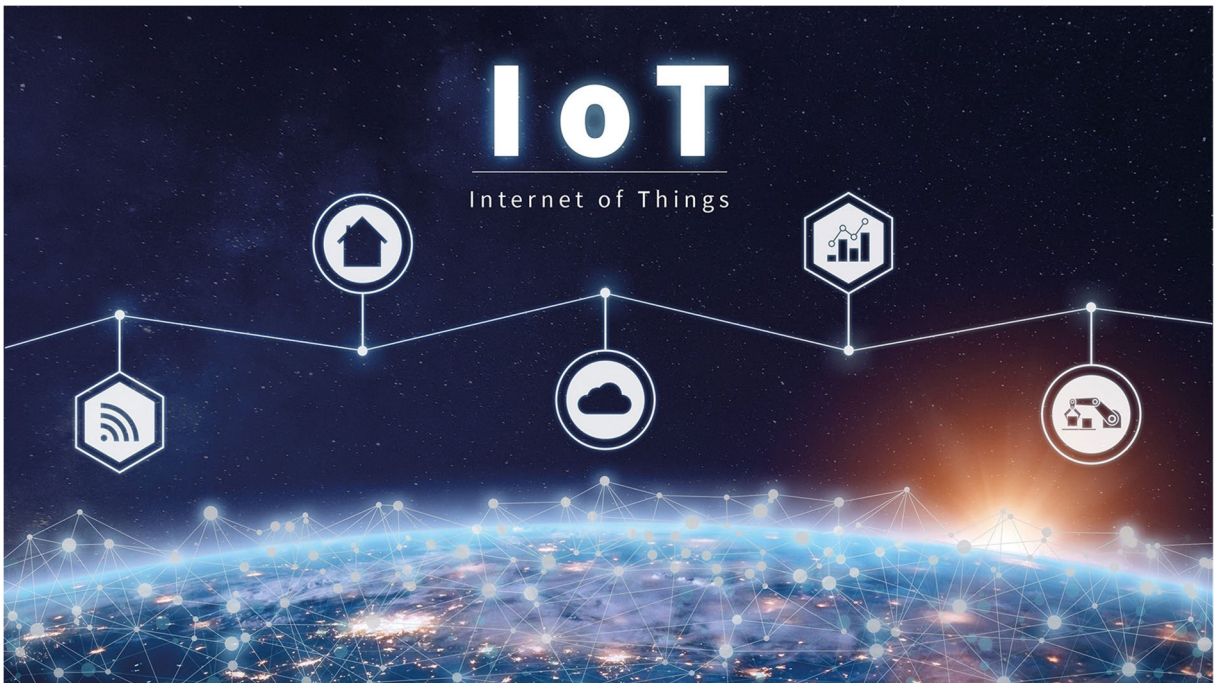
knapp.com

Solutions & Technology

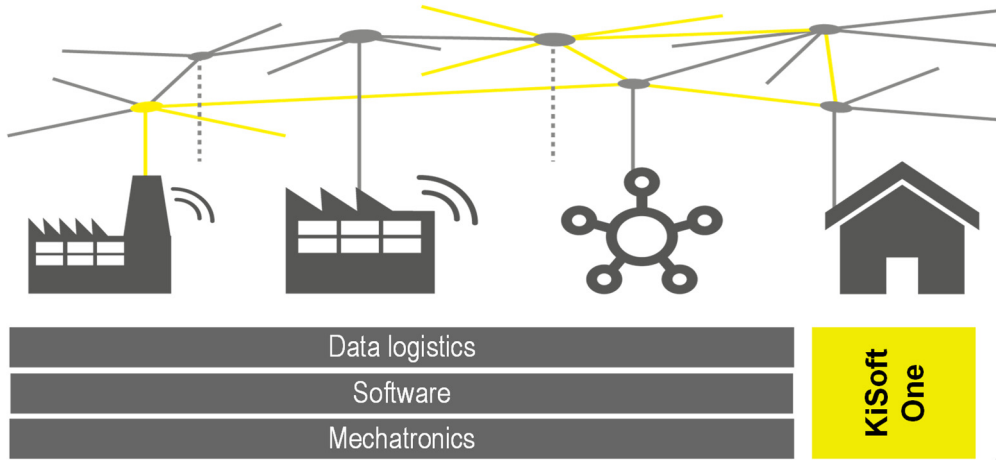
We are building solutions based on principles

 <p>Vision Cube</p>	 <p>Vision Central Belt</p>	 <p>Vision Item Check</p>	<p>Traceability</p>
 <p>KiSoft Pick-to-Light</p>	 <p>KNAPP-Store</p>	 <p>KiSoft ONE</p>	<p>Transparency</p>
 <p>RF-Replenishment</p>	 <p>Manual Picking</p>	 <p>Pick-it-Easy - Workstations</p>	<p>Patient safety</p>

KiSoft



Digital value chain



knapp.com

Innovation is in our DNA

1950s
Foundation building

1952 Engineer Günter Knapp establishes his sole proprietorship.

1st Patent
Oil burner
Oil burners, which at the time came from the USA, were not suited to the thicker Austrian heating oil. Günter Knapp built an oil burner with a larger atomizing nozzle. Günter Knapp obtained his first patent for this product.

Further products:
Automatic doughnut-filling machine, Milk pump Lifts, Vertical lift conveyor

1970s
Going International

Pharmaceutical market booms – first order abroad
Pharmaceutical wholesaler Krey & Figener
Installation of a conveyor system and a double palletroller in Düsseldorf and Krefeld

License: 1973: Professional installation of electrical high-voltage systems and installations

Specialization in the pharmaceutical sector requires a great deal of research and development. The fast dispatch of articles in pharmaceutical wholesaling becomes more and more important – the electronic components must be significantly improved.

1978 sees the first successful installation of computers. Microprocessor units at individual stations in the conveyor system assume control of the containers. This is the cornerstone for fast, accurate order processing.

Specialist area: pharmaceutical sector

Graz, Austria
Employees: 15
Company volume: 1579

1960s
Driven by the spirit of invention

Vision Autopicker
for pharmaceutical wholesalers. He holds onto the idea, even though the market is not yet ready.

Products:
Goods lifts, Paternosters, Lifting systems, Belt conveyors

First customers in the region:
Stiefelkönig, Kasner & Ohler, Herba Chemosan

Green light for conveyor systems
Günter Knapp builds a single conveyor system for the Austrian pharmaceutical wholesaler, Herba Chemosan, and decides to increasingly concentrate on the pharmaceutical sector.

Why the pharmaceutical sector?
One often needs a bit of luck, a little intuition and the courage to make the right decision.

Günter Knapp recognizes the **potential for automation** in pharmaceutical wholesaling: the medicine cartons are easily automated, transit times are fast and the demand for rapidly supplied medicines is increasing.

1980s
The EDP age is on the rise

Market: Italy, France, Belgium, the Netherlands, Scandinavia, Spain, Portugal, South America

Development: Autopicker
Günter Knapp is not dumb of his idea for autopickers, because the market is now ready. The control system is possible using microprocessors. The autopicker is soon adapted to other sectors such as textiles, cosmetics and books.

Graz, Austria
Employees: 20
KNAPP Logistik Automation GmbH
Production halls: 1,000 m²
Office building and entrance: 400 m²
Employees: 1981: 74 | 1986: 105

KNAPP AG | 29





ShortSea, Intermodal und konventioneller Bahnverkehr für die Region Österreich und Südosteuropa

Thomas Gerstgasser



Thomas Gerstgrasser

- Schenker & Co AG
- In Head of Business Development Austria & South East Europe Multimodal Solutions
- Tätigkeitsschwerpunkte: Vertriebs- und Geschäftsentwicklung für die Region Österreich & Südosteuropa



Multimodal Solutions

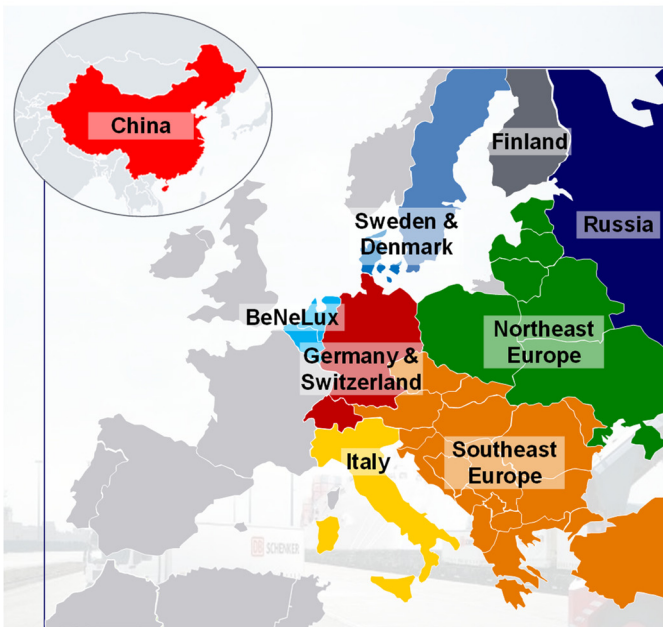
Logistikwerkstatt Graz 2019

Thomas Gerstgrasser SCHENKER & Co AG | Cluster SEE | Multimodal and Dedicated Solutions | Graz, 22. Mai 2019

DB Schenker in Österreich

6. Summary

We are always happy to further assist you.
Just contact us!



Finland Henri de la Chapelle Henri.Chapelle@dbschenker.com +35 8 10 520 2 218	Sweden & Denmark Jerry Lindestam (SE) Jerry.Lindestam@dbschenker.com +46 40 669 55 23 Lars Hvilsom (DK) Lars.Hvilsom@dbschenker.com +45 2844 8736
Northeast Europe Andrzej Wierzbicki Andrzej.Wierzbicki@dbschenker.com +48 22 738 54 00	Southeast Europe +43 5 7686 215 100
Latvia Julija Vasilkova Julija.vasilkova@dbschenker.com +37 167 8000 67	Germany & Switzerland Günter Miksch (GER) Guenther.Miksch@transa.de +49 69 84007 280 Paul Höckner (CH) Paul.Hoekner@dbschenker.com +41 81 750 06 26
Italy Roberto Scarrone Roberto.Scarrone@dbschenker.com +39 011 3981 342 Mario Sacco - Raillog Mario.Sacco@dbschenker.com +39 045 8282 437 Pietro Palazzi - Intermodal Pietro.Palazzi@dbschenker.com +39 0331 759 500	Russia Alexander Rudnev Alexander.Rudnev@dbschenker.com +74 957 772 585
BeNeLux Rien Guldén Rien.Gulden@dbschenker.com +31 318 696 800	China Vivian Liu - Head of MMS China Vivian.Liu@dbschenker.com +86 21 6170 8298
Corporate Multimodal and Dedicated Solutions Daniel Wieland - Head of Multimodal Daniel.Wieland@dbschenker.com +49 180 9740 3457 Jan Strassburg - Senior Project Manager Jan.Strassburg@dbschenker.com +49 151 613 49 373 Elisabeth van der Wal - Manager Product Development Elisabeth.van.der.wal@dbschenker.com +49 152 375 19 868 Carsten Helwig - Senior Manager Carsten.Helwig@dbschenker.com +49 160 974 86 078 Juliette Frénois - Mg. Prod. Dev. Juliette.Frenois@dbschenker.com +49 152 375 13 019	



Multimodal Solutions

Bahntransporte Europa und China



Unser Produktportfolio

DB SCHENKER

Das Produktportfolio von DB SCHENKER *multimodal*

DB SCHENKER <i>railog</i>			DB SCHENKER <i>intermodal</i>	DB SCHENKER <i>eurasia</i>	DB SCHENKER <i>shortsea</i>
PowerRailer	RailConventional	RailSpecial	PowerModal	RailChina	SeaModal
					
Schenker eigenes Einzelwagen und Ganzzugsystem nach Südosteuropa	Konventionelle Bahntransporte für das restliche Europa zB Waggons durch Europa, Russland und Zentralasien	Lademaßüberschreitungen und Schwergut	Intermodale Bahntransporte in Containern, Wechselaufbauten und Trailern	Tür-zu-Tür Transporte zwischen China und Europa in standardisierten ISO-Containern	Multimodale Tür-zu-Tür Transportlösung mit Shortsea-Verbindungen (Schiff, Barge, Fähre)

RailConventional

DB SCHENKER

Maßgeschneiderte Transporte für konventionelle Frachtgüter

Übersicht

- **Tür-zu-Tür Transporte** überall von und nach Europa, Russland oder Zentralasien

Kundenvorteile

- **Günstige Transportkosten** v.a. für Schwergüter oder voluminöse Sendungen
- **Hohe Flexibilität** (Einzelwaggons, Wagengruppen oder Ganzzüge)
- **Umweltfreundliche Transportoption**






RailSpecial

Schwer aber nicht schwierig










Vermessungsarbeiten → Genehmigungen & Dokumentation → Gestellung von Spezialwagen → Umschlag & Vor- und Nachlauf

PowerRailer

Das führende konventionelle Ganzzugsystem in SOE




Übersicht

- Etabliertes Transportsystem von **konventionellen Zügen** von Europa nach **Südosteuropa** einschließlich **Türkei Haus – Haus !**
- **Abholung und Zustellung mit Bahnwagen** (wenn Anschlussgleis vorhanden) **oder LKW** (Umschlag über Railports)
- **Hohe Abfahrtfrequenzen nach SOE** (ca. 1000 Züge jährlich)
- **Optimierung der CO₂-Bilanz**

Zugbildungspunkte:	Destinations:
<ul style="list-style-type: none"> ■ Sopron (HU) ■ Sturovo (SK) ■ Budapest (HU) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Serbien, Makedonien, Griechenland, Bulgarien, Türkei

PowerModal Intermodal Transporte


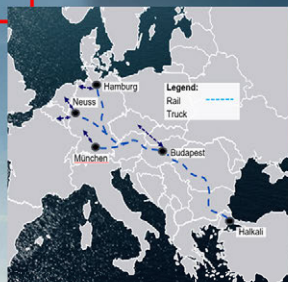
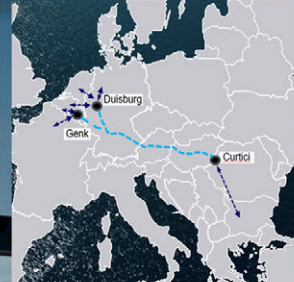

DB SCHENKER

Transportmittel:
(optional bereitgestellt von DB Schenker)

- Trailer
- Container (ISO)
- Curtain-Side Container

Übersicht

- Door-Door Service von nach **GRIECHENLAND, BULGARIEN** und in die **TÜRKEI**
- Organisation von **eigenen intermodalen Ganzzügen**

Piräus Zug Griechenland und Überseetransporte

DB SCHENKER

Übersicht

- **intermodales Ganzzugsystem** von Piräus nach **Budapest, Bratislava** und **Pardubice** und vice versa
- Einsatz von **40' und 40'HC Containern**
- **2 – 3 Züge/Woche Nord-Süd, 1 – 2 Züge/Woche Süd-Nord**
- **Laufzeit von 4 bis 5 Tagen**
- **4PL Steuerung**




RailChina



Doppelt so schnell wie Seefracht, deutlich günstiger als Luftfracht

Übersicht

- Haus-zu-Haus **Laufzeit von 20 – 25 Tagen**
- Einsatz von 40'/40' HC Containern, 20' Container paarweise auf Anfrage
- **hohe Flexibilität** – FCL und LCL Sendungen, sowie ganze Züge möglich

Kundenvorteile

- **Verkürzung der Laufzeit** um 10 – 20 Tage und somit deutliche Senkung der Kapitalkosten gegenüber der Seefracht
- Deutliche **Kosteneinsparung** gegenüber Luftfrachtsendungen bei attraktiver Laufzeit
- Transportoption mit der **geringsten Umweltbelastung**



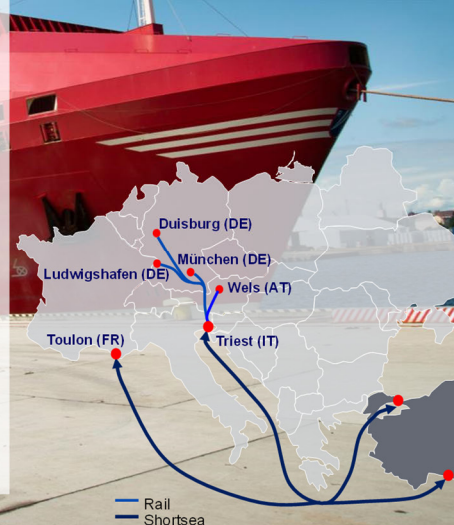
SeaModal



Vorsprung durch See

Übersicht

- **Tür-zu-Tür Transporte** in 13,6 m Trailern und 45' Containern
- **Fixe Fahrabfahrten** von/nach **Triest** und **Toulon** nach/von **Istanbul** (Ambarli und Pendig) und nach/von **Mersin**
- **Regelmäßige Zuganbindung** 5x pro Woche nach/von **Wels** und **München** und 3x pro Woche nach/von **Duisburg** und **Ludwigshafen**
- **Laufzeit Hafen – Hafen** 2,5 bis 3 Tage
- **Laufzeit Haus – Haus** 6 bis 7 Tage





MMS Zugverbindungen von und nach Südosteuropa und China



PowerRailer

Piräus Zug

RailChina

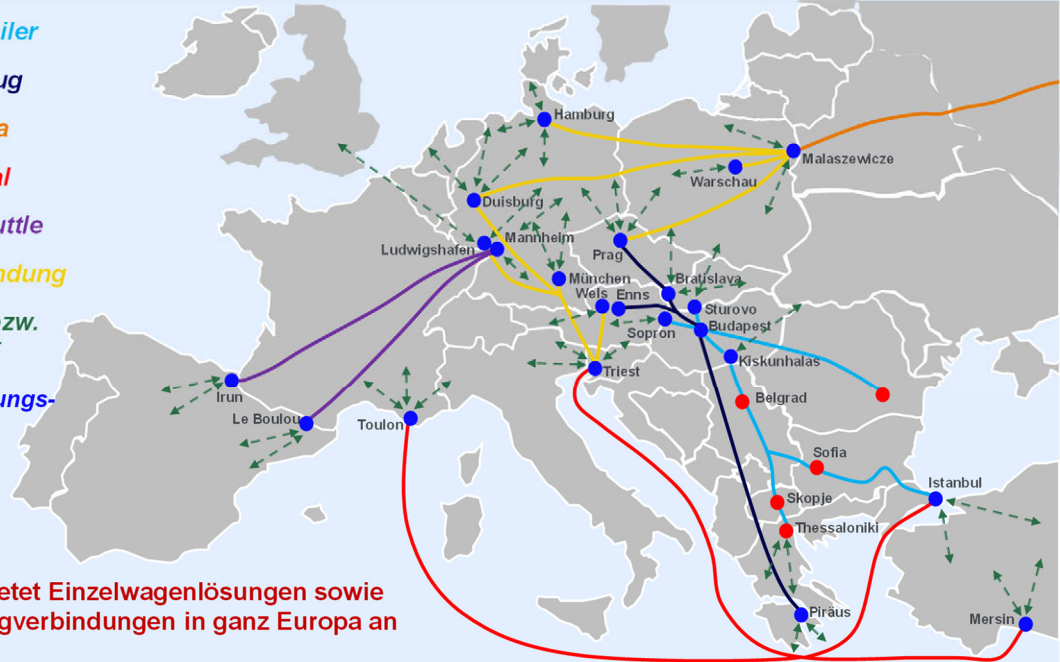
SeaModal

Spainshuttle

Zuganbindung

Vorlauf bzw. Nachlauf

● Zugbildungs-
punkt



MMS bietet Einzelwagenlösungen sowie
Ganzzugverbindungen in ganz Europa an

BEISPIELE



Beispiele von Güterwagen



Geschlossener Wagen für palettierte Ware sowie
Platmballen und Zellulose (Be- und Einstraden mit
Gabelstapler)



Drehgestell-Flachwagen für Stahlware (Brammen,
Stabstahl, Schienen, Coils, Rohre) sowie für Holz
und Fertigbauteile



Offene Wagen für Schüttgut sowie Schrott, Ballen,
Fässer, Rundholz oder Glaseisen



Gedeckte Schüttgutwagen für den Agrarverkehr
für z.B. Getreide, Mais, Futtermittel und Zucker

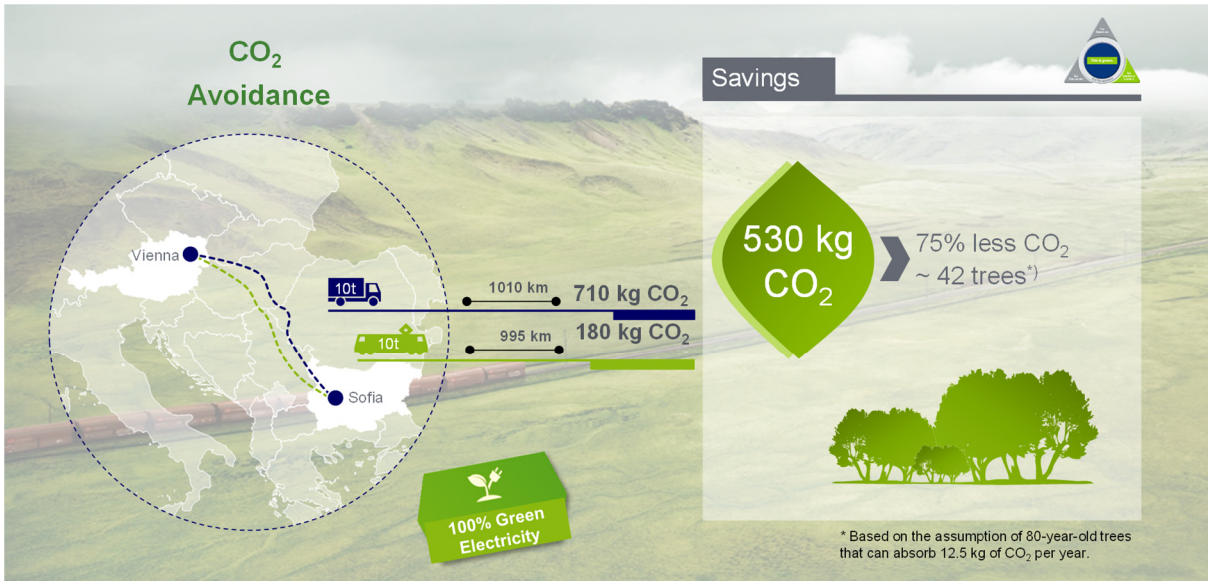
Schwertgut (z.B. Stahl, Pappe, Papier,
Verbrauchsüter)

voluminöse Ware (z.B. leichte aber
geräumige Haushaltsware)

Oberdimensionale Ware
lange Entfernungen (> 500 km)

DB Schenker in Österreich

**Multimodal Solutions - Take a guess:
How much CO₂ can be eliminated per transport?**



15 Schenker Europe GmbH | Multimodal and Dedicated Solutions | November 2018

DB Schenker in Österreich

Aus Logistik Projekten werden sehr oft **Multimodale Transporte**

Organizational Charts
DB SCHENKER Logistics
Organization chart | PM SEE

Kontraktlogistik - Software & Tools

May 4th 2018, 3:15pm

16

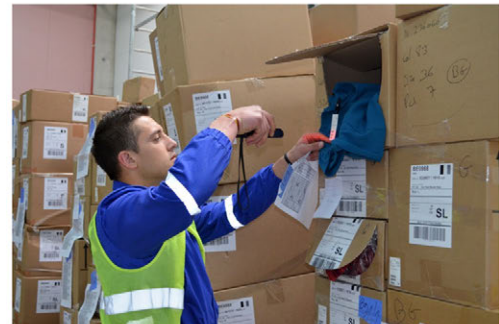
DB Schenker in Österreich

Lagerstandorte (RailPorts) mit Anschlussgleis und einer **DB SCHENKER** 24 Stunden Zustellung in Südosteuropa



Case Study

Transport & Logistiklösung



18

VIELEN DANK für IHRE Aufmerksamkeit

Multimodal Solutions

Ganzheitliche Logistiklösungen

Wir arrangieren nicht nur Bahntransporte, wir optimieren Ihre gesamte Logistikkette mit maßgeschneiderten Konzepten.

Ihre Kontaktdaten zur gesamten Abwicklung:

rail-logistics.vie@dbschenker.com

+43 5 7686 215580





ECommerce-Handling – Fluch und Segen zugleich

Dominik Prims, Rieka Saucke



M. Sc. Domenik Prims

- Siemens Logistics GmbH
- Entwicklungsingenieur mit den Schwerpunkten Systemarchitektur und Materialflusssimulation



B. Sc. Rieka Saucke

- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Masterarbeit zum Thema Technische und wirtschaftliche Bewertung von Konzepten zur Sortierung von (asiatischen) Kleinstsendungen bei der Siemens Logistics GmbH in Konstanz



WISSEN • TECHNIK • LEIDENSCHAFT



ECommerce-Handling – Fluch und Segen zugleich

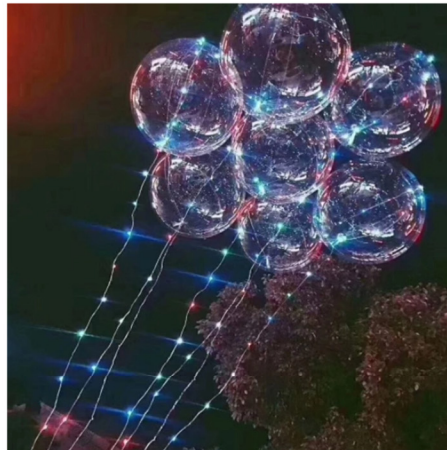


► www.tugraz.at

SIEMENS



Teaser



Logistikwerkstatt Graz
22. Mai 2019

Folie 2

SIEMENS



- Reale Sendungsbestellung von 3 geringwertigen Artikeln (< 5 €), bevorzugt mit Sendungsverfolgung, aus verschiedenen „Asia-Shops“ (Tomtop, Gearbest, Aliexpress)
- Inhalt: LED-Ballon
- Warenwert: bezahlt: 2,19 € + 2,55 € Versand; Value CN22: 5,42 US-\$ ~ 4,87 €
- Shop: Tomtop
- Versandweg: Shenzhen (Guangdong, China) → Frankfurt am Main → Radolfzell am Bodensee
- Lieferzeit: 18 Kalendertage (21.03.-08.04.2019)
- Tracking: als Einschreiben: Untracked, da Small Packet (by air)
- Masse: angeben auf CN22: 39 g; gewogen: 40,5 g
- Größe (gemessen): 160 x 140 x 23 mm
- Inhalt: Spring Clamp
- Warenwert: bezahlt: 0,89 € + 2,33 € Versand; Value CN22: 0,99 US-\$ ~ 0,89 €
- Shop: Gearbest
- Versandweg: Zhaoqing (Guangdong, China) → Frankfurt am Main → Radolfzell am Bodensee
- Lieferzeit: 26 Kalendertage (21.03.-16.04.2019)
- Tracking: als Einschreiben, Luftpost versichert, ePacket
- Masse: angeben auf CN22: 20 g; gewogen: 20,5 g
- Größe (gemessen): 235 x 175 x 16 mm

Zu den Personen

B. Sc. Rieka Saucke

- Studentin Wirtschaftsingenieur Logistik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Masterarbeit zum Thema *Technische und wirtschaftliche Bewertung von Konzepten zur Sortierung von (asiatischen) Kleinstsendungen* bei der Siemens Logistics GmbH, Konstanz



M. Sc. Domenik Prims

- Systemarchitekt in der Entwicklung, Siemens Logistics GmbH, Konstanz
- Promotion zum Thema *Multi-Level-Analyse des Bewegungsverhaltens von Paketen im Pulk auf Basis der Diskrete Elemente Methode* an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg



Siemens Logistics GmbH

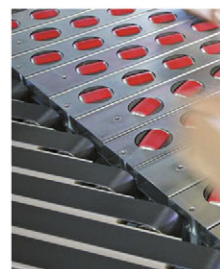
Firmenvorstellung



Hauptsitz in Konstanz,
Deutschland

100 % Tochtergesellschaft
der Siemens AG

zusätzliches Headquarter
in Dubai für Flughafen,
Cargo und Häfen



Umfangreiches Portfolio:

- Logistik für Gepäck und Cargo
- Logistik für Brief und Paket
- Digitale Lösungen
- Customer Services



Terminologie



Mittelformatsendung – Was ist das?

Postgesellschaft 1

- vielfältige Beschaffenheit und Struktur
- alle vorstellbaren Verpackungsarten, überwiegend labil bzw. Folie
- überwiegend als Schüttgut transportiert
- magnetischer Inhalt
- stark unterschiedliche Sendungsdicke
- klebrige Oberflächen

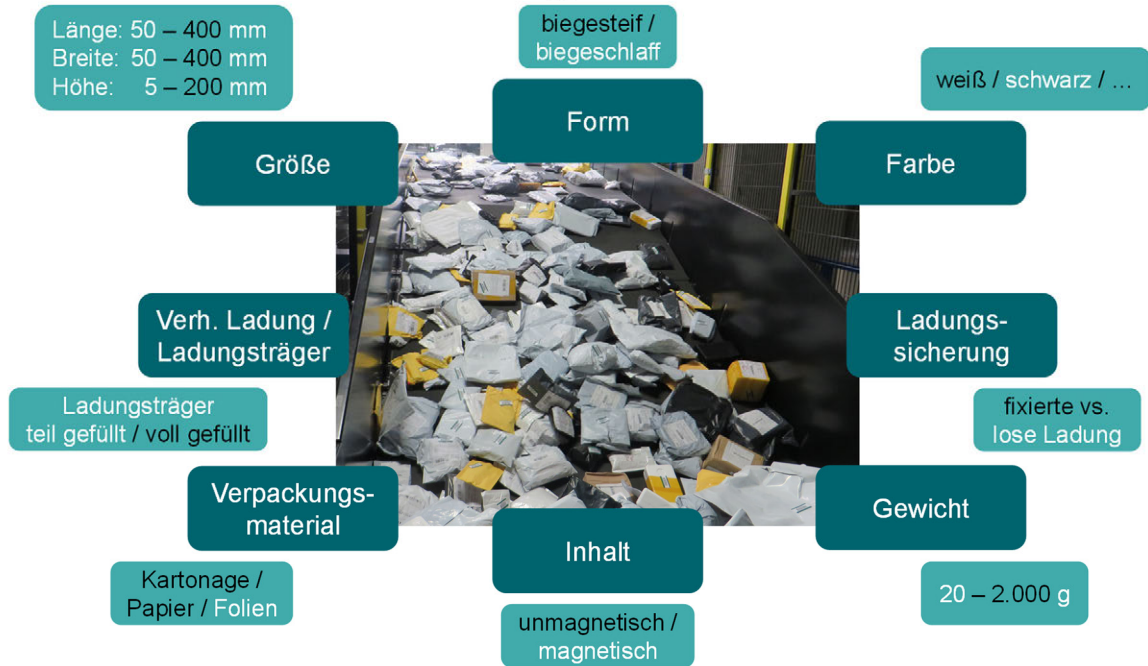
Postgesellschaft 2

- forminstabil + biegeschlaff
- Beutel, Versandtaschen, Tüten, Schachtel, Couverts, aller Art, Form, Farbe und Materials
- insb. Plastikbeutel, schwimmender Inhalt, spiegelnde Oberfläche
- Sendung bzw. Adressoberfläche oft uneben und ohne feste Kante
- variable Höhe
- Sendungen mit Codes und Labels unterschiedlicher Typen

Postgesellschaft 3

- sehr heterogenes Fördergutspektrum
- (nicht) quaderförmige Verpackungen
- Luftpolsterumschläge mit konvexen oder konkaven Oberflächen
- Versandtaschen, -säcke, Kunststoff-, Papierbeutel
- formstabiler oder biegeschlaffer Inhalt mit unterschiedlichem Füllgrad

Mittelformatsendung – Was ist das?



Internationale Rechtslage



- € Warenfreigrenze (LVCR)
- 🌐 Einstufung China Entwicklungsland
- 🚚 Zustellverpflichtung Designated Operator
- 📶 Elektronische Vorabdaten
- 📄 Anpassungen Terminal Dues
- ? unsichere Marktentwicklung

Ebene	Ø Laufzeit	Ziel [%]	Quelle
Deutsche Post (Brief)	D+1	80	PUDLV (2)
	D+2	95	
Deutsche Post (Paket)	D+2	80	
EU (Post)	D+3	85	Richtlinie 97/67/EG (7)
	D+5	97	



- Abschaffung der Warenfreigrenze (**L**ow **V**alue **C**onsignment **R**elief) ab 2021 in Europa: Einfuhrumsatzsteuer ab 0 €
 - Import-One-Stop-Shop (IOSS) in der EU ab 2021 zur Erleichterung steuerlicher Behandlung grenzüberschreitender Umsätze durch elektronischen Handel: Einfuhrabgaben für Sendungen mit einem Warenwert bis 150 € über eine zentrale Anlaufstelle bezahlen
- China bisher als Entwicklungsland eingestuft: lange Lieferzeiten, da außereuropäische Länder keine zeitliche Zustellverpflichtung⁽⁵⁾ haben
- in jedem UPU-Mitgliedsstaat gibt es mindestens einen Designated Operator: Designated Operator haben Zustellverpflichtung
- Elektronische Vorabdaten (engl. *Electronic Advance Data (EAD)*): Beschleunigung des Lieferprozesses (v. a. bzgl. Zoll)
- Endvergütungen (engl. *Terminal Dues*) der UPU
 - schrittweise Erhöhung der Endvergütungen für den Zeitraum 2018 bis 2021
 - Small Packets als Unterkategorie im Briefbereich: E-Format
- unsichere Marktentwicklung
 - Deutsche Post International: Initiative **P³ Perfectly Prepared Packets** zur notwendigen Verbesserung der Gestaltung grenzüberschreitender Small Packets

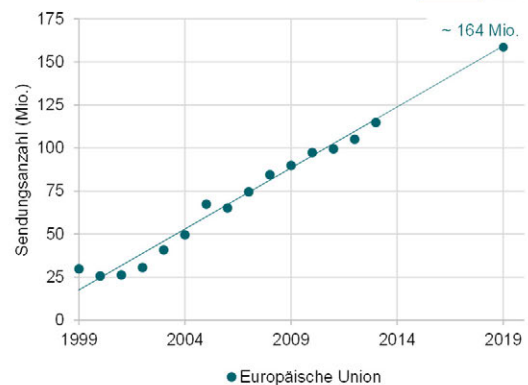
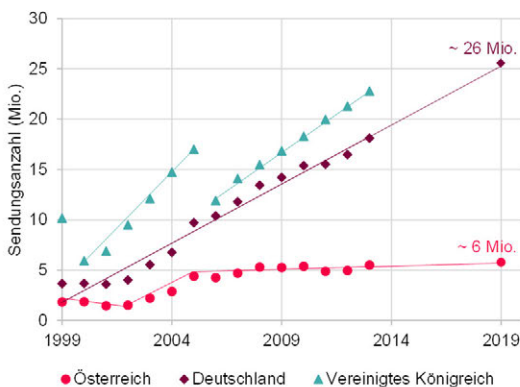
Herausforderungen und Chancen



[Deutsche Post DHL] ⁽⁶⁾

Herausforderungen und Chancen

Entwicklung Sendungsvolumina



International Smalls (1999-2013) ⁽⁸⁾

- mit Ursprung außerhalb der EU (*public & private operators*)

Small Consignments

- geringwertige Kleinsendungen (Warenwert < 22 €)

Wachstumsrate: ~ 300 % in 14 Jahren für die EU

Stückgut als Schüttgut

Pulkumschlag

Vereinzelung

Lückeneinstellung

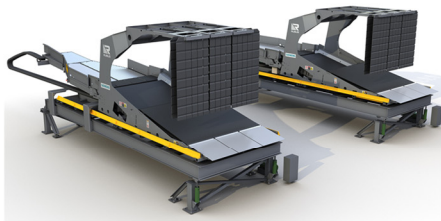
Identifizierung

Sortierung

Speicherung

MFS-Transport im Pulk (Luft, Land, Wasser)

- max. Volumenwirkungsgrad bei geringer Belastung (Chance!)
- Entleerung im Pulk → MFS-Handling als Schüttgut ^(9,14) (Chance!)
 - Technologien für die Entladung von Sendungen im Pulk



[Siemens – Rubus]



[PHS Logistiktechnik GmbH – Rapid Unloader]
© Österreichische Post AG



[Honeywell Intelligent – Robotic Unloader]

- Aufwand für Vereinzelung und Erkennung (Herausforderung!)

Vereinzelung

Pulkumschlag → **Vereinzelung** → Lückeneinstellung → Identifizierung → Sortierung → Speicherung

Manuelle Vereinzelung



Hochbetrieb im BZ Zürich-Mülligen (4)

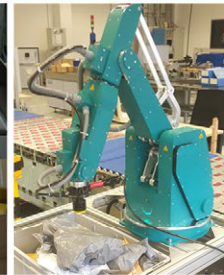
Vollautomatische Vereinzelung

Fördertechnik



Durchsatz < 10k pph
hoher Platzbedarf

Roboter



Durchsatz < 2k pph
geringer Platzbedarf

- Vereinzelung nach Pulkumschlag notwendig
- Vereinzelung manuell und vollautomatisch möglich
 - vollautomatische Vereinzelungssysteme für Durchsätze bis 10.000 pph am Markt verfügbar (z. B. Siemens Visicon)
 - Bedeutung von robotisierter Vereinzelung steigt mit sinkendem Platzangebot, aber – Stand heute – nicht mehr als ~ 2.000 pph Vereinzelungsleistung pro Roboter möglich

Robotisierte Vereinzelung

Marktanalyse / Morphologie

in Anlehnung an [VDI 2740 Blatt 1] ⁽¹⁷⁾



Robotisierte Vereinzelung

Marktanalyse / Morphologie

Herausforderungen beim Greifen von MFS



- hohe Flexibilität fur Varianz in Groe, Form, Last und Verpackungsart
- beschadigungsfreie, sensible Handhabung
- Prozess:
 - hohe Greifgeschwindigkeit
 - geringes Greifergewicht
 - kleiner Bauraum

Robotisierte Vereinzelung

Marktanalyse / Morphologie



Technische
Bewertung

Vakuum-Sauggreifer ⁽¹⁾



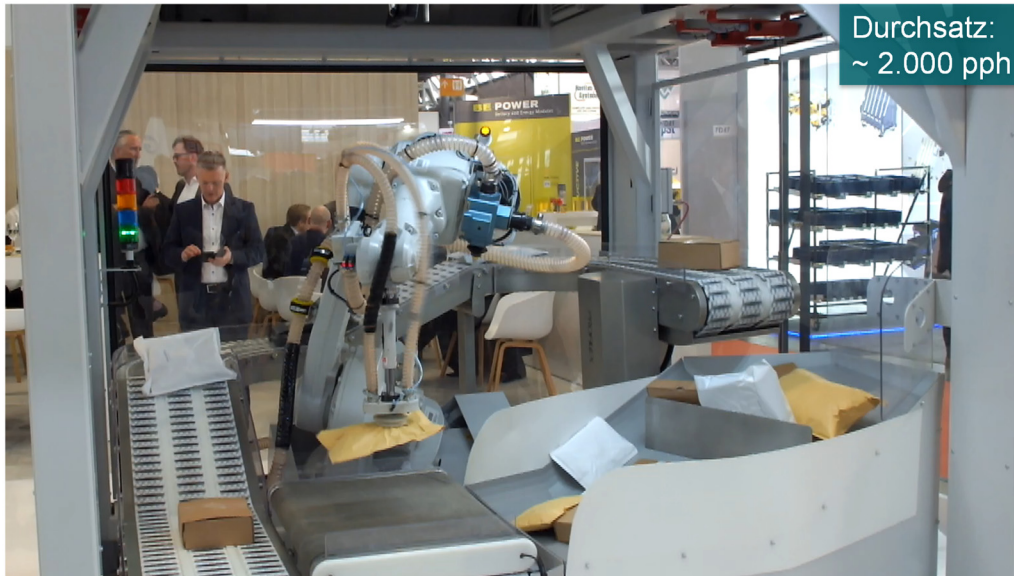
Robotisierte Vereinzelung

Vorteile des Systems

- Robotersystem
 - Erhöhung des Automatisierungsgrades
 - kleine Nutzfläche
- Vakuum-Sauggreifer
 - gute Objektzugänglichkeit
 - hohe Greifgeschwindigkeit
 - geringes Eigengewicht des Greifers
(höhere Nutzlast der Sendung möglich)
 - Unabhängigkeit von Sendungsgröße und -form



Robotisierte Vereinzlung



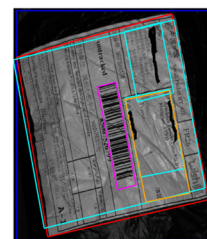
[ABB @ LogiMAT 2019]

Identifizierung



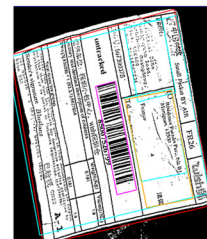
Herausforderungen

- Labeldesign variiert in Abhängigkeit vom Herkunftsland
- Wechsel Versender → kurzfristiger Wechsel Labeldesign
- Pulkumschlag → Knittern → erschwerte Lesbarkeit
- 3-4 % Fehlerrate beim „Facen“ (Unterscheidung Adress- & Zolllabel)

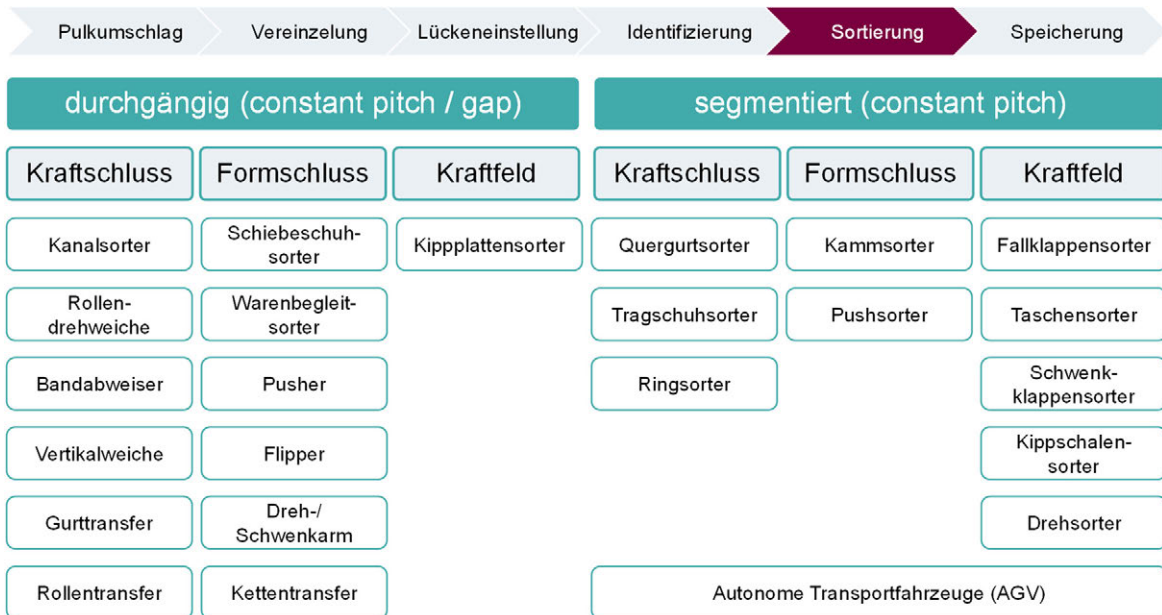


Einsatz der Siemens Logistics GmbH Erkennungssoftware *ARTread*

- Lesen von Barcode und Adresse
- Label Learning → UI zum Erlernen neuer Labeldesigns
- Leseraten: 80 % Eingang (Straße) / 90 % Abgang (PLZ)
- „Parcel Handling Innovation of the Year“ 2015

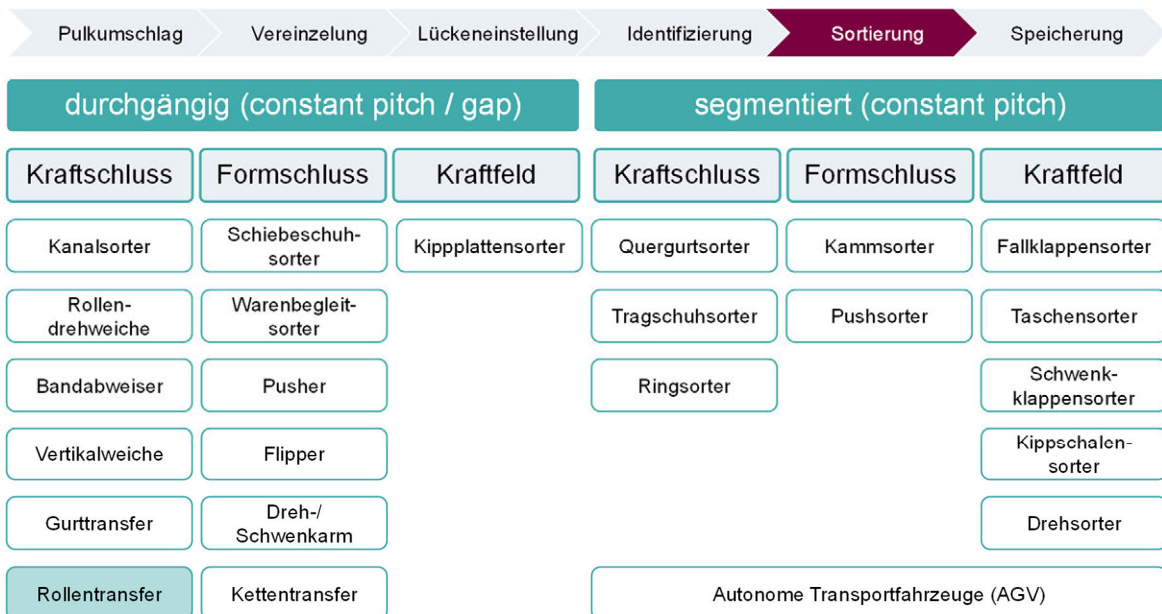


Sortierung



in Anlehnung an [Jodin, ten Hompel (2012): *Sortier- und Verteilsysteme*] ⁽¹²⁾

Sortierung



Sortierung



[Quelle: Solution Net Systems] ⁽¹⁶⁾

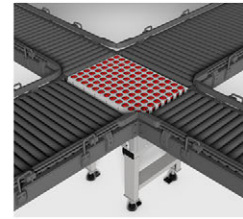
Sortierung per Rollentransfer



[Siemens – VarioRoute]



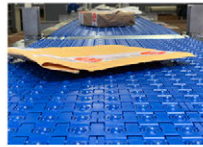
[Interroll – HPD]



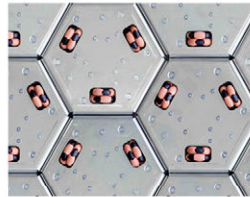
[Gebhardt – Röllchenweiche]



[VanRiet – IQ-Grid™]



[Solution Net Systems – Modular Sortation System]



[Celluveyor – Cellular Conveyor]

Besonderheiten für MFS-Sortierung:

- passive Fläche (Größe abh. vom Produkt)
- Auflagefläche / Stützpunkte abh. von Rollenanzahl

Rollentransfer



[ACG Conveyors – RM 8140 Omni Wheel Table]



[Intralox – Activated Roller Belt™]

Logistikwerkstatt Graz
22. Mai 2019

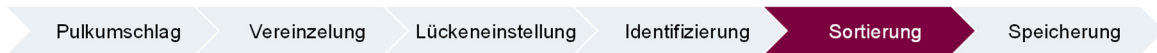
Folie 22

SIEMENS



- Eignung für:
 - v. a. biegesteife Packstücke (nicht jede heute verfügbare Rollenförderertechnik eignet sich für das Handling von MFS, einige gar nicht, andere nur nach Anpassung)
 - Geschwindigkeit: 0,1 bis 2,5 m/s (abhängig vom Produkt)
 - Durchsatz: 1.400 bis 12.000 pph (abhängig von Produkt und Geschwindigkeit)
- vielfältige Produktpalette an Rollenlösungen mit unterschiedlichen Lösungskonzepten
 - Varianz im Funktionsumfang: Flowsplit, Manipulation der Orientierung, ...
 - Beeinflussung des Geräuschpegels durch Anzahl und Lagerung der Rollen
 - aktive vs. passive Fläche
 - Durchbiegung der biegeschlaffen MFS zwischen den Stützpunkten bestimmt minimale Gutabmessungen
 - viele rotierende Teile → Einzugsgefahr von Foliensendungen
 - statischer (fest eingestellter Schwenkwinkel für seitliches oder mittiges Ausrichten von Sendungen) vs. dynamischer Schwenkwinkel (Beispiel Siemens VarioRoute $\pm 45^\circ$)
 - Komponentenverschleiß
 - Anzahl Antriebe
- Beispiel: Siemens VarioRoute
 - einheitlicher Schwenkwinkel pro Rollenreihe
 - Rollen individuell ansteuerbar
 - jede Rollenreihe einzeln austauschbar

Sortierung



durchgängig (constant pitch / gap)			segmentiert (constant pitch)		
Kraftschluss	Formschluss	Kraftfeld	Kraftschluss	Formschluss	Kraftfeld
Kanalsorter	Schiebeschuh-sorter	Kippplattensorter	Quergurtsorter	Kammsorter	Fallklappensorter
Rollen-drehweiche	Warenbegleit-sorter		Tragschuhsorter	Pushsorter	Taschensorter
Bandabweiser	Pusher		Ringsorter		Schwen-klappensorter
Vertikalweiche	Flipper				Kippschalen-sorter
Gurttransfer	Dreh-/Schwenkarm				Drehsorter
Rollentransfer	Kettentransfer		Autonome Transportfahrzeuge (AGV)		

Sortierung per Schiebeschuhsorter



[Honeywell Intelligated – IntelliSort® HDS]

Schiebeschuh-
sorter



[Honeywell Intelligated – IntelliSort® HS & MS]



[Daifuku – Surfing Sorter]



[Vanderlande – Posisorter]



[VanRiet – HC Sorter]



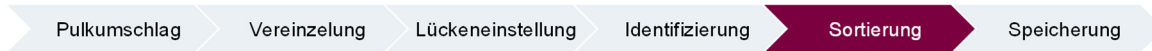
[GBI – Sliding Shoe Sorter]

Besonderheiten für MFS-Sortierung:

- formschlüssige Ausschleusung per Schiebeschuh vorteilhaft
- Verklemmungsgefahr von Foliensendungen

- Eignung für:
 - biegesteife und biegeschlafe Sendungen, sofern die Einzugsgefahr begrenzt ist
 - Geschwindigkeit: 1,0 bis 3,3 m/s (abhängig vom Produkt)
 - Durchsatz: 6.500 bis 15.000 pph (abhängig von Produkt und Geschwindigkeit)
- Sendungstransport mit konstanter Lücke möglich („constant gap“) → höherer Durchsatz bei MFS möglich
 - Beispiel: Daifuku Surfing Sorter, auch in der Ausführung „mini“ für Small Items verfügbar
 - häufig für stark variierende Gutlängen eingesetzt → Je stärker die Varianz des Sendungsspektrums, desto ineffizienter ist ein Sorter mit konstanter Carrier-Teilung („constant pitch“)
- Ausführung nur als Linearsorter durch Kettenantrieb (zwei parallel, vertikal umlaufende Ketten)
- viele kleine mitbewegte Schieber (Abweiselemente) bzw. Pusher (vgl. Pushsorter) auf zwangsgeführten Führungzapfen für abschiebende Ausschleusung
 - pneumatisch oder elektrisch angesteuerte Weiche an entsprechender Endstelle
 - kleine Güter können sich allerdings in den Spalten zwischen den Tragelementen (Profilen) verklemmen
- durch viele bewegte Teile (Kettenglieder, Weichenzungen), Schwingungen sowie Polygoneffekt im Kettentrieb ein hohes Geräuschniveau bei hohen Kettengeschwindigkeiten (über 2,5 m/s)

Sortierung



durchgängig (constant pitch / gap)			segmentiert (constant pitch)		
Kraftschluss	Formschluss	Kraftfeld	Kraftschluss	Formschluss	Kraftfeld
Kanalsorter	Schiebeschuh-sorter	Kippplattensorter	Quergurtsorter	Kammsorter	Fallklappensorter
Rollen-drehweiche	Warenbegleit-sorter		Tragschuhsorter	Pushsorter	Taschensorter
Bandabweiser	Pusher		Ringsorter		Schwenk-klappensorter
Vertikalweiche	Flipper				Kippschalen-sorter
Gurttransfer	Dreh-/Schwenkarm				Drehsorter
Rollentransfer	Kettentransfer		Autonome Transportfahrzeuge (AGV)		

Sortierung per Quergurtsorter



[Beumer Group – BG Line Sorter]



[Siemens – VarioSort]

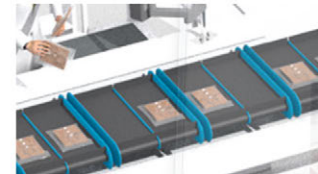
Quergurtsorter



[Bastian Solutions – Cross Belt Slat Sorter]

Besonderheiten für MFS-Sortierung:

- ebener Quergurt nachteilig für lageinstabile Sendungen
- kraftschlüssige Ausschleusung
→ abh. von Reibpaarung
(vielfältiges Verpackungsmaterial)



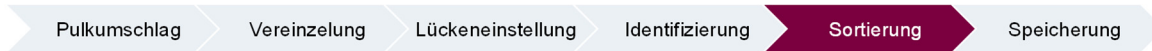
[Equinox MHE – Belt Sorter LR]



[EuroSort – Single Cross Tray Sorter]

- Eignung für:
 - biegesteife und biegeschlafe Sendungen
 - Geschwindigkeit: 1,2 bis 3,0 m/s (abhängig vom Produkt)
 - Durchsatz: 1.500 bis 26.000 pph (abhängig von Geschwindigkeit und Teilung)
- orthogonal zur Hauptförderrichtung angeordnete Gurtbandförderer
 - Quergurte sind Tragmittel und Ausschleusaktorik
- Ausführung: Loop- und Linearsorter möglich
 - kompakt und modularisiert vs. komplexe Linienführung
- konstante Carrier-Teilung („constant pitch“)
 - Durchsatz wird bestimmt durch Carrier-Teilung und -Geschwindigkeit (mehrere Bänder pro Carrier möglich)
 - eingeschränkter Durchsatz bei stark schwankendem Gutspektrum
- Fördergut führt während der Ausschleusung keine Relativbewegung gegenüber der Auflagefläche (Gurt) aus (Idealzustand ohne Schlupf)
 - für Güter mit haftendem Untergrund und Folien geeignet
 - definierte Auflage, unabhängig von Sendungsdurchbiegung
 - Gurt hält die MFS kraftschlüssig (Reibung) → Einschränkung beim Abwurf (klassischer Quergurtsorter): Beschleunigung muss so niedrig sein, dass Schlupf verhindert werden kann
 - Vorteile des kraft- und formschlüssigen Ausschleusens kombinierbar (siehe EuroSort + Equinox MHE)
- Flexibilität in Endstellengestaltung durch höhengleiche Übergabe, da Rutschen für Ausschleusprozess nicht erforderlich
 - schonende Produktbehandlung möglich
 - hohe Zielstellendichte, da präzise 90°-Ausschleusung

Sortierung



durchgängig (constant pitch / gap)			segmentiert (constant pitch)		
Kraftschluss	Formschluss	Kraftfeld	Kraftschluss	Formschluss	Kraftfeld
Kanalsorter	Schiebeschuh-sorter	Kippplattensorter	Quergurtsorter	Kammsorter	Fallklappensorter
Rollen-drehweiche	Warenbegleit-sorter		Tragschuhsorter	Pushsorter	Taschensorter
Bandabweiser	Pusher		Ringsorter		Schwen-klappensorter
Vertikalweiche	Flipper				Kippschalen-sorter
Gurttransfer	Dreh-/Schwenkarm				Drehsorter
Rollentransfer	Kettentransfer		Autonome Transportfahrzeuge (AGV)		

Sortierung per Fallklappensorter



[Dürkopp – Split Tray]

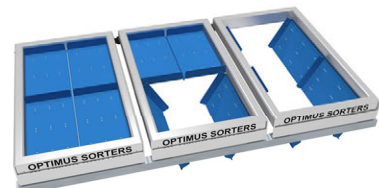


[EuroSort – Split Tray Sorter]



[Vanderlande – Traysorter]

Fallklappensorter



[Optimus Sorter – FlatSorter]



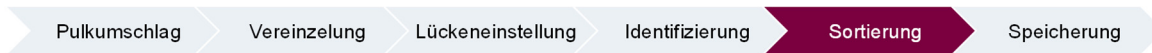
[Equinox MHE – Split Tray Sorter]

Besonderheiten für MFS-Sortierung:

- formunabhängiger Sendungstransport
- zuverlässige Schwerkraftentleerung aber eingeschränkte Geschwindigkeit

- Eignung für:
 - biegesteife und biegeschlafe Sendungen
 - Geschwindigkeit: ca. 1 m/s (unabhängig vom Produkt)
 - Durchsatz: 7.200 bis 15.000 pph (abhängig von Geschwindigkeit, Teilung, Klappenanzahl)
- Zuverlässiges Ausschleusen durch Schwerkraftnutzung (Klappenentriegelung)
 - kein Übergangsbereich notwendig, Gut gelangt durch freien Fall direkt in den Sammelbereich, teilweise jedoch Verwendung von Leitelementen als Führungshilfe
 - geringer Platzbedarf für Endstellen
- konstante Carrier-Teilung („constant pitch“)
 - Durchsatz wird bestimmt durch Carrier-Teilung und -Geschwindigkeit (mehrere Klappen pro Carrier möglich)
 - eingeschränkter Durchsatz bei stark schwankenden Gutspektrum
- Ausführung vorrangig Loop-Sorter
- Carrier geeignet für alle Sendungsformen (z. B. Ball, Rollen)
- bzgl. Sendungsbeschädigung die Fallhöhe bis zum nächsten Auftreffpunkt begrenzen
- max. ~ 5 kg, stoßunempfindliche Waren

Sortierung



durchgängig (constant pitch / gap)			segmentiert (constant pitch)		
Kraftschluss	Formschluss	Krauffeld	Kraftschluss	Formschluss	Krauffeld
Kanalsorter	Schiebeschuh-sorter	Kippplattensorter	Quergurtsorter	Kammsorter	Fallklappensorter
Rollen-drehweiche	Warenbegleit-sorter		Tragschuhsorter	Pushsorter	Taschensorter
Bandabweiser	Pusher		Ringsorter		Schwenk-klappensorter
Vertikalweiche	Flipper				Kippschalen-sorter
Gurttransfer	Dreh-/Schwenkarm				Drehsorter
Rollentransfer	Kettentransfer		Autonome Transportfahrzeuge (AGV)		

Sortierung per Taschensorter



[TGW – OmniPick]

Besonderheiten für MFS-Sortierung:

- formunabhängiger Sendungstransport und keine Gefahr für das Abheben leichter Sendungen bei hoher Transportgeschwindigkeit durch geschlossene Tasche
- Transport und Lagerung der Sendung mit Sendungsdicke in Förderrichtung möglich (Speicherplatz ↓)
- große Sortiertiefe möglich



[SSI Schäfer – SSI Carrier]

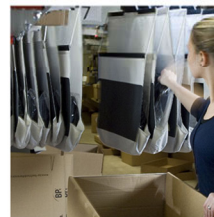
Taschensorter



[SDI – JOEY Pouch Sorter]



[Ferag – Skyfall]



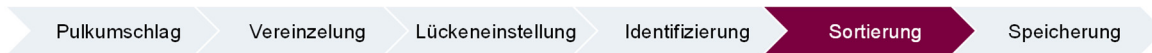
[Dürkopp – Sorter Tasche]



[psb – Taschensorter]

- Eignung für:
 - biegesteife und biegeschlafe Sendungen
 - Geschwindigkeit: ca. 0,75 m/s (abhängig vom Produkt)
 - Durchsatz: 10.000 pph → operative Leistung pro Förderstrang 7.500 pph
- Taschen mit Aufnahmeeinheit an umlaufendem Zugmittel (z. B. Kette) ankoppelbar („Power-and-Free“)
- Identifikation per RFID-Chip oder Barcode
- in der Regel prozessbedingt nur ein Artikel pro Tasche transportierbar
- modularer Systemaufbau
- hohe Skalierbarkeit durch Hinzufügen/Reduktion von Taschen
- Taschensorter oft direkt unter der Decke installiert, sodass wertvolle Bodenflächen nicht beansprucht werden
→ effiziente Flächennutzung durch vertikale Anordnung und gute Staufähigkeit der Taschen
- Sequenzierung per Matrix-Sortierung
- zuverlässige Sendungsaufnahme, schonender Guttransport
- automatische Schwerkraftentleerung vs. manuelle Entladung → Ziel: zero touch bzw. one touch
- für viele Sendungsformen geeignet, v. a. für flache Güter
- maximale Sendungsmasse 2,5 bis 3 kg
 - Schwenken der Taschen in Kurven
 - zu viel Druck im Stauprozess
 - Artikel schief in Tasche, sodass Tasche schief hängt
 - zu geringe Beschleunigungen der Tasche

Sortierung



durchgängig (constant pitch / gap)			segmentiert (constant pitch)		
Kraftschluss	Formschluss	Kraftfeld	Kraftschluss	Formschluss	Kraftfeld
Kanalsorter	Schiebeschuh-sorter	Kippplattensorter	Quergurtsorter	Kammsorter	Fallklappensorter
Rollen-drehweiche	Warenbegleit-sorter		Tragschuhsorter	Pushsorter	Taschensorter
Bandabweiser	Pusher		Ringsorter		Schwen-klappensorter
Vertikalweiche	Flipper				Kippschalen-sorter
Gurttransfer	Dreh-/Schwenkarm				Drehsorter
Rollentransfer	Kettentransfer		Autonome Transportfahrzeuge (AGV)		

Sortierung per Kippschalensorter

Besonderheiten für MFS-Sortierung:

- Ausschleusung durch Überwindung der Haftreibung → abh. von Reibpaarung (vielfältiges Verpackungsmaterial)
- Einschränkung der Transportgeschwindigkeit durch Gefahr des Abhebens von leichten Sendungen



[Beumer Group – Tilt-Tray-Sortieranlage]



[Fives – E-sorter]



[Sitma – Easy Sort 2.0]



[Equinox MHE – Slide Tray Sorter LR]

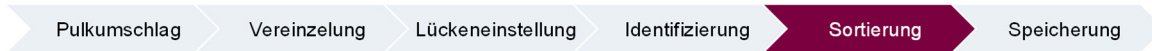


[Ferag – denisort]

Kippschalensorter

- Eignung für:
 - biegesteife und biegeschlafe Sendungen
 - Geschwindigkeit: 1,0 bis 3,5 m/s (Loop-Sorter) / 1,6 m/s (Linear-Sorter) (abhängig vom Produkt)
 - Durchsatz: 6.000 bis 24.000 pph (Loop-Sorter) / 4.800 bis 7.200 pph (Linear-Sorter) (abhängig von Geschwindigkeit und Teilung der Schalen)
- Linear- oder Loopausführung möglich
- Entladung durch schiefe Ebene
 - Kippbewegung durch mechanischen oder elektrischen Antrieb
 - seitliches Abkippen des Guts in Richtung Endstelle auf ähnlich geneigten Übergang
- Güter müssen über Schale abgleiten → Einschränkungen bei Gütern ...
 - ... mit hohem Schwerpunkt
 - ... mit haftenden Oberflächen
 - ... mit geringer Masse und Höhe („Flutterpost“)

Sortierung



durchgängig (constant pitch / gap)			segmentiert (constant pitch)		
Kraftschluss	Formschluss	Kraftfeld	Kraftschluss	Formschluss	Kraftfeld
Kanalsorter	Schiebeschuh-sorter	Kippplattensorter	Quergurtsorter	Kammsorter	Fallklappensorter
Rollen-drehweiche	Warenbegleit-sorter		Tragschuhsorter	Pushsorter	Taschensorter
Bandabweiser	Pusher		Ringsorter		Schwenk-klappensorter
Vertikalweiche	Flipper				Kippschalen-sorter
Gurttransfer	Dreh-/Schwenkarm				Drehsorter
Rollentransfer	Kettentransfer		Autonome Transportfahrzeuge (AGV)		

Sortierung per AGV



[A.I.C Systems – Intelligent Sorting Robot]

Besonderheiten für MFS-Sortierung:

- gleiche Lastaufnahmemittel wie bei herkömmlicher Sortiertechnik
- vorteilhaft hinsichtlich Durchsatz- und Layout-Flexibilität
- AGV-Verkehrsplanung notwendig



[Solystic – Soly™]



[Grey Orange – Flexo]



[Geekplus – Geek sorting robot]



[Tompkins Robotics – t-Sort]

Autonome Transportfahrzeuge (AGV)

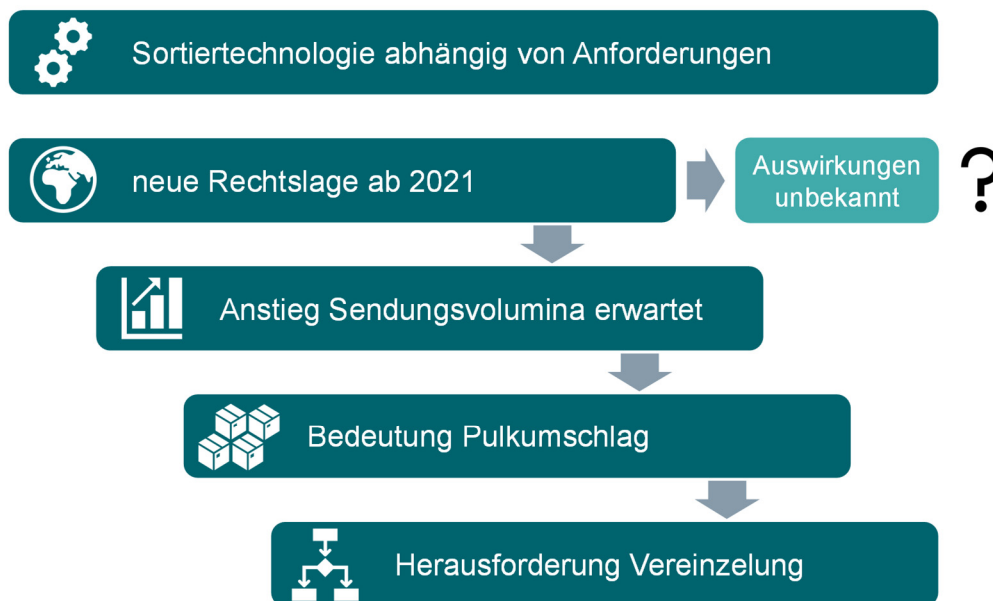
- Eignung
 - biegesteife und biegeschlafe Sendungen, da AGV mit jedem LAM-Typ (z. B. Gurtförderer, Kippschale) ausgestattet sein kann
 - Geschwindigkeit: 1,5 bis 3 m/s (abhängig vom Produkt)
 - Durchsatz: max. 20.000 pph (abhängig von AGV-Anzahl, -Steuerung, -Parameter)
 - Durchsatz: stark abhängig von AGV-Anzahl und -Parametern
 - Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF, eng. AGV: Automated Guided Vehicle, Mobile Robots) → Fahrerloses Transportsystem (FTS)
 - allgemeine Definition: automatisch gesteuert, berührungslos geführt, bewegen sich ohne direktes menschliches Einwirken je nach Führungsprinzip entlang physischer oder virtueller Leitlinien
 - Ausnahme Spurführung: schienengeführte Fahrzeuge, Sonderform: Gitterbasierte Materialflusssysteme (z. B. AutoStore)
 - Flexibilität des Gesamtsystems
 - variable Streckenführung
- Skalierbarkeit (hinsichtlich AGV-Anzahl und Sortierfläche)

Sortierung



[Quelle: Youtube] ⁽¹¹⁾

Zusammenfassung und Ausblick



“Impossible means that you haven't found a solution yet.”

(Henry Ford)



Siemens VarioSort Twin

Kontakt: domenik.primis@siemens-logistics.com



Literaturverzeichnis

- (1) *Bartenschlager J, Hebel H, Schmidt G (1998)*. Handhabungstechnik mit Robotertechnik. Springer-Verlag.
- (2) *Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz*. Post-Universaldienstleistungsverordnung (PUDLV). Verfügbar als PDF-Dokument unter: <http://www.gesetze-im-internet.de/pudlv/PUDLV.pdf> (Datum des Zugriffs: 22.03.2019)
- (3) *Crew M, Parcu P, Brennan T (2017)*. The Changing Postal and Delivery Sector. Springer-Verlag.
- (4) *Der Bund*. Päckli-Rekord für die Post. Verfügbar unter: <https://www.derbund.ch/sonntagszeitung/paecklirekord-fuer-die-post/story/19522793> (Datum des Zugriffs: 12.03.2019)
- (5) *Deutsche Post AG*. Allgemeine Geschäftsbedingungen der Deutschen Post AG. Brief International (AGB Brief International). Verfügbar als PDF-Dokument unter: https://www.deutschepost.de/content/dam/dpag/images/B_b/Briefe_ins_Ausland/downloads/dp-brief-international-agb-012019.pdf (Datum des Zugriffs: 22.03.2019)
- (6) *Deutsche Post DHL Group*. Post aus China sorgt für eCommerce-Plus. Verfügbar unter: <https://www.dpdhl.com/de/presse/medienservice-regional/2018/09/post-aus-china-sorgt-fuer-ecommerce-plus.html> (Datum des Zugriffs: 12.03.2019)
- (7) *Europäische Gemeinschaften*. Richtlinie 97/67/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Dezember 1997 über gemeinsame Vorschriften für die Entwicklung des Binnenmarktes der Postdienste der

- Gemeinschaft und die Verbesserung der Dienstqualität. Verfügbar unter:
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1997/67/oj> (Datum des Zugriffs: 22.03.2019)
- (8) *Europäische Kommission* (2015). Assessment of the application and impact of the VAT exemption for importation of small consignments. Verfügbar als PDF-Dokument unter:
https://ec.europa.eu/taxation_customs/sites/taxation/files/docs/body/lvcr-study.pdf (Datum des Zugriffs: 22.03.2019)
- (9) *Fritz M, Wolfschluckner A, Jodin D* (2013). Simulation von Paketen im Pulk. *Logistics Journal*, Vol. 2013.
- (10) *ten Hompel M, Schmidt T, Dregger J* (2018). *Materialflusssysteme*. 4. Auflage. Springer-Verlag.
- (11) *I Love Robotics*. Alibaba Warehouse is run almost entirely by Robots. Youtube. 05.11.2018. Verfügbar unter:
<https://www.youtube.com/watch?v=ShMJoRYDgPM> (Datum des Zugriffs: 11.04.2019)
- (12) *Jodin D, ten Hompel M* (2012). *Sortier- und Verteilsysteme*. 2., neu bearbeitete Auflage. Springer-Verlag.
- (13) *Parcu P, Brennan T, Parcu P* (2018): *The Contribution of the Postal and Delivery Sector*. Springer-Verlag.
- (14) *Prims D, Katterfeld A* (2017). Anwendung der Diskrete Elemente Methode zur Senkung der Beschädigungsrate von Maschinen für den Umschlag von Paketen im Pulk. *Logistics Journal : Proceedings*, Vol. 2017.
- (15) *Schmidt T* (2019). *Innerbetriebliche Logistik*. Springer-Verlag.
- (16) *Solution Net Systems, Inc*. *Solution Net Systems Modular Scanning and Sortation Solution*. Youtube. 20.02.2019 Verfügbar unter:
<https://www.youtube.com/watch?v=YF70upV3ra0> (Datum des Zugriffs: 11.04.2019)
- (17) *VDI 2740 Blatt 1: Greifer für Handhabungsgeräte und Industrieroboter*. Ausgabe 04/1995. Berlin: Beuth





Vollautomatisches System zur Einzelstück-Kommissionierung

Sasha Hroh

Sascha Hroh

- TGW Logistics Group GmbH
- Module Manager PickCenter Revolution
- Diverse Positionen in den Bereichen:
 - Produktentwicklung Robotik
 - Projektmanagement
 - Modulmanagement

Vollautomatisches System zur Einzelstück-Kommissionierung

Sascha Hroh

Module Manager PickCenter Revolution

TGW Logistics Group GmbH

4614 Marchtrenk, Österreich

www.tgw-group.com

Sascha.hroh@tgw-group.com



Zur Person:

Seit 2006 bei TGW Robotics GmbH

Diverse Positionen in den Bereichen:

-Produktentwicklung Robotik

-Projektmanagement

-Modulmanagement

TGW – Living Logistics



- Führender globaler Systemintegrator von Intralogistik-Lösungen
- Hochautomatisierte Anlagen für internationale Kunden
- Planung, Produktion, Realisierung komplexer Logistikzentren
- Mechatronik, Robotik, Steuerung und Software
- Weltweit über 3.300 Mitarbeiter



Die TGW Logistics Group ist ein international führender Anbieter von Intralogistik-Lösungen. Seit 50 Jahren realisiert der österreichische Spezialist hochautomatisierte Anlagen für seine internationalen Kunden: von A wie Adidas bis Z wie Zalando. Als Systemintegrator übernimmt TGW dabei Planung, Produktion und Realisierung von komplexen Logistikzentren – von Mechatronik über Robotik bis hin zu Steuerung und Software. TGW hat Niederlassungen in Europa, China und den USA und beschäftigt weltweit mehr als 3.300 Mitarbeiter. Im Wirtschaftsjahr 2017/2018 erzielte das Unternehmen einen Gesamtumsatz von 713 Millionen Euro.

Herausforderungen für Intralogistik



- Veränderung der Intralogistik in Richtung E-Commerce
- Verschärfte Vorschriften zur Arbeitsplatz-Ergonomie
- Demografischer Wandel sorgt für Mangel an Arbeitskräften



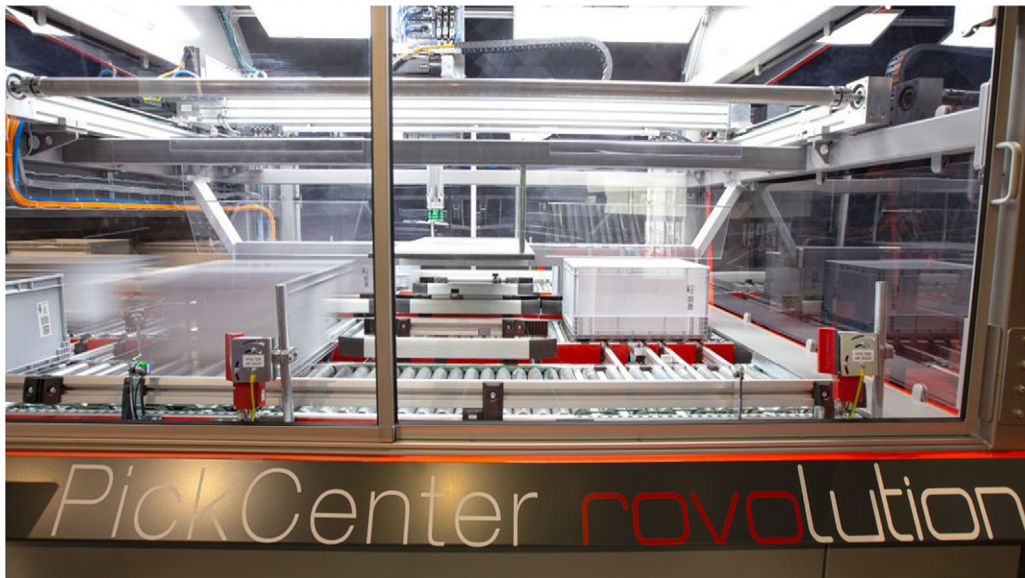
Herausforderungen für Intralogistik:

- Veränderung der Intralogistik in Richtung E-Commerce
- Verschärfte Vorschriften zur Arbeitsplatz-Ergonomie
- Demografischer Wandel sorgt für Mangel an Arbeitskräften

Die Automatisierung von Abläufen gewinnt in diesem Kontext kontinuierlich an Bedeutung.

Gerade der wachsende E-Commerce und die Verknüpfung von Vertriebskanälen (Filialen, Online, Großhandel) bringen spezielle Herausforderungen mit sich. Kunden bestellen oft nur einen einzigen Artikel, man spricht dann von so genannten „Single Orders“. Während Industrieroboter im Automotive-Bereich bereits länger state-of-the-art sind, wurden sie in der Intralogistik bislang hauptsächlich für Full Case Handling eingesetzt, also das Zusammenstellen von artikelreinen Paletten. Die dafür verwendeten Roboter müssen lediglich mit einem exakt definierten Verpackungstypus bzw. stereotypen Abläufen zurechtkommen; Flexibilität und intelligente Prozesse spielen eine untergeordnete Rolle.

Technologischer Fortschritt



Mit Revolution hat TGW ein revolutionäres System zur Einzelstück-Kommissionierung per Roboter entwickelt. Die Innovation hat Spezialisten aus der Intralogistik-Branche begeistert – mit ihrer Performance, ihrer Flexibilität und ihrer technologischen Einzigartigkeit wurde Revolution mit dem Austrian Robotics Award 2018 in der Kategorie „Unternehmen“ ausgezeichnet.

Revolution basiert auf Erkenntnissen aus den Bereichen Machine Learning und Cognitive Robotics. Die Verknüpfung der Technologien bildet die Basis für die Intelligenz und die Selbstlernfähigkeit. Zudem spielen auch innovative Prozesse der Bilderkennung eine entscheidende Rolle.

Forschung und Entwicklung



- Gesamte Entwicklung durch TGW-Spezialisten
- Vernetzung mit Universitäten und Forschungseinrichtungen
- Finanzierung aus laufenden Forschungsbudget
- Fünf Patente sichern Kerntechnologie



Rovolution wurde zur Gänze von einem TGW-internen Team entwickelt. Die Entwicklung startete im Mai 2016 mit einem ersten Konzept, im Anschluss wurde die Innovation Schritt für Schritt zur Marktreife gebracht. In dieser Phase gab es eine intensive Vernetzung mit österreichischen und deutschen Universitäten sowie Forschungseinrichtungen. Die Erkenntnisse flossen laufend in den Prozess ein.

Nach tausenden Stunden in verschiedenen Testaufbauten wurde Rovolution auf der Fachmesse LogiMAT im März 2018 in Stuttgart zum ersten Mal der Öffentlichkeit präsentiert.

Im April 2018 konnte die erste Testanlage bei einem österreichischen TGW-Kunden installiert werden. Die rund zweijährige Entwicklung hat TGW aus seinem laufenden Forschungsbudget finanziert, und keine Förderungen in Anspruch genommen. Für Rovolution und die dahinterstehende Technologie hat die TGW Logistics Group GmbH Patente angemeldet, die die Kerntechnologien abdecken.

Integriert wird die Innovation von den Automatisierungsspezialisten der TGW Robotics aus Stephanskirchen, Bayern.

Alleinstellungsmerkmale



- Hohe Verfügbarkeit durch autonome Reaktionen
- Enorme Flexibilität und Artikelvielfalt
- Maximale Effizienz durch parallelisierte Abläufe
- Digitalisierung, Industrie 4.0 und Automatisierung



Hohe Verfügbarkeit durch autonome Reaktionen:

Unvorhergesehene Ereignisse – zum Beispiel ein Artikel fällt beim Greifvorgang herunter, realisiert Revolution selbstständig und korrigiert diese Situation autonom. Greift der Roboter zwei statt einem Artikel, berücksichtigt er das und orientiert seine Folgeprozesse daran. Zudem sammelt er mit jedem Greifvorgang Erfahrung und lernt dazu. Diese Selbstlern-Fähigkeit ist ein zentrales Alleinstellungsmerkmal und sorgt für unterbrechungsfreies Arbeiten rund um die Uhr.

Enorme Flexibilität und Artikelvielfalt:

Revolution kommt mit einer riesigen Vielfalt an Artikeltypen und Verpackungen zurecht, die weit über die üblichen quaderförmigen Schachteln hinausgeht. Selbst biegeschlaffe Objekte wie folierte Textilartikel sind möglich. Zudem ist dazu im Wareneingang keinerlei aufwändige manuelle Vermessung der Artikel nötig. Möglich ist das durch eine neuartige Kombination von Learning-basierter und Modell-basierter Software: bei einem neuen Artikel entscheidet Revolution basierend auf einem vortrainierten künstlichen neuronalen Netzwerk, zu welcher Artikelkategorie dieser gehört. Abhängig davon wählt Revolution die Kommissionierstrategie. So entscheidet Revolution zum Beispiel selbstständig, harte Artikel sanft im Zielladungsträger abzulegen, während weiche Artikel zykluszeitoptimiert über dem Ziel abgeworfen werden.

Maximale Effizienz durch parallelisierte Abläufe:

Der mechatronische Aufbau von Revolution als 5-Achs-Linearroboter ist nicht nur von der Fahrbewegung her einem herkömmlichen Knickarmroboter überlegen (Reichweite, Singularitäten), Revolution ist auch explizit auf maximale Effizienz ausgelegt. Die Kamerasysteme sind so angebracht, dass sie immer, wenn der Roboter

auf der Quellseite arbeitet, freie Sicht aufs Ziel haben und umgekehrt. Dadurch läuft die Bildverarbeitungszeit vollständig im Schatten der Roboterbewegung auf der jeweils anderen Seite. Durch die Anordnung mit je zwei Quellen und Zielen im Zugriffsbereich des Roboters laufen sogar die Behälterwechsel parallel zu den Kommissioniervorgängen.

Digitalisierung:

Revolution ermöglicht zudem einen Brückenschlag zum Thema Digitalisierung. Industrie 4.0, Digitalisierung und Automatisierung rücken bei TGW generell verstärkt in den Fokus – unter anderem mit der Gründung eines agilen Digital Start-Ups.

Unsere gemeinsamen Werte



- Wir sind ergebnisorientiert
- Wir denken und handeln proaktiv
- Wir sind aufgeschlossen
- Wir handeln verantwortungsvoll



Was IT schon heute (in der Logistik) besser macht

Markus Klug

Markus Klug

- SSI Schäfer IT Solutions GmbH
- Data Science & Simulation



Guten Nachmittag, meine Damen und Herren,
die Logistik steht enormen Änderungen gegenüber. B2C hat mit e- und mobile Commerce bis dato ungekannte Absatzkanäle erschlossen. Im B2B Bereich werden mit der vernetzten Produktion aus dem Industrie 4.0 Paradigma neue Anforderungen an die Lagerhaltung gestellt.

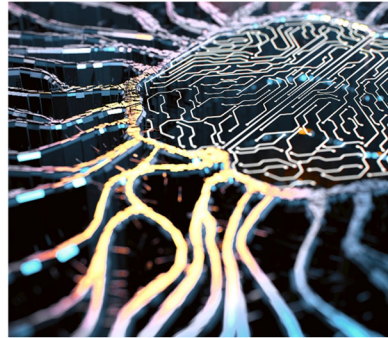
Die vermeintlichen Widersprüche Qualität, Kostenseitige Wettbewerbsfähigkeit und höherer Servicestandard müssen zu einem Überdenken der Intralogistik führen.

Im Zuge dieser Veranstaltung gibt es eine Abhandlung unter dem Titel „making complexity simple“. Mit diesem Beitrag soll vielleicht eine andere Perspektive auch motiviert werden: „Keeping current complexity under control“.

Wie stellt sich SSI den modernen Herausforderungen?

AGENDA

1. Kasparov vs. DeepBlue
2. Aktuelle Herausforderungen in der Supply Chain
3. Handlungsfelder der Zukunft

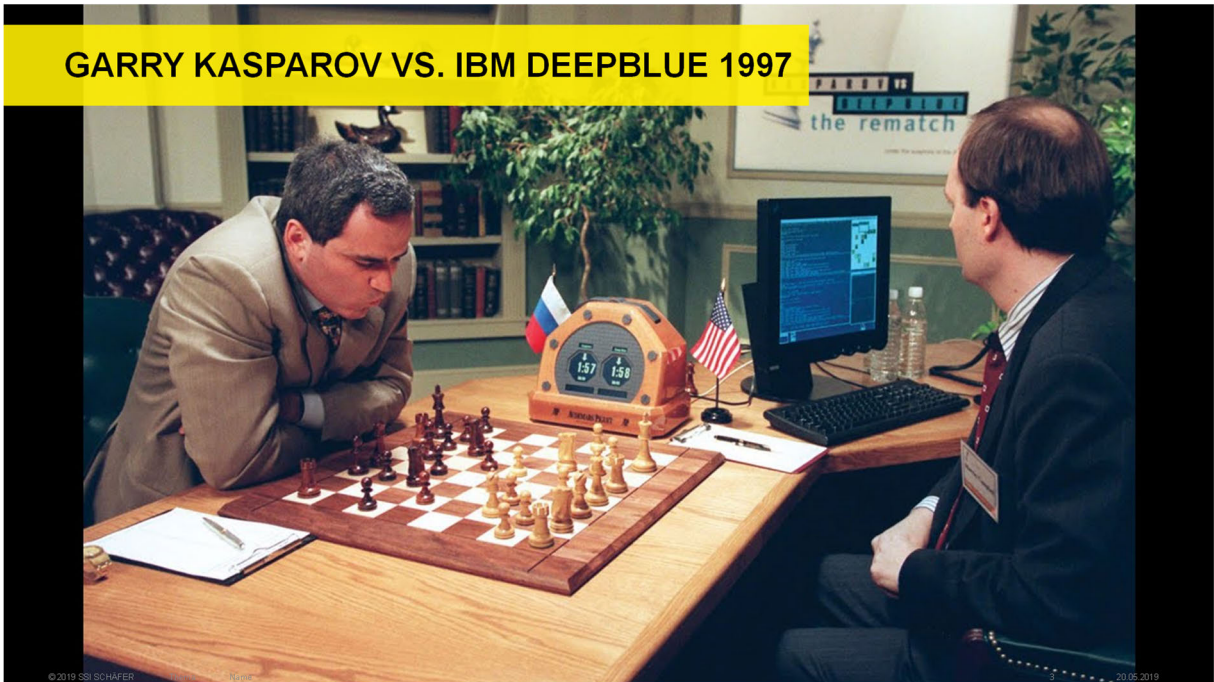


© 2019 SSI SCHÄFER Was IT schon heute (in der Logistik) besser macht Markus KLUG

In diesem Vortrag soll auf drei Aspekte eingegangen werden:

1. Was können wir von der ersten Welle der Künstlichen Intelligenz lernen, am Beispiel als Maschinen begannen, besser sich in algorithmierbare Umgebungen zurecht zu finden, als der Mensch.
Schon das Schachspiel ist mit seinen vielfältigen Möglichkeiten, gleichzeitig aber ein vollständiges Bild der IST-Situation gebend, bietet eine ausgezeichnete Testumgebung für lernende Systeme. Die Logistik steht dieser Komplexität um nichts nach.
2. Danach soll in diesem Beitrag noch einmal kurz auf die aktuellen Herausforderungen eingegangen werden. Wie verändern sich die Umweltbedingungen rund um die Intralogistik?
3. Abschließend wird ein kleiner Einblick in die Möglichkeiten und Chancen gegeben. Daten als das neue Öl ermöglichen sozusagen neue Antriebsformen für die Intralogistik. Daten können eben diese Logistikkentscheidungen dynamisieren, flexibilisieren, effizienzseitig verbessern und auch die Lagerresilienz gegenüber Veränderungen gleichzeitig steigern.

GARRY KASPAROV VS. IBM DEEPBLUE 1997



Ein Blick zurück: 1997 fand das Rematch von Garry Kasparov gegen Deep Blue statt: Deep Blue wurde gegenüber der ersten Version 1996 hinsichtlich der Rechenleistung um (fast) das doppelte gesteigert. Eine im Vergleich zum heutigen Potential eher noch einfachere KI hatte alles Wissen über die bisherigen Schachspiele des damals besten Schachspielers der Welt im Speicher. Wir sprechen da über eine Funktionalität die im Jahr 2019 jedes themeneinschlägige Handy-App inzwischen bereitstellen kann.

Garry Kasparov hatte 1996 noch 4:2 gewonnen, mit drei Siegen und zwei Unentschieden. 1997 ging dieser Kampf mit 3,5 : 2,5 an die Maschine. Garry Kasparov verzichtete danach auf ein Rematch.

WARUM BEIDE GEGNER JEWEILS GEWINNEN KONNTEN

- Kasparov:

- Innovation: Spielen von Zügen und varianten, die bis dato in keinem (Lehr)Buch zu finden waren

- Deep Blue:

- Datenbank aller bisheriger Spiele
- Steigerung der Rechenleistung von 100 Millionen Stellungen pro Sekunde auf 200 Millionen Stellungen
- Brute Force Ansatz: Es wurden keine Möglichkeiten aufgrund einer „AI Erfahrung“ vorzeitig ausgesondert.

Was waren also die Gründe, warum einerseits Kasparow andererseits auch Deep Blue Spiele gewonnen hatte:

Auf Seite Kasparows war es die Innovationskraft: Kasparow hatte 1996 seiner Aussage zu Folge Züge und Varianten gespielt, die er noch nie zuvor gespielt hatte. Er begab sich also auf bis dato unbekanntes Terrain aus Sicht von Deep Blue und der Computer konnte aus der gesamten bekannten Historie aller bisherigen Spiele seines Gegners keine entsprechende Antwort auf diese neue unbekannte Aufgabe finden. 1997 wurde dies aber zu einem Nachteil: Kasparow spielte den Aussagen anderer Schachgroßmeister zu Folge unter seinem Niveau. Offenbar ist diese Innovationskraft nur beschränkt von Vorteil.

Der Computer hatte folgende Stärken:

1. Eine Datenbank aller bisheriger Partien. Dies stellte auch einen riesen Unterschied dar. Der Computer kannte den Gegner sozusagen „auswendig“, was umgekehrt definitiv nicht der Fall war.
2. Die mit 200 Mio. Stellungen pro Sekunde fast nicht mehr fassbare Möglichkeit alle Pfade der Halbordnung des Spiels von Zug und Gegenzug abzuschätzen

WUSSTEN SIE ABER, DASS...

... Deep Blue den Literaturinformationen zur Folge ein Spiel aufgrund eines Zufallszuges gewonnen hatte?

Im zweiten Spiel 1997 hatte der KI-gestützte Superrechner ein Entscheidungsdilemma. Die (an)gelernte Algorithmetik konnte keinen eindeutig besten Zug bestimmen. Um das Programm weiterlaufen zu lassen, wurde für diesen Fall aus den besten Optionen ein Zug per Zufall ausgewählt.

Dieser Zug war derart unerwartet und überraschend, dass Kasparov in Folge Deep Blue als menschenähnlicher Gegner ansah...

Anmerkung: Deep Blue's Programm wurde zwischen den insgesamt sechs Partien immer wieder verändert

... aber manchmal muss ein Computer-Bug dabei auch helfen.

Es muss nicht immer die optimalste Entscheidung sein. Jedoch eine auf Zufall basierende „Erweiterung“ des Handlungsspielraumes ist als unzuverlässig einzustufen.

VORTEILE IN BEIDEN WELTEN

• Mensch:

- Innovation
- Denken in Zusammenhängen
- Abstraktion
- Analogien

• Computer:

- (Inzwischen) fast unbeschränkte Speicherkapazität
- Schnelles Berechnen enorm vieler Möglichkeiten und Varianten im bekannten Suchraum
- Unvoreingenommenheit
- Ermüdungsfreiheit

© 2019 SSI SCHÄFER Was IT schon heute (in der Logistik) besser macht Markus KLUG

6 20.05.2019

Wenn dies nun – und damit soll eine Brücke zum eigentlichen Thema der Logistik gelegt werden – auf die heutigen Herausforderungen Bezug genommen wird, gibt es Stärken in beiden Welten:

1. Innovationskraft: Neue Logistikkonzepte entstehen nicht durch die IT. Sie werden durch Innovative Personen entwickelt, die auch Schwächen bestehender Konzepte beurteilen können. Dabei handelt es sich um Schwächen, die derzeit mittels sehr viel Management versucht wird, im Nachgang auszugleichen, das sogenannte Troubleshooting in der Logistik. Hier entsteht das erste Dilemma. Desto mehr man sich um die Symptome kümmert und weniger Zeit für die Ursachenforschung hat, desto weniger Innovativ ist man.
2. Das Denken in Zusammenhängen: Kasparow konnte Konsequenzen sehr gut einschätzen.
3. Die Möglichkeit der Abstraktion: Das menschliche Gehirn hat die Möglichkeit wichtiges von unwichtigem zu trennen. Es kann sich auf wesentliche Aspekte konzentrieren, während der Computer, speziell im Brute Force Modus sich allen Varianten stellt.
4. Der Mensch hat die Möglichkeit, analoge Muster festzustellen. Diese Bewertung, wo Analogien erkannt werden, richtet sich aber auch wieder nach der Erfahrung des Teilnehmers, und ermöglicht auch Analogien zurückzuweisen, wenn gewisse Aspekte eine Situation als einzigartig einstufen lassen.

Der Computer hatte folgende Stärken:

1. Unbeschränkte Rechenkapazität führt dazu, dass viel mehr Möglichkeiten, als der Mensch jemals berücksichtigen kann durchgerechnet werden. Damit werden auch Möglichkeiten sichtbar, die der Mensch aufgrund seiner Voreingenommenheit durch die „Erfahrung“ nicht berücksichtigt.
2. Die mit 200 Mio. Stellungen pro Sekunde fast nicht mehr fassbare Möglichkeit alle Pfade der Halbordnung von Zug und Gegenzug abzuschätzen
3. Die Möglichkeit unvoreingenommen von früheren Siegen und Niederlagen immer dieselben „optimalen“ Entscheidungen zu treffen und
4. Eine Ermüdungsfreiheit im Vergleich zur Konzentrationsfähigkeit des Menschen.

HEUTE

- Alphazero bringt sich in vier Stunden Schachspiel auf TOP-Niveau bei, gleiches gilt auch inzwischen für Go und andere
- Reinforcement Learning als Ansatz für Verbesserungen / Entscheidungen, wenn die exakte Lösung nicht (mehr) bekannt ist.



© 2019 SSI SCHÄFER

Was IT schon heute (in der Logistik) besser macht

Markus KLUG

7

20.05.2019

Seit 1997 hat die Forschung in diesem Sektor enorme Fortschritte gemacht: Diese algorithmischen Weiterentwicklungen gehen einher mit höherer Rechenleistung und enormen Datenmengen.

Damit ergibt sich für die moderne, netzwerkzentrierte Logistik die Frage, wie nun diese beiden Welten intelligent miteinander verbunden werden können.



Nach dieser Vorbereitung soll nun auf das eigentliche Thema eingegangen werden.

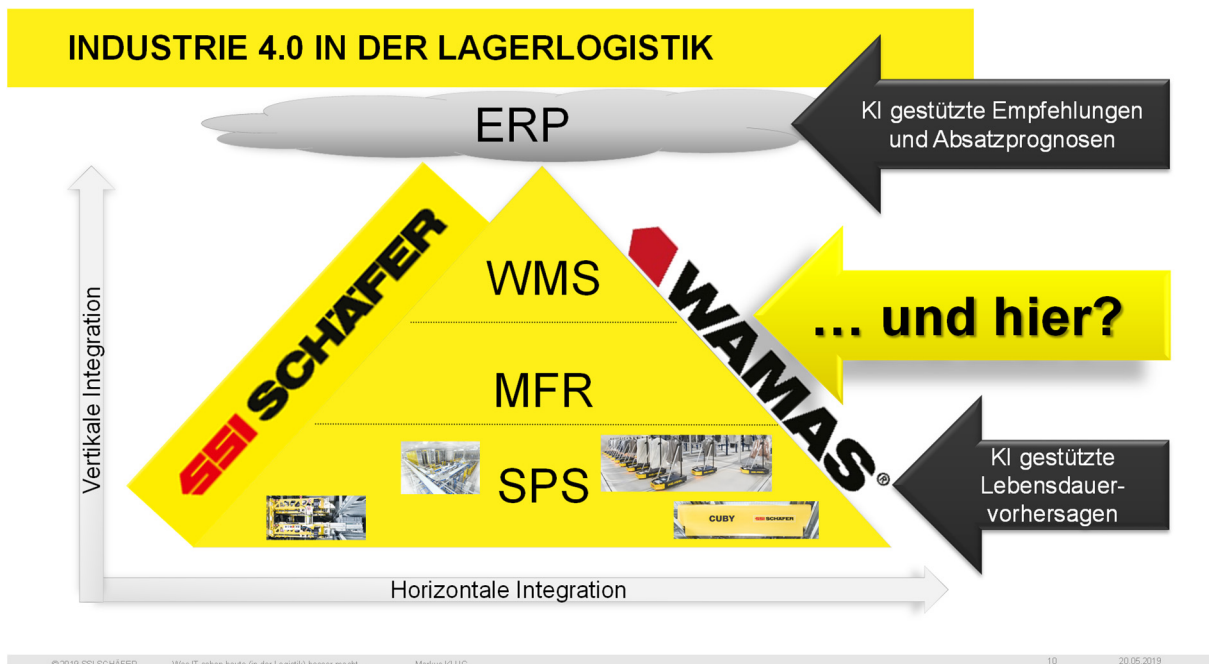
GESTIEGENE KUNDENANFORDERUNGEN

- Erhöhung von bzw. Zusatzforderungen an:
 - Leistung
 - Durchsatz
 - Verlässlichkeit
 - Ausbalanciertheit
 - Reihenfolgeanforderungen
 - Value Added Services im Rahmen des Kommissionierprozesses
 - Qualität
 - Volatilität des Business
 - Anpassbarkeit an Supply Chain Änderungen
- Reduktion von:
 - Reserven & Überkapazitäten
 - Stillständen
 - Personal
 - Bestand
 - Investitionskosten

© 2019 SSI SCHÄFER Was IT schon heute (in der Logistik) besser macht Markus KLUG

Heutige Kundenanforderungen sind vielfältig. Aufgrund der Digitalisierung wachsen die Ansprüche in der Supply Chain.

Auf der einen Seite müssen die Lager immer effizienter werden und zusammengefasst der TCO sich am Ende verringern. Ein Kunde, der eine Intralogistiklösung erwirbt, erwirbt (hoffentlich) damit einen Wettbewerbsvorteil gegenüber seinem Mitbewerb. Wie dieser Wettbewerbsvorteil genau aussieht, ist je nach Kunde, Branche, Positionierung u.v.m. unterschiedlich.



Intern, sind derzeit zwei enorme Innovationsströme zu beobachten:

- Die Hardwareebene, wo mittels Predictive Maintenance und smarterer Algorithmik Ausfälle tunlichst vermieden werden (aber auch manchmal False Positives erzeugt werden). In jedem Fall wird Murphy's Law mit dieser Entwicklung etwas reduziert.
- Auf Supply Chain Ebene gibt es eine Reihe von Firmen sehr erfolgreichen und genaueren KI-gestützten Bedarfs und Absatzprognosen. Diese sind Ergebnis einer Menge an Einflussfaktoren, welche über den reinen Logistikbetrieb hinausgehen (Wetter, Social Media, etc.). Jede Pareto-Analyse mutet dem gegenüber vorsintflutlich und steinzeitlich an.

Damit wird es unumgänglich, äquivalent auch auf Operations Ebene nicht nur zu reagieren, sondern proaktiv zu agieren. Der intelligente Austausch und das automatisierte, adaptive Lernen von den anderen Ebenen ist dabei Notwendigkeit für ein Lager der Zukunft.

DIE INTRALOGISTIK MUSS ADAPTIVER WERDEN ...

- WMS Ebene:
 - ... intelligentere Auftragsdisposition
 - ... mitlernende Lagerplatzsuche
 - ... Berücksichtigung von Reserven beim Lagerbetrieb zum Erhalt der Reaktionsfähigkeit bei Änderungen
- MFS Ebene:
 - ... Vorhersage und Vermeidung von Bottlenecks und Blockaden im Betrieb
 - ... optimales „Verhalten“ der Geräte im ganzheitlichen Kontext (performantes lösen vieler NP-schwerer Probleme)



© 2019 SSI SCHÄFER

Was IT schon heute (in der Logistik) besser macht

Markus KLUG

11

20.05.2019

Handlungsfelder gibt es etliche. Eine intelligentere Auftragsdisposition hält nicht nur Bereitstelltermine im Blick, sondern sorgt auch gleichzeitig für eine gleichmäßige Auslastung. Ein externes Beispiel lässt sich dazu auch unter <https://www.t-systems.com/de/best-practice/01-2019/fokus/top-story/interview-nico-piatkowski/dortmund-university-871468> finden.

Intelligente Lagerplatzsuchen, sind ebenfalls Konsequenz der Dynamisierung der Bedarfsprognosen.

All dem gegenüber steht, - mangels entsprechender Hardware – durch intelligente Softwarelösungen eine Reservenbildung zu ermöglichen, welche das Intralogistiksystem bei Änderungen oder Abweichungen von den Prognosen trotzdem handlungsfähig hält.

Die MFR Ebene ist einer der noch größeren Profiteure. Durch die Vollständigkeit der Lagerinformationen lassen sich neue Ansätze für intelligenten Steuerungen entwickeln und implementieren. Dort lässt sich auch am einfachsten der Unterschied zwischen KI und Maschinellern Lernen definieren:

- KI: Lagerinfrastrukturkomponenten, welche sich autonom immer optimal im Gesamtkontext verhalten
- Maschinelles Lernen: Intelligente Algorithmen, welche aber Lagerspezifisch (an)gelernt werden müssen und gegebenenfalls auch weiter trainiert werden müssen, wenn ich im Lagerumfeld signifikante Änderungen ergeben haben.

DIE JEWEILIGEN STÄRKEN IN DER LOGISTIK

- Mensch:

- Neue, wettbewerbsfähigere Logistikansätze
- Erarbeitung der Grundlagen für die IT-gestützte Bewertung der optimalen Lösung (Gewichte der Zielfunktion)
- Erfahrung im Falle zeitnaher, Entscheidungen.

- Computer:

- Berechnen (fast) aller möglichen Varianten (i.A.: NP-schwere Problemstellungen)
- Unvoreingenommene Auswahl der besten Lösung aufgrund quantitativer Bewertungen
- Unvoreingenommenes Anlernen und Darstellung von Zusammenhängen

Die Abnahme von Tätigkeiten durch den Computer bietet in eine Richtung enorm viel Potential: Entscheidungsträger haben wieder die Zeit, sich Gedanken über neue Logistikk Lösungsansätze in ihrem Umfeld zu machen. Diese Zeit kann und soll aber auch dafür genutzt werden, die Intelligenz zu verstehen. Nicht umsonst hat die US-amerikanische Defense Advanced Research Projects Agency, kurz "DARPA" ein neues Forschungsvorhaben unter dem Titel „Explainable Artificial Intelligence“ aufgelegt, um dieses Black-Box Phänomen zu adressieren.

Wenn man sich Gedanken macht, wie derzeit ein firmeninternes ERP System seine Entscheidungen trifft, so wird es schnell klar, wo schon seit Jahren diese Black-Boxes existieren, ohne dass sie beeinträchtigt werden.

Sobald die Aufgabenstellungen klar quantifiziert werden können und damit algorithmisch umsetzbar sind, kann die Aufgabenstellung als Gelöst betrachtet werden und man ist bereit, sich dem nächsten Verbesserungsvorhaben zu stellen. Dabei wird es eine größere Herausforderung sein, diese intern zu erkennen. Wie viele Möglichkeiten waren in der Vergangenheit mangels Daten und Rechenleistung nicht lösbar und sind damit aus dem Blickfeld verschwunden? Jene, die am schnellsten diese Blinden Flecken wieder sichtbar werden lassen, werden aus dem zukünftigen Wettbewerb gestärkt hervorgehen.

WO AUCH DIE BESTE SOFTWARE VERSAGT ...

- Nutzung von intelligenten Algorithmen bedeutet AUCH:
 - Delegation von Verantwortung an den Computer
 - Verringerung des Lösungsverständnisses
 - Verlust von Einfluss
 - Shift des Aufgabenportfolios weg von automatisierter Kontrolle hin zu Innovationsfreiraum

Die Bereitschaft dazu ist (noch sehr) limitiert!



Dem Computer in seinen Entscheidungen zu vertrauen ist eine veritable Hürde.

Wenn jemand das nicht glaubt, soll einmal die Frage aufgeworfen werden, wieso in Österreich eine eigentlich inzwischen in anderen Ländern gesetzlich verankerte Formel für die Veränderung des Pensionsantrittsalters anhand volkswirtschaftlich fundierter Kriterien im Österreichischen Parlament immer wieder abgelehnt wird.

Sobald Macht, Einfluss und Entscheidungsmöglichkeiten verloren gehen, stellt diese Entwicklung einen subjektiven Angriff auf die eigene Daseinsberechtigung im Job dar. Dem sind aktuell scheinbar viele nicht gewachsen.

Daher ist es nicht verwunderlich, warum vor allem Europa in diesem Themengebiet eher Nachzügler ist, anstatt Vorreiter, weil eben die Mentalität sich von Asien und Amerika in diesem Punkt unterscheidet. Ohne diesen Aspekt zu berücksichtigen, werden Vorhaben scheitern.



VIELEN DANK

MARKUS KLUG
markus.klug@ssi-schaefer.com
ssi-schaefer.com

Think Tomorrow.





Entwicklung eines Systems zur Beschleunigungsmessung an Regalbediengeräten auf Arduino Basis

Lukas Karzel, Andreas Rücker



Lukas Karzel, B.Sc.

- Technische Universität München, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik
- Untersuchung der Mastschwingung an Regalbediengeräten
- seit April 2018 Masterstudium Maschinenwesen an der TU München



Andreas Rücker, M.Sc.

- Technische Universität München, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik
- Forschungsprojekt: „Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Energieeffizienz von Regalbediengeräten“; Lehre: CAD und Maschinzeichnen
- Derzeitige Aufgaben: Forschungsprojekt: „Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Energieeffizienz von Regalbediengeräten“; Lehre: CAD und Maschinzeichnen

Entwicklung eines Systems zur Beschleunigungsmessung an Regalbediengeräten auf Arduino Basis

Logistikwerkstatt
Graz, 22.05.2019
Lukas Karzel, Andreas Rücker
Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

► www.tugraz.at



In diesem Vortrag wird ein Beschleunigungsmesssystem an Regalbediengeräten auf Arduino Basis vorgestellt. Ein solches System wurde von Lukas Karzel im Rahmen einer Bachelorarbeit entwickelt, gebaut und getestet.

Vortragende

- Lukas Karzel, B.Sc.
lukas.karzel@tum.de
Masterstudent an der Technischen Universität München
- Andreas Rücker, M.Sc.
andreas.ruecker@tum.de
Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für
Fördertechnik Materialfluss Logistik der TUM



Lukas Karzel, B.Sc.

Hat an der technischen Universität München 2018 sein Bachelorstudium abgeschlossen und studiert aktuell im Masterstudiengang Maschinenwesen. Er verfasst gerade seine Semesterarbeit am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik und befasst sich darin mit der Mastschwingung an RBG.

Andreas Rücker, M.Sc.

Ist seit 2016 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München. In seiner Forschung beschäftigt er sich hauptsächlich mit Energieeffizienz in der Intralogistik.

Wie lassen sich kinematische Daten von Regalbediengeräten mit einem einfachen externen Messsystem aufnehmen?

Die Hauptfrage die in diesem Vortrag diskutiert werden soll ist: Wie lassen sich kinematische Daten von RBG mit einem einfachen externen Messsystem aufnehmen? Das hierzu entwickelte Messsystem auf Basis eines Einplatinencomputers wird auf den nächsten Folien vorgestellt und anschließend wird seine Anwendung beschrieben.

Inhalt des Vortrags

1. Einleitung
2. Aufbau des Messsystems
3. Durchführung von Versuchsfahrten
4. Auswertung der Messdaten
5. Zusammenfassung und Ausblick

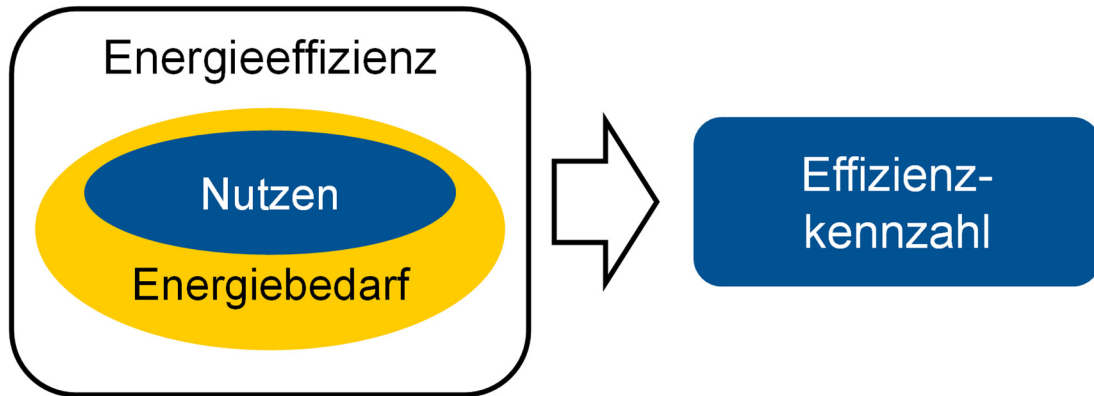
1. Einleitung
Wie gliedert sich die Arbeit in das Forschungsprojekt ein?
2. Aufbau des Messsystems
Wie sieht der Aufbau des gesamten Messsystems und seiner Komponenten aus?
3. Durchführung von Versuchsfahrten
Wie wurde die Versuche und Messungen mit dem System durchgeführt?
4. Auswertung der Messdaten
Wie wurden die gewonnen Messdaten aufbereitet und ausgewertet?
5. Zusammenfassung und Ausblick
Was wurde im Rahmen der Arbeit gemacht und welche Ergebnisse sind in der Zukunft zu erwarten?

Einleitung

In diesem Abschnitt wird kurz die Eingliederung der Arbeit in das Forschungsprojekt „Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Energieeffizienz von Regalbediengeräten“ beschrieben. Dazu wird zunächst das Projekt und anschließend die Aufgabenstellung der Bachelorarbeit beschrieben.

6 Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Energieeffizienz von RBG

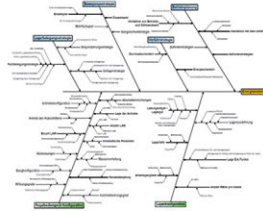
Ausgangsidee des Projekts



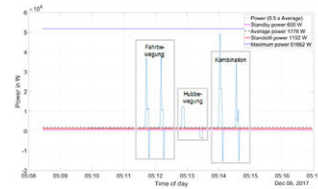
Die Ausgangsidee des Projekts stellt eine Effizienzkennzahl, die auf einem Vergleich von Nutzen und Energiebedarf basiert, dar. Damit soll eine vergleichende Bewertung verschiedener RBG ermöglicht werden. Auf Basis dieses Vergleichs soll eine Effizienzkennzahl zur Bewertung abgeleitet werden.

Zentrale Arbeitspakete

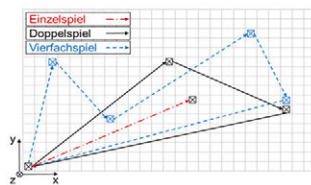
Arbeitspaket 2 – Analyse der Einflüsse



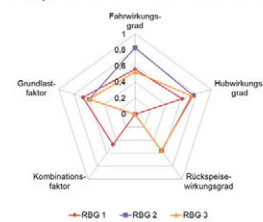
Arbeitspaket 4 – Durchführung von Messungen



Arbeitspaket 3 – Repräsentative Fachanfahrten



Arbeitspaket 5 – Kennzahlbildung

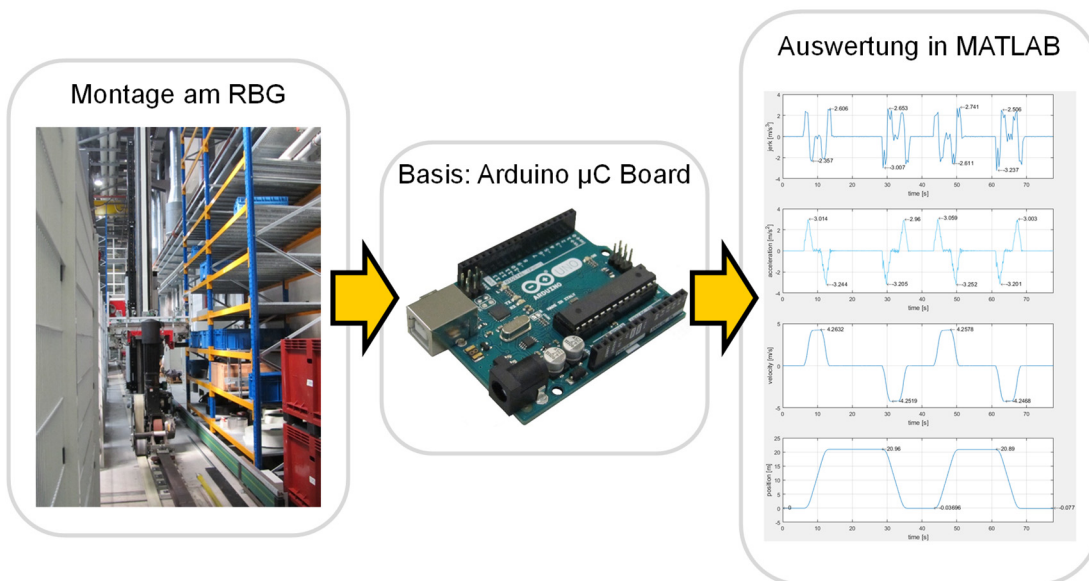


Auf dieser Folie sind die vier zentralen Arbeitspakete des Projekts dargestellt. Insgesamt bestand das Projekt aus sechs Arbeitspaketen:

1. Literaturanalyse
2. Analyse der Einflüsse
3. Ermittlung von repräsentativen Fachanfahrten
4. Durchführung von Messungen an RBG
5. Kennzahlbildung
6. Dokumentation.

Das Messsystem kam hauptsächlich in Arbeitspaket 4 zum Einsatz. Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurden umfangreiche elektrische Leistungsmessungen an verschiedenen RBG durchgeführt. Dabei wurden neben der Leistungsmessung auch die kinematischen Parameter der Geräte vermessen. Ausgehend von einer Messung der Beschleunigung konnten mit Hilfe der Auswertungssoftware auch der Ruck, die Geschwindigkeit und der zurückgelegte Weg bestimmt werden. Eine detaillierte Beschreibung des gesamten Projekts und alle Ergebnisse sind im Forschungsbericht nachzulesen. Der Forschungsbericht des Projekts [Fot-2019] ist veröffentlicht und kann auf der Homepage des Lehrstuhls unter: http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set_ID=1075 heruntergeladen werden.

Beschleunigungsmessung am RBG

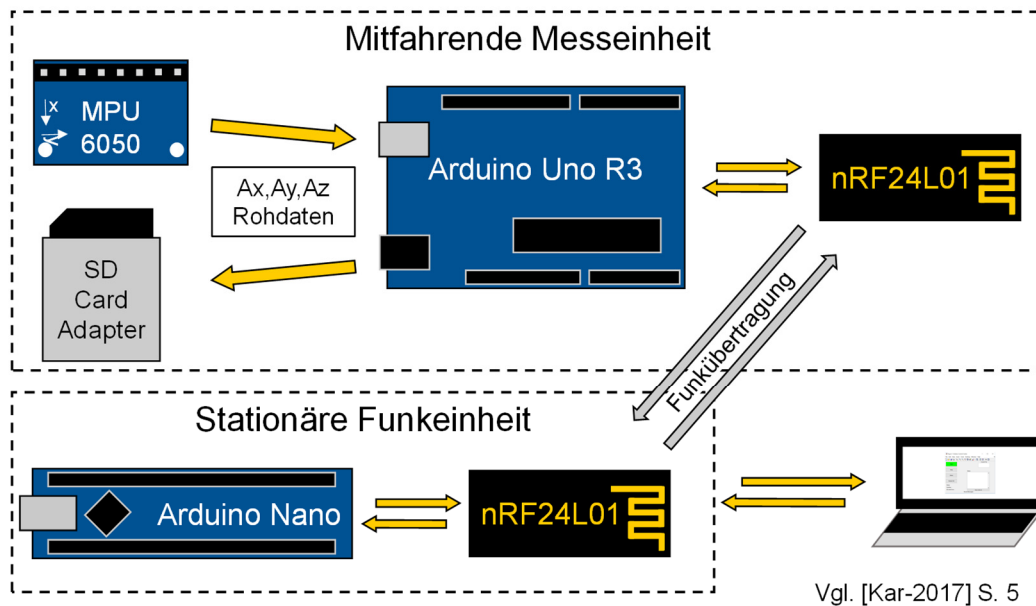


Ziel der Bachelorarbeit war es ein mobiles Messsystem zu entwickeln, welches zuverlässig und möglichst genau den Beschleunigungsverlauf von RBG bestimmen kann. Das Messsystem sollte sich möglichst einfach und ohne Verkabelung auf verschiedenen Regalbediengeräten montieren lassen und per Funk gesteuert werden. Mit Hilfe der gewonnenen Beschleunigungsdaten sollte durch Ableitung bzw. Integration zusätzlich der Ruck-, Geschwindigkeits-, und Positionsverlauf bestimmt werden.

Aufbau des Messsystems

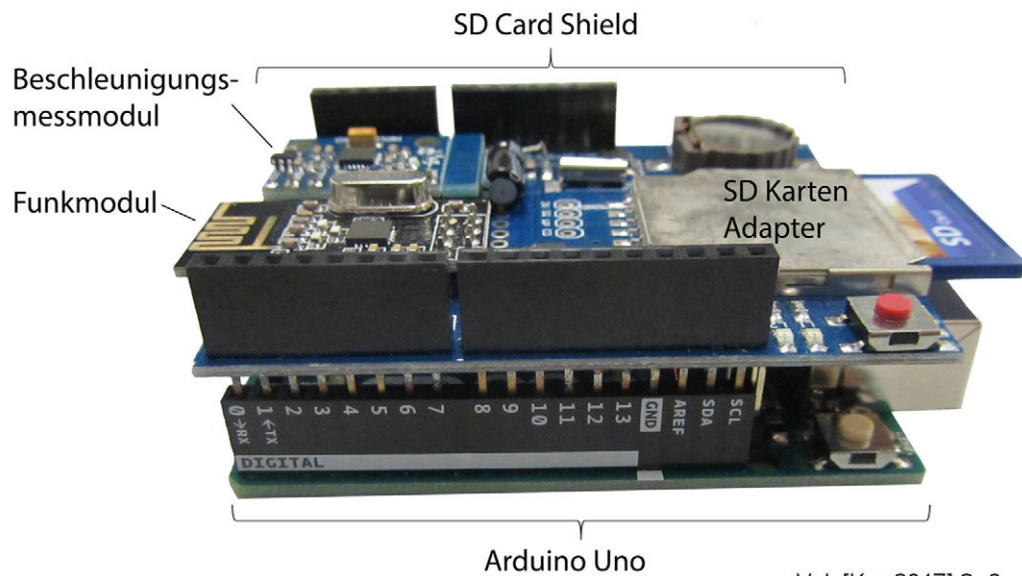
In diesem Abschnitt wird der Aufbau des gesamten Messsystems und seiner Komponenten beschrieben.

Aufbau des Messsystems



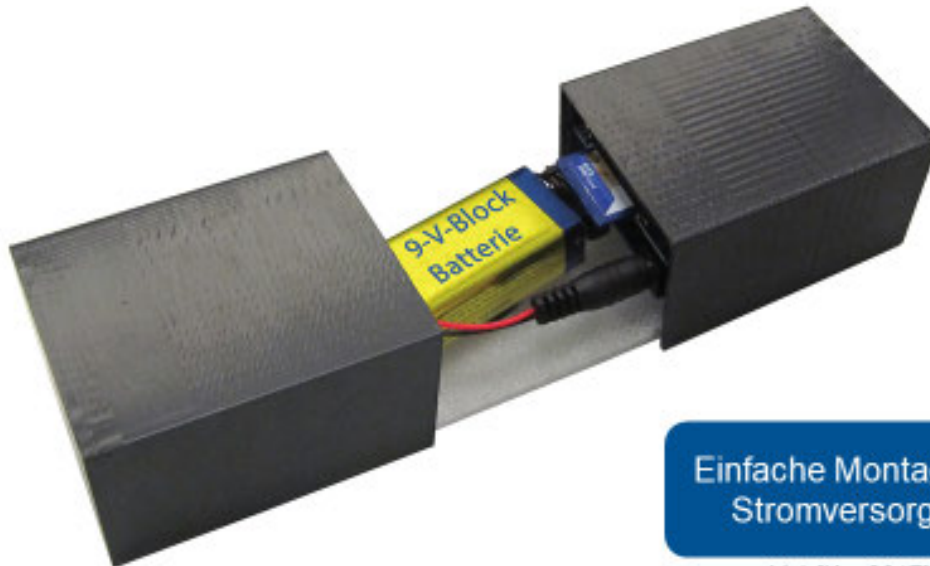
Das Messsystem besteht aus einer Messeinheit und einer Funkeinheit. Die Messeinheit besteht aus einem Arduino Uno Mikrocontrollerboard, einem MPU 6050 Beschleunigungsmessmodul, einem nRF24L01 Funkmodul und einem SD-Karten Adapter. Diese vier Komponenten werden in einem kompakten Gehäuse auf dem Regalbediengerät montiert. Die Funkeinheit wird zur Steuerung der Messeinheit verwendet und besteht aus einem Arduino Nano Mikrocontrollerboard und einem nRF24L01 Funkmodul. Diese wird an einem Notebook angeschlossen und dient zur drahtlosen Steuerung der Messeinheit. Auf dem Notebook läuft die Steuerungssoftware mit deren Hilfe die Funkeinheit angesteuert wird.

Mitfahrende Messeinheit



Die Messeinheit besteht aus einem Arduino Uno und einem SD Card Shield, auf dem sich bereits ein SD Karten Adapter befindet. Das Shield kann einfach auf den Arduino Uno gesteckt werden. Auf das SD Card Shield wurde das MPU 6050 Beschleunigungsmodul und das nRF24L01 Funkmodul gelötet. Die Stromversorgung des Unos ist mittels einer 9-V-Block Batterie realisiert.

Gehäuse und Energieversorgung



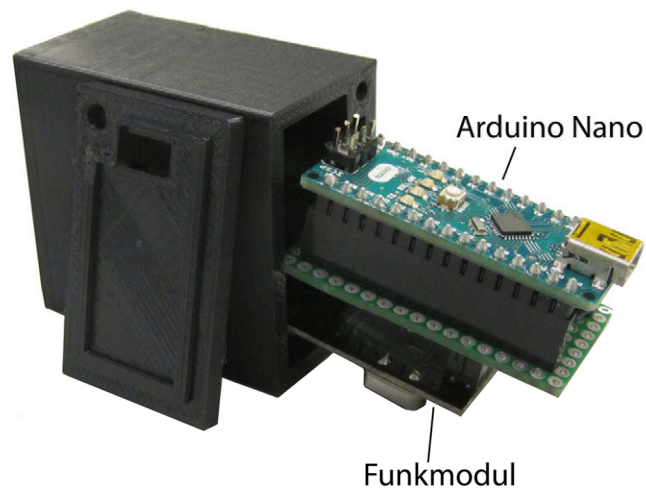
Einfache Montage und
Stromversorgung

Vgl. [Kar-2017] S. 6

Die Messeinheit wurde zu ihrem Schutz in ein 3D gedrucktes Gehäuse eingebaut. Die 9-V-Block Batterie findet in diesem auch noch Platz. Auf der Unterseite des Gehäuses befinden sich zwei Magnete. Mit deren Hilfe kann das System einfach auf ferromagnetischen Flächen angebracht werden. Damit lässt sich das System auf den meisten Lastaufnahmemitteln sicher und ohne zusätzliche Hilfsmittel anbringen. Auf Grund des geringen Gewichts der Messeinheit lässt sich diese aber auch mit Klebeband an nicht ferromagnetischen Flächen anbringen.

Stationäre Funkeinheit

Kompaktes Design mit
akzeptabler Reichweite



Vgl. [Kar-2017] S. 7

Auch das Funkmodul, bestehend aus einem Arduino Nano und einem nRF24L01 Funkmodul, wurde in einem 3D gedruckten Gehäuse verbaut. Per Mini USB Kabel wird die Funkeinheit mit einem PC verbunden. Mit Hilfe der entwickelten Software lässt sich so die Messeinheit steuern. Die Reichweite des Funkmoduls beträgt ca. 20 m. Diese kann aber durch metallische Abschirmung eingeschränkt werden.

Durchführung von Versuchsfahrten



In diesem Abschnitt wird die Durchführung von Versuchsfahrten, die Bedienung des Messsystems, die Messergebnisse und die Verarbeitung der Messdaten beschrieben.

Durchführung von Versuchsfahrten

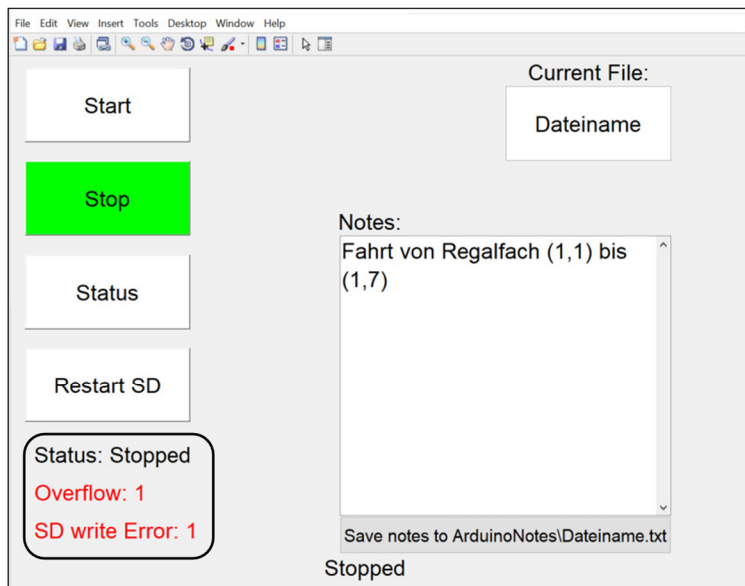


Montage am
Forschungs-RBG

Durch die Magnete an der Unterseite der Messeinheit kann diese einfach an einer ferromagnetischen Fläche auf dem hauseigenen Forschungs-RBG des Lehrstuhls angebracht werden. Die Messeinheit wird bei den Messfahrten auf dem Lastaufnahmemittel montiert. Somit können die Beschleunigungsdaten von Fahr- und Hubwerk aufgenommen werden. Um sicher zu stellen, dass die internen Messachsen des Beschleunigungssensors mit den Bewegungsrichtungen übereinstimmen, muss die Messeinheit entweder parallel oder normal zur Laufschiene des RBG ausgerichtet werden.

Steuerungs-GUI

GUI zur Steuerung des Messsystems

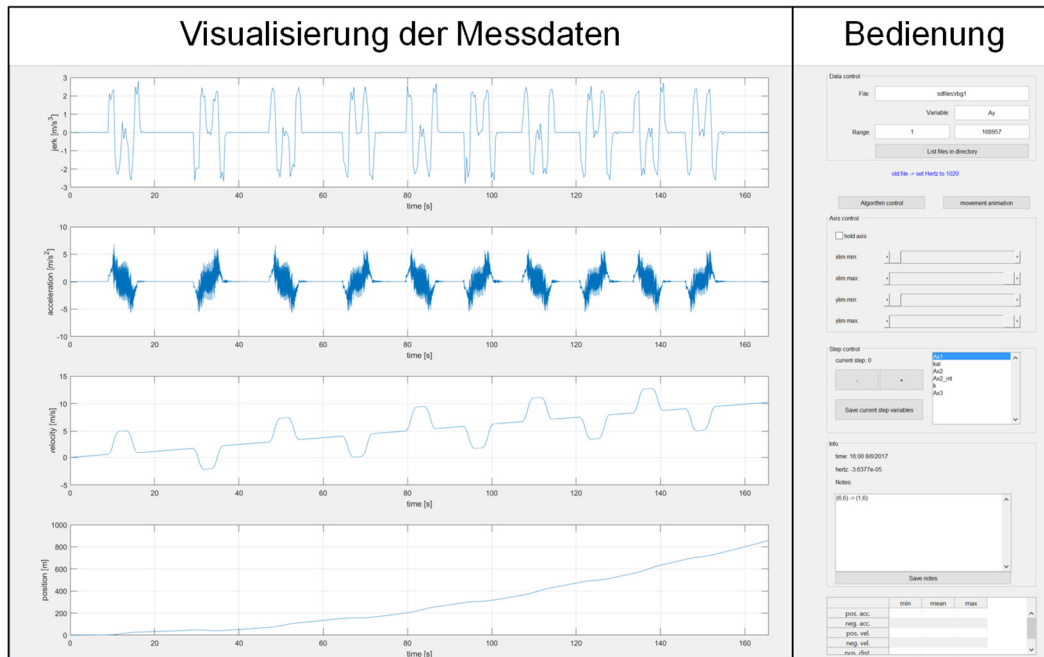


Die Steuerung des Messsystems erfolgt über eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) in MATLAB. In das Feld „Current File“ kann ein Dateiname für die zu schreibende Messdaten-Datei eingegeben werden. Über die Start und Stopp Buttons kann eine Messung gestartet und gestoppt werden. Bei Betätigung des „Status“ Buttons sendet die Messeinheit den Namen der aktuellen Messdaten-Datei zurück und gibt Auskunft, ob die Messaufzeichnung gerade läuft oder nicht. Mit Hilfe des „Status“ Buttons kann getestet werden, ob die Funkeinheit eine Verbindung zur Messeinheit aufbauen kann. Falls eine SD-Karte in das Kartenmodul gesteckt wurde während der Arduino in Betrieb ist, muss der „Restart SD“ Button betätigt werden. Kann die Messeinheit keine Daten auf die SD-Karte schreiben oder der FIFO (First In - First Out) Buffer des Beschleunigungsmessmoduls läuft über, werden entsprechende Fehlermeldungen von der Messeinheit gesendet und in der GUI links unten angezeigt. In dem Notizenfeld rechts unten in der Abbildung können Notizen zur Messung gemacht werden. Diese Notizen werden in eine Textdatei gespeichert und anschließend in der Datenauswertungs-GUI wieder angezeigt.

Auswertung der Messdaten

In diesem Abschnitt erfolgt eine Beschreibung der Messdatenauswertung, wobei hier besonders auf die Korrektur der Messdaten eingegangen wird. Abschließend werden Details zur Genauigkeit des Systems bei den durchgeführten Versuchen gezeigt.

Auswertungs-GUI

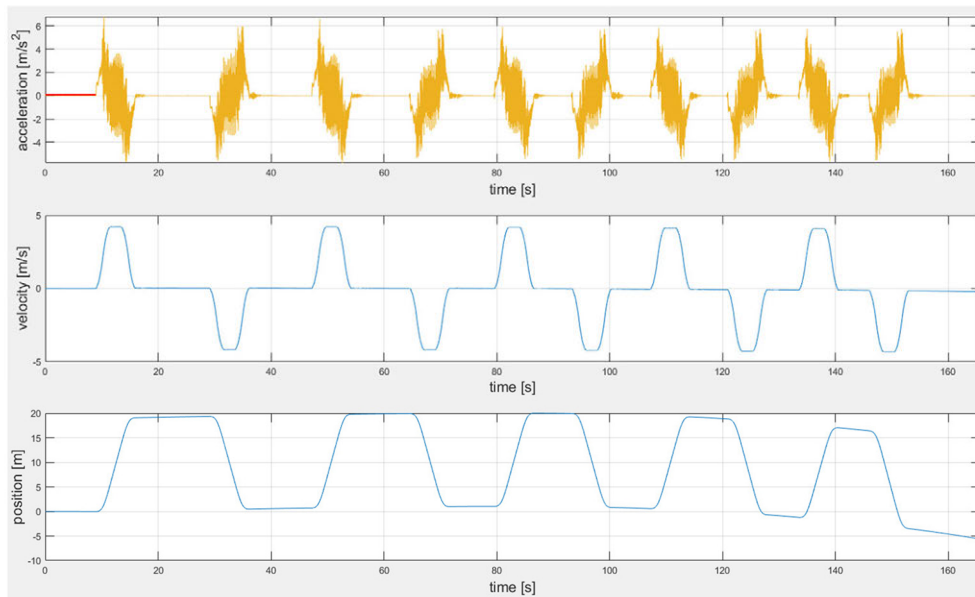


Die obige Abbildung zeigt die MATLAB GUI zur Datenauswertung der Beschleunigungsmessdaten. Im Bedienungsbereich können in zwei Textfeldern der Name der zu ladenden Messdaten-Datei und eine der drei Messachsen angegeben werden. Dazu können noch Einstellungen zum angezeigten Intervall und der Korrektur der Messdaten getroffen werden.

Die vier Graphen im Visualisierungsbereich zeigen den Ruck-, Beschleunigungs-, Geschwindigkeits- und Positionsverlauf über die Zeit an. In diesem Fall sind zehn Fahrten des Fahrtriebs dargestellt. Da im Beschleunigungsverlauf noch eine leichte Nullpunktverschiebung vorhanden ist, driften der daraus berechnete Geschwindigkeits- und Positionsverlauf stark ab.

Offset Bereinigung

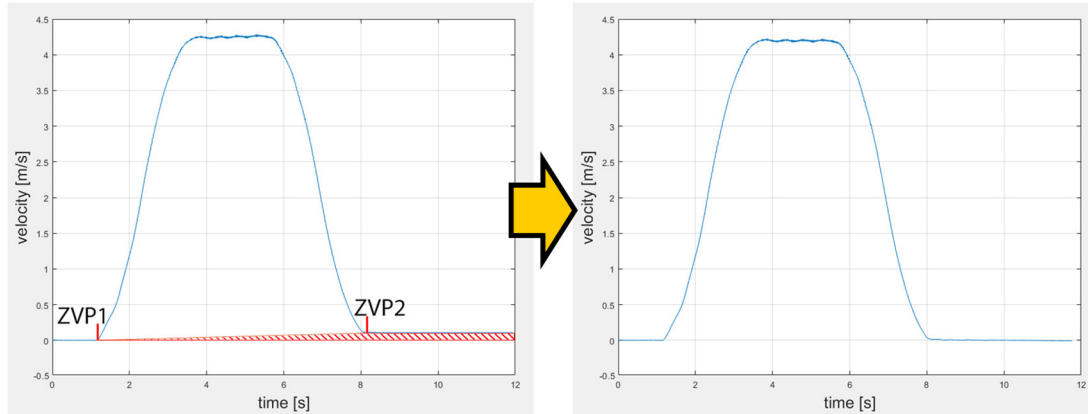
Nullpunktverschiebung
des Signals



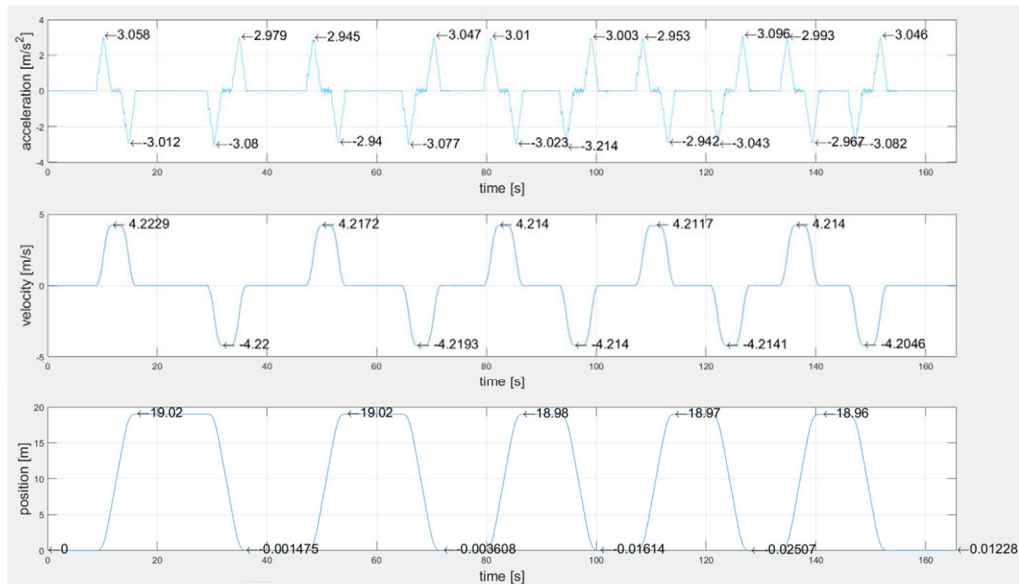
Um den Nullpunktversatz (Offset) zu bestimmen, wird aus dem ersten Messpunkt bis zum Beginn der ersten Fahrt ein Mittelwert gebildet und vom gesamten Beschleunigungsverlauf abgezogen. Der Beginn der ersten Fahrt wird dabei über die Höhe des Betrags der Differenz zweier Beschleunigungspunkte abgeschätzt. Die rote Linie am Beginn des Beschleunigungsverlaufs zeigt die Länge der Mittelung. Die aus dem offsetbereinigten Beschleunigungsverlauf berechneten Geschwindigkeits- und Positionsverläufe zeigen schon einen deutlich besseren Verlauf. Der Geschwindigkeitsverlauf weist aber noch zwischen den Fahrten Beträge größer Null auf, was zu einem Drift im Positionsverlauf führt.

Drift Korrektur

Korrektur mit Hilfe von
Stillstandszeiten der
Antriebe



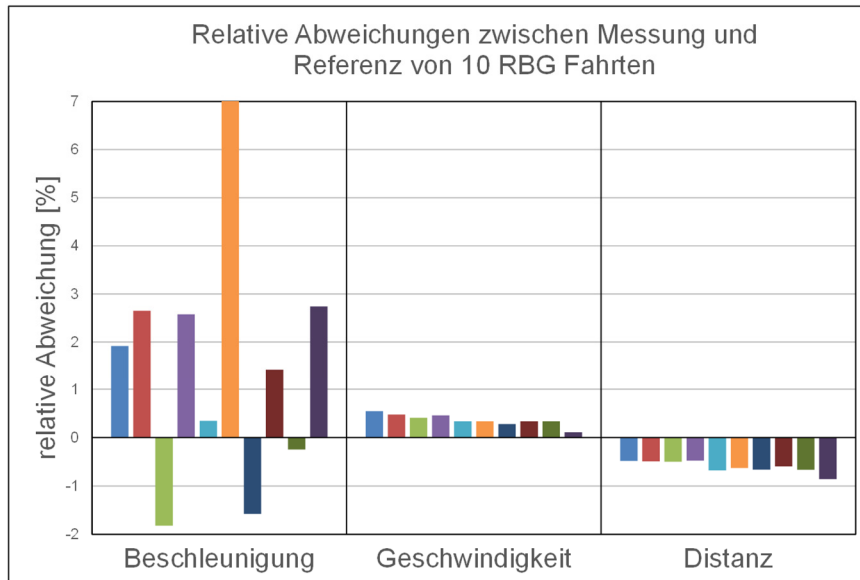
Um den noch vorhandenen Drift im Geschwindigkeits- und Positionsverlauf zu korrigieren, werden Zero-Velocity Punkte (ZVP) bestimmt, also Punkte an denen das RBG nicht in Bewegung ist. Da die Bewegung eines RBG immer nach einem gewissen Schema erfolgt, funktioniert diese Korrektur zuverlässig. Ein Messwert gilt als ZVP, wenn sowohl sein Beschleunigungsbetrag als auch die zugehörigen Ruck- und Geschwindigkeitsbeträge unter festgelegten Grenzen liegen. Für den Ruck- und Beschleunigungsverlauf werden gemittelte Kurven verwendet. Die Grenzen und Mittelungsintervalllängen können dabei bei Bedarf in der Auswertungs-GUI geändert werden. Zwischen zwei ZVP wird ein linear zunehmender und nach dem zweitem ZVP konstanter Wert vom Geschwindigkeitsverlauf abgezogen, sodass die Geschwindigkeit anschließend bei beiden Punkten Null beträgt. Die linke Abbildung zeigt den Geschwindigkeitsverlauf vor der Korrektur, wobei die Driftabweichung zur besseren Anschaubarkeit stark verstärkt wurde. Der schraffierte Bereich, dessen obere Begrenzung zwischen den zwei ZVP Punkten linear zunimmt und dann konstant ist, wird vom linken Geschwindigkeitsverlauf abgezogen, wodurch sich der rechte, driftkorrigierte Verlauf ergibt.



Die Abbildung zeigt den finalen Beschleunigungs-, Geschwindigkeits- und Positionsverlauf. Der Beschleunigungsverlauf wurde gemittelt um Schwingungen herauszufiltern. In der GUI werden für jede Fahrt die Beschleunigungs- und Geschwindigkeits-Extremwerte und die erreichte Position angezeigt. Damit lässt sich in kurzer Zeit eine Aussage zu den erreichten kinematischen Parametern treffen.

Erreichte Genauigkeit

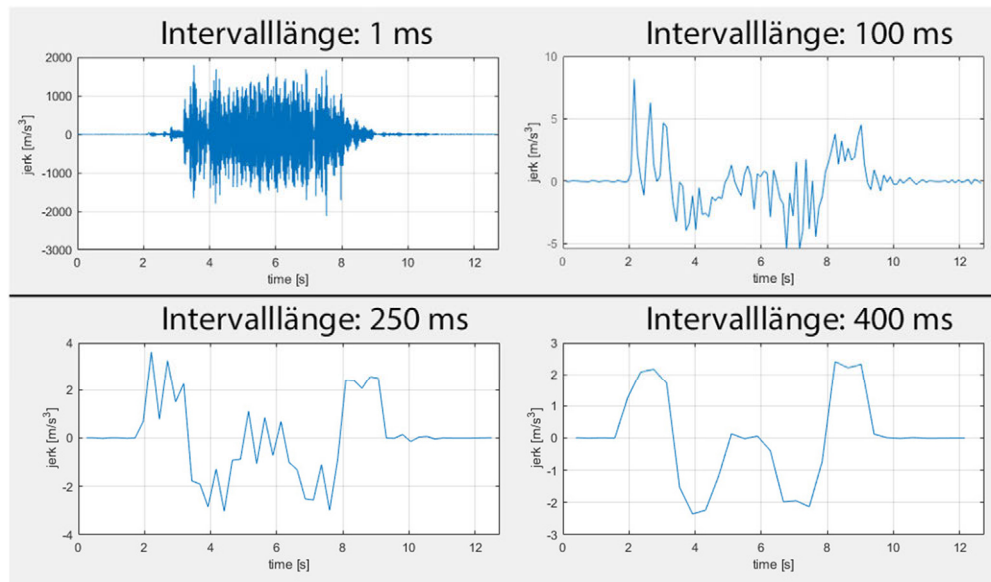
Geringe mittlere
Abweichungen



Das Diagramm zeigt beispielhaft die relative Abweichung zwischen den gemessenen und den in der Antriebssteuerung des RBG eingestellten kinematischen Parametern. Diese Werte gelten für die vorher gezeigten zehn RBG Fahrten. Für die positive Beschleunigung und die Geschwindigkeit werden dabei die Maxima verglichen. Die Beschleunigungsmaxima weichen von den Referenzwerten durchschnittlich um 2,3% ab, wobei sich ein Wert sogar knapp 7% von der Referenz unterscheidet. Die gemessenen Extrema werden aus einem gemitteltem Beschleunigungsverlauf ermittelt und sind somit von der Mittelungsintervalllänge abhängig. Für die Geschwindigkeitextrema und die Distanz ergeben sich mittlere relative Abweichungen von unter einem Prozent.

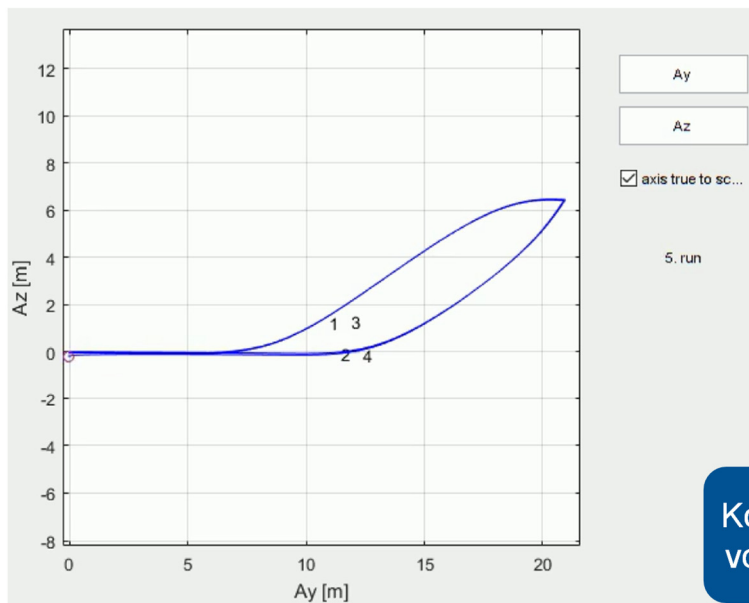
Ermittlung des Ruckverlaufs

Starke Abhängigkeit von der Intervalllänge



Der Ruckverlauf wird durch die Ableitung eines gemittelten Beschleunigungsverlaufs ermittelt. Der dargestellte Verlauf des Rucks hängt stark von der Intervalllänge ab. Sinnvolle Werte lassen sich also nur schwer bestimmen. Bei Kenntnis der tatsächlichen Ruckwerte in der Steuerung lässt sich aber die Intervalllänge entsprechend konfigurieren. In der Abbildung oben ist der Ruckverlauf des selben Beschleunigungsverlaufs für vier unterschiedliche Intervalllängen dargestellt.

Fahrkurve kombinierter Fahrten



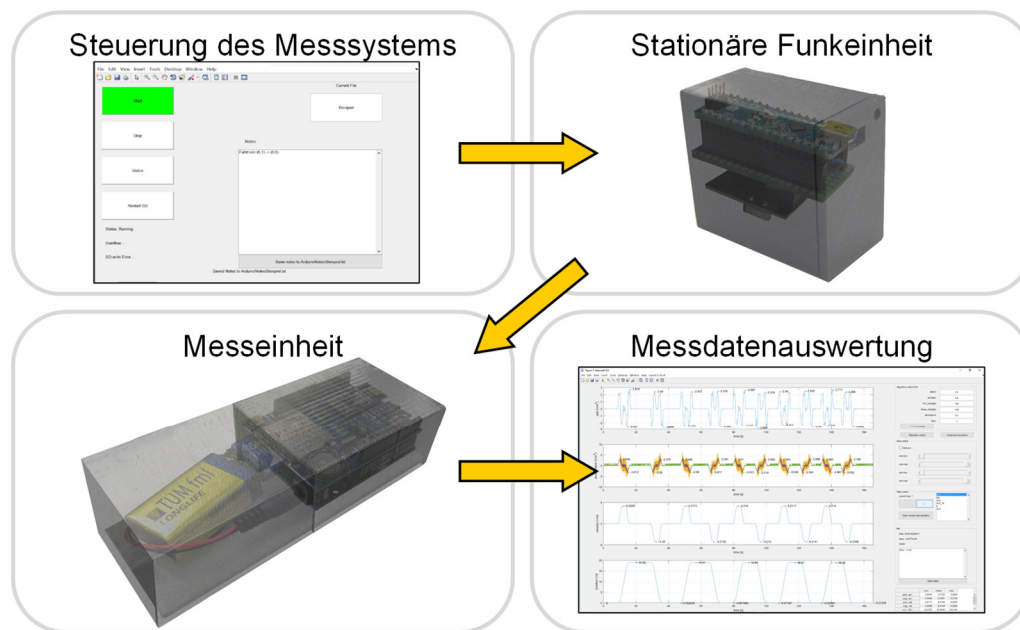
Kombinierte Darstellung
von Fahr- und Hubwerk

Mit Hilfe der Auswertungs-GUI lassen sich auch kombinierte Bewegungen von Fahr- und Hubantrieb eines RBG darstellen. Die Abbildung zeigt die Fahrkurve von vier RBG Fahrten. Auf der Abszissenachse ist dabei die horizontale Position und auf der Ordinatenachse die vertikale Position des Hubschlittens angegeben. Jeweils zwei Fahrten des RBG liegen übereinander. Damit lässt sich die Kopplung der beiden Antriebe überprüfen.

Zusammenfassung und Ausblick

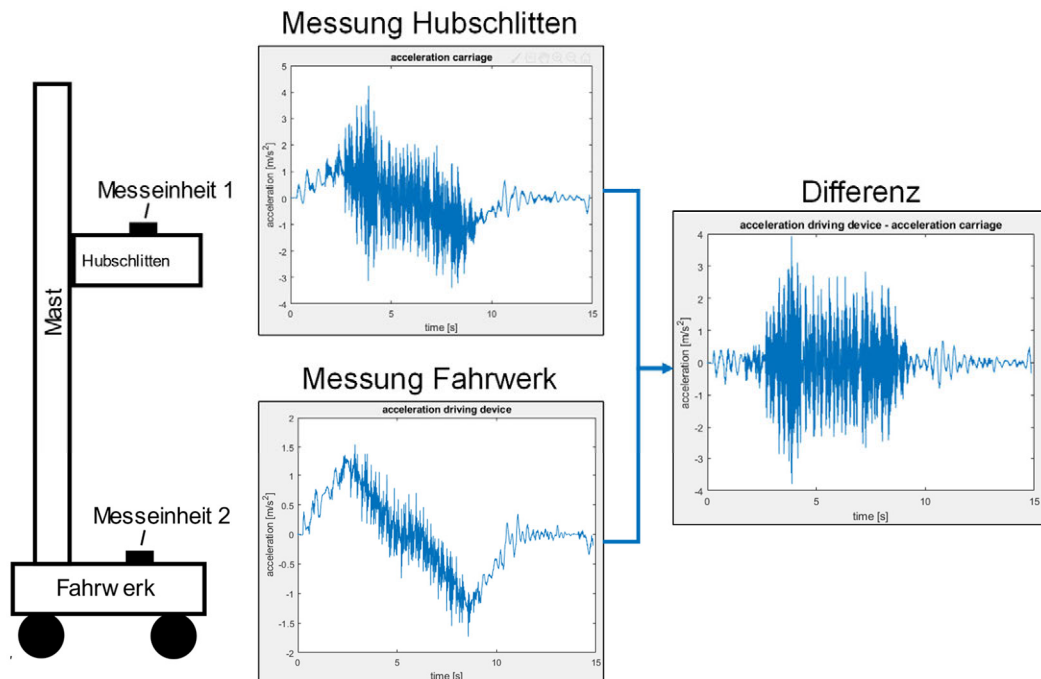
In diesem Abschnitt werden die erzielten Ergebnisse zusammengefasst und ein kurzer Ausblick auf die kommende Forschungsarbeit in diesem Bereich gegeben.

Zusammenfassung



Das Ziel ein mobiles Beschleunigungsmesssystem für RBG auf Basis eines Arduino Mikrocontrollerboard zu entwickeln wurde erreicht. Dieses lässt sich leicht auf verschiedenen RBG montieren und über eine Funkverbindung steuern. Die Daten können mit einer MATLAB GUI schnell ausgewertet werden. Vor allem die geringe mittlere Abweichung der gemessenen Position von unter ein Prozent ist ein gutes Indiz für die Genauigkeit des Messverfahrens. Das Messsystem wurde im Rahmen des Forschungsprojekts zur Messung der kinematischen Parametern an drei verschiedenen RBG verwendet. Damit konnten die teilweise unbekannt kinematischen Daten der Geräte ermittelt werden.

Untersuchung der Mastschwingung



Das entwickelte Messsystem wurde entsprechend weiterentwickelt und kommt nun in der Untersuchung von Schwingungen am RBG zum Einsatz. Aktuell befasst sich Lukas Karzel in seiner Semesterarbeit mit der Untersuchung von Mastschwingungen an RBG. Dazu wird ein modifiziertes System mit zwei Messeinheiten verwendet. Damit lassen sich simultan die Beschleunigungsdaten von Fahrwerk und Mast aufnehmen. Mit Hilfe einer Differenzbildung kann die resultierende Mastschwingung bestimmt werden. Damit soll der Zusammenhang zwischen Mastschwingung und Energiebedarf eines RBG näher untersucht werden.

Zeit für Ihre Fragen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

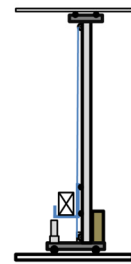
Lukas Karzel, B.Sc.

lukas.karzel@tum.de

Andreas Rücker, M.Sc.

andreas.ruecker@tum.de

fml - Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik
Technische Universität München



Literaturverzeichnis

- [Fot-2019] Fottner, J.; Rücker, A.: Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Energieeffizienz von Regalbediengeräten. Technische Universität München, 2019.
- [Kar-2017] Karzel, L.: Entwicklung eines Systems zur Beschleunigungsmessung an Regalbediengeräten auf Arduino Basis. Bachelorarbeit. Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München, 2017.



Schadensanalyse von HM-HT-Faserseilen in laufenden Anwendungen

Annett Schmieder



Dipl.-Ing. Annett Schmieder

- Technische Universität Chemnitz
Institut für Fördertechnik und Kunststoffe
Professur Förder- und Materialflusstechnik
- Wissenschaftliche Mitarbeiterin
- Schadensanalyse von hochfesten Faserseilen

FTM

Schadensanalyse von HM-HT Faserseilen in laufenden Anwendungen

Logistikwerkstatt Graz am 22. Mai 2019

Dipl.-Ing. Annett Schmieder

Gliederung

1

2

3

4

5

1 Problemstellung

2 Stand der Technik

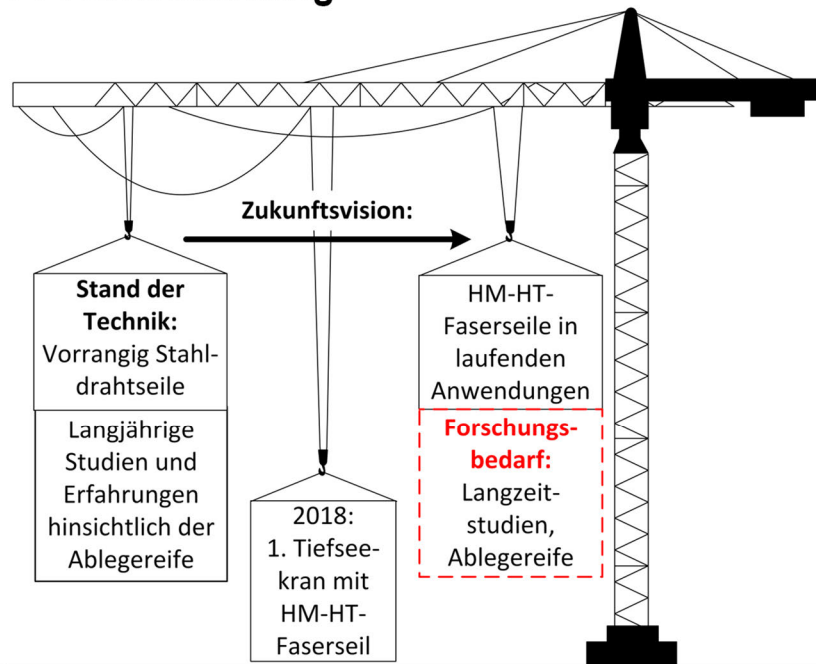
3 Umsetzung und Methoden

4 Ergebnisse

5 Ausblick

1 Problemstellung

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



1 Problemstellung

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Vorteile von HM-HT-Seilen (high modulus – high tenacity):

- \geq Zugfestigkeit bei ca. 20 - 25 % der Eigenmasse eines Stahldrahtseiles,
- \uparrow Fördermassen und -längen,
- \downarrow erforderlicher Antriebsleistung,

1 Problemstellung

1

2

3

4

5

Vorteile von HM-HT-Seilen (high modulus – high tenacity):

- ↓ Biegesteifigkeit,
- gute Chemikalien- und Korrosionsbeständigkeit und
- gutes Handling beim Austausch des Tragmittels.

[Michael.2011, Putzke.2011, Heinze. 2013, Mammitzsch.2015, Berndt.2018]

Schadensanalyse von HM-HT Faserseilen in laufenden Anwendungen. Graz, 22. Mai 2019

5

www.tu-chemnitz.de

1 Problemstellung

1

2

3

4

5

Technische Grenzen von Stahldrahtseilen:

- Ressourcen
- Förderlängen
- Förderkapazitäten

Tiefseekran RL-K 7500
 Stahldrahtseile mit: Nutzlast = 300 t,
 Fördertiefe = 3.600 m

South-Deep-Schacht (Südafrika)

mit Double-Blair-Winder
 Stahldrahtseile: Nutzlast = 31 t,
 Fördertiefe = 3.000 m

Burj Khalifa (Dubai): 828 m

Stahldrahtseile mit: SF = 14,
 Förderhöhe = 504 m

Potential von HM-HT-Faserseilen:

- Ressourcen
- Förderlängen
- Förderkapazitäten

HMPE-Seile
 Aramid-Seile
FibreTrac-Kran
 Faserseil mit: Nutzlast = 150 t
 Fördertiefe = 4.000 m



[Berndt.2018, Heinze, 2013]

Schadensanalyse von HM-HT Faserseilen in laufenden Anwendungen. Graz, 22. Mai 2019

6

www.tu-chemnitz.de

1 Problemstellung

1

2

Aktuelle Nachteile von HM-HT-Seilen:

3

4

5

- mangelnde Dimensionierungsgrundlagen: Auslege- und Regelwerke,
- unzureichende Prüfverfahren und fehlende Normen,
- Erkennung der Ablegereife,
- teilweise Kriechneigung,

[Michael.2011, Putzke.2011, Heinze. 2013, Mammitzsch.2015, Berndt.2018]

1 Problemstellung

1

2

Aktuelle Nachteile von HM-HT-Seilen:

3

4

5

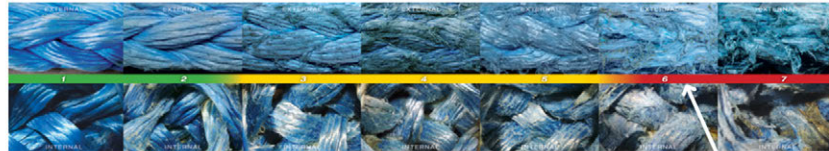
- unzureichender Kenntnisstand und Langzeitstudien hinsichtlich:
 - Biegewechselbeanspruchung: Verschleiß- und Alterungserscheinungen,
 - Zugschwellbelastung beim Beschleunigen, Verzögern und wechselnden Lasten und
 - Querbelastung der Fasern: Lauf des Seiles in der Rille der Treibscheibe

[Michael.2011, Putzke.2011, Heinze. 2013, Mammitzsch.2015, Berndt.2018]

2 Stand der Technik

Ablegereifeerkennung

- Pocketguide von Samson

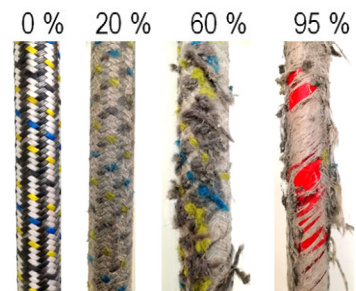


[Samson Rope]

- soLITE®-Seil von Liebherr und Teufelberger



[Teufelberger, 2016]

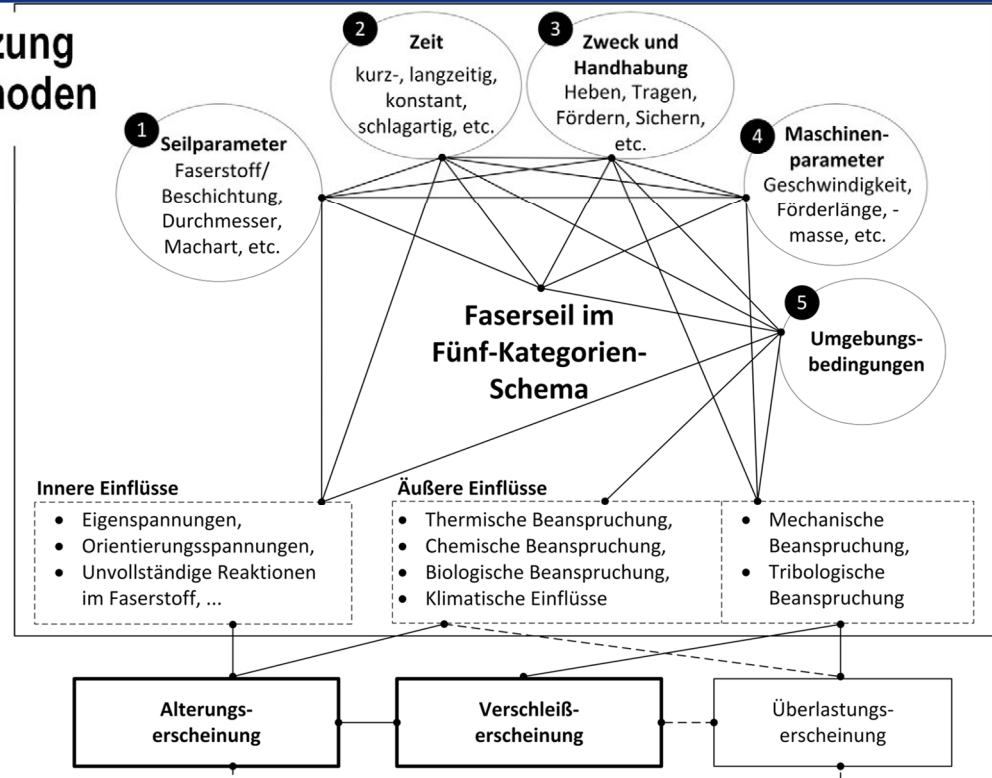


Schadensanalyse von HM-HT Faserseilen in laufenden Anwendungen. Graz, 22. Mai 2019

9

www.tu-chemnitz.de

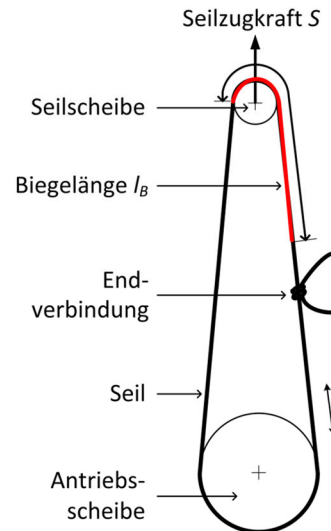
3 Umsetzung und Methoden



3 Umsetzung und Methoden

Verschleißerscheinungen

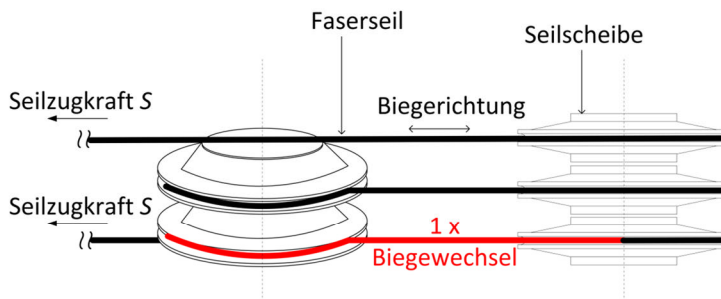
- Einfach-Biegewechselversuch
 - Cycle bending over sheave (CBOS)
 - Krümmung des Seiles über die Seilscheibe = Biegewechsel [VDI 2358]



3 Umsetzung und Methoden

Verschleißerscheinungen

5-Zonen-Biegewechselversuch



3 Umsetzung und Methoden

1

2

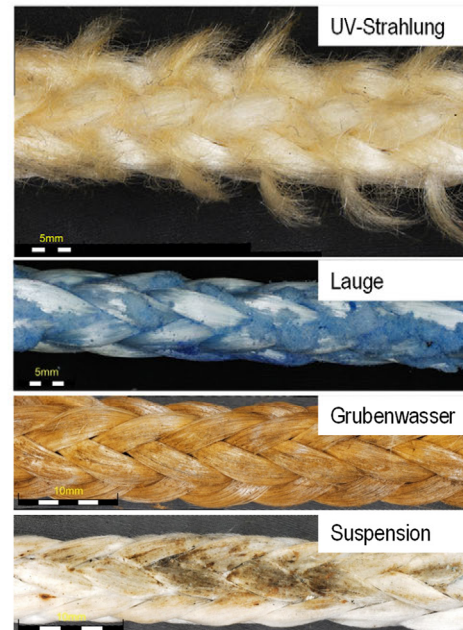
3

4

5

Alterungserscheinungen

- Untersuchung von Umgebungsbedingungen
 - Visuelle Analyse
 - Zugversuch
 - Thermische Analyse



Schadensanalyse von HM-HT Faserseilen in laufenden Anwendungen. Graz, 22. Mai 2019

13

www.tu-chemnitz.de

4 Ergebnisse

1

2

3

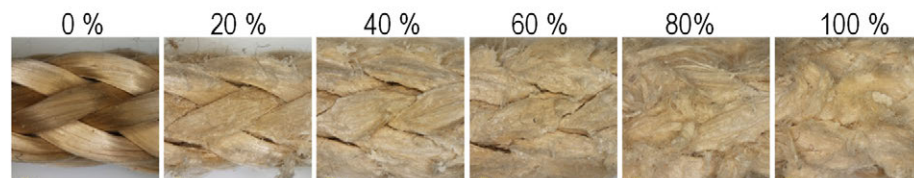
4

5

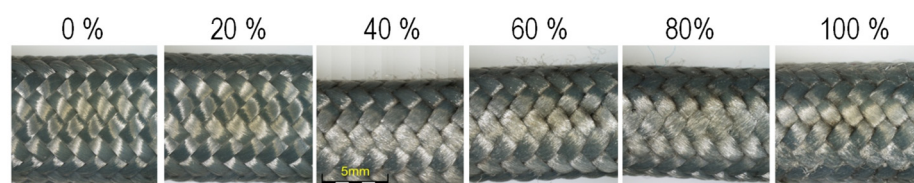
Verschleißerscheinungen

CBOS-Lebensdauer am 5-Zonen-Biegewechselprüfstand

- 12-litziges 6-mm-Aramid-Kernseil



- 32-litziger Polyester-Mantel



Schadensanalyse von HM-HT Faserseilen in laufenden Anwendungen. Graz, 22. Mai 2019

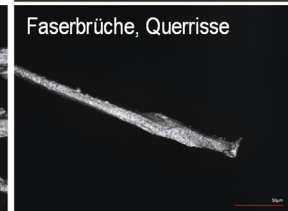
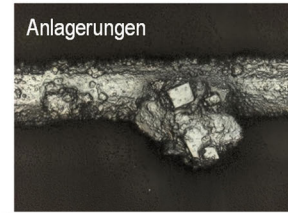
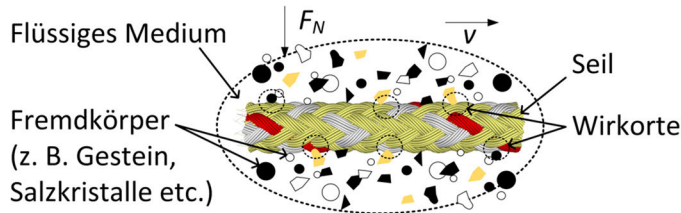
14

www.tu-chemnitz.de

4 Ergebnisse

Alterungs- und Verschleißerscheinungen

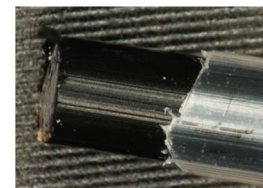
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



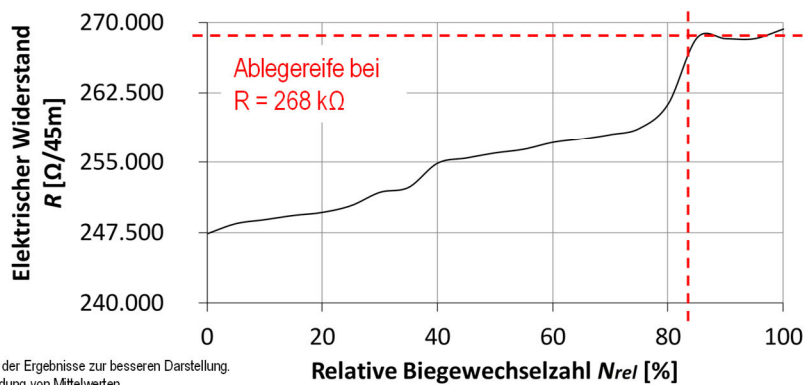
4 Ergebnisse

Elektrische Widerstandsmessung

- Integration von elektrisch leitfähigen Bikomponenten-Monofilen in ein 6-mm-Seil
- Ziel: Bestimmung der Ablegereife während des 5-Zonen-CBOS-Testes



Bikomponenten-Monofil



Auszug der Ergebnisse zur besseren Darstellung.
Verwendung von Mittelwerten.

4 Ergebnisse

1 Visuelle Analyse mittels eines Farbsensors

- Erfassung der verschleißbedingten Farbänderungen eines 6-mm-HM-HT-Seiles im CBOS-Test
- Ziel: Bestimmung der Ablegereife

Referenzseil



Ablegekriterium 1

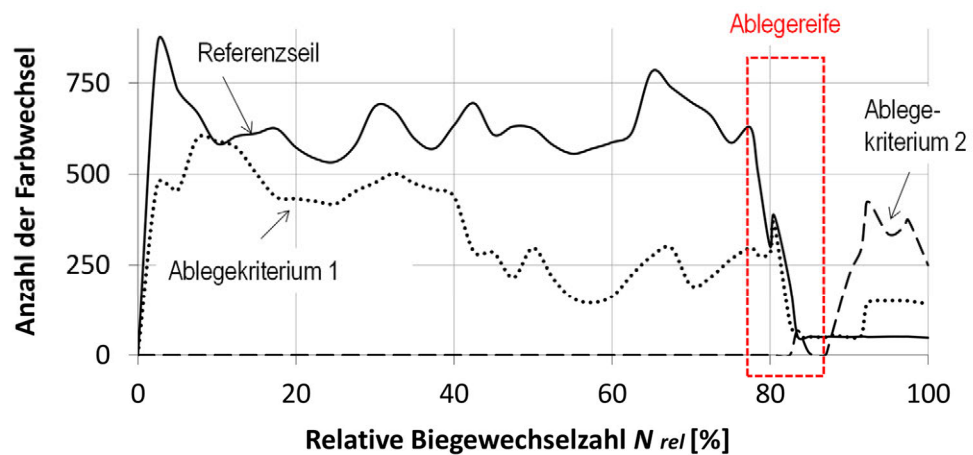


Ablegekriterium 2



4 Ergebnisse

1 Visuelle Analyse mittels eines Farbsensors



Auszug der Ergebnisse zur besseren Darstellung. Verwendung von Mittelwerten.

5 Ausblick

1

2

3

4

5

- Entwicklung verbesserter CBOS-Prüftechnik zur Erfassung von verschleiß- und alterungsbedingten Veränderungen am Seil
- Gestaltungsempfehlungen für HM-HT-Faserseile mit Ablegereifeerkennung



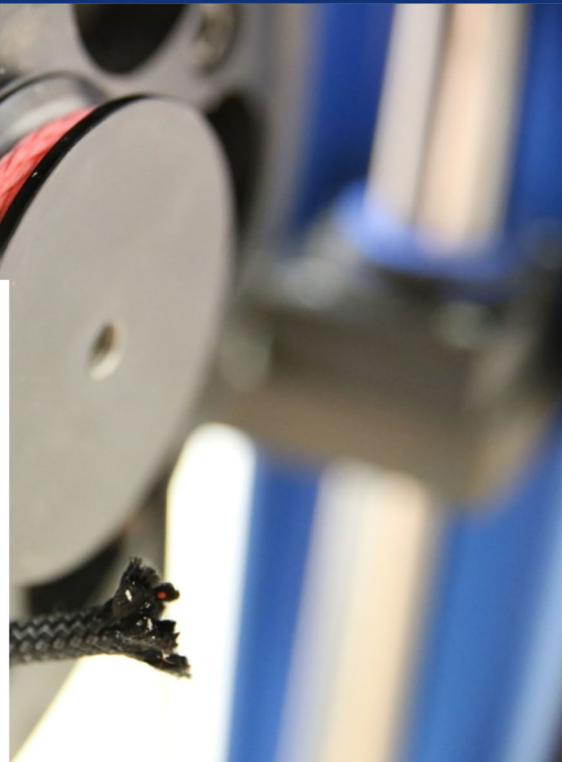
Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit.

Autoren-Partner:

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Felber
Technische Universität Chemnitz
E-Mail: andreas.felber@mb.tu-chemnitz.de

Prof. Dr.-Ing. Markus Golder
Technische Universität Chemnitz
E-Mail: markus.golder@mb.tu-chemnitz.de

Prof. Dr.-Ing. Wolfram Vogel
Gutachten-Vogel
E-Mail: wolfram.vogel@gutachten-vogel.de



Kontakt

Programm für Chancengleichheit der
Technischen Universität Chemnitz



Dipl.-Ing. Annett Schmieder
 Technische Universität Chemnitz
 Institut für Fördertechnik und Kunststoffe
 Professur Förder- und Materialflusstechnik

Reichenhainer Str. 70
 09126 Chemnitz
 Tel.: +49 (0) 371 531- 33892
 Telefax: +49 (0) 371 531-833892
 E-Mail: annett.schmieder@mb.tu-chemnitz.de



MENTOR

Prof. Dr.-Ing. Wolfram Vogel

Danziger Str. 46
 73614 Schorndorf

Tel.: +49 7181 99 47 142
 Mobil: +49 160 2021 358

E-Mail: wolfram.vogel@gutachten-vogel.de



Literatur

- [Michael.2011] M. Michael, Beitrag zur Treibfähigkeit von hochfesten synthetischen Faserseilen. TU Chemnitz. Dissertation, 2011.
- [Putzke.2011] E. Putzke, Untersuchung von Polymermodifikationen für deren Einsatz in synthetischen Fasern. TU Chemnitz, 2011.
- [Heinze. 2013] T. Heinze, Zug- und biegewechselbeanspruchte Seilgeflechte aus hochfesten Faserseilen. TU Chemnitz. Dissertation, 2013.
- [VDI 2358] VDI 2358 Verein deutscher Ingenieure, "Drahtseile für Fördermittel," Dezember 2012.
- [Mammitzsch.2015] J. Mammitzsch, Untersuchungen zum Einsatz von ultrahochmolekularen Polyethylenfasern in Seilen für die Fördertechnik. TU Chemnitz. Dissertation, 2015.
- [Teufelberger, 2016] TEUFELBERGER Seil Ges.m.b.H. (Wels, 2016): soLite - Das hochfeste Faserseil für Krane. Produktdatenblatt Teufelberger, Wels, 2016. Online verfügbar unter www.teufelberger.com.
- [Berndt.2018] D. Berndt, Inbetriebnahme eines Prüfstandes und Versuche zur Treibfähigkeit von HMHT-Faserseilen im Umgebungsklima eines Erzbergwerkes. TU Chemnitz. Masterarbeit, 2018.
- [Samson Rope] Samson Rope Technologies: Rope user´s manual. Guide to Rope Selection, Handling, Inspection and Retirement.



DEM-Modellierung von Be- und Entladezyklen in Festbett- Wärmespeichern

Thomas Mitterlehner



Thomas Mitterlehner

- Technische Universität Wien
- Bildungsweg:
 - 2006 – 2011 HTL Linz Paul-Hahn-Straße für Maschinenbau
 - 2012 – 2017 Maschinenbaustudium an der Technischen Universität Wien
 - Seit 2017 Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Technische Universität Wien
Institut für Konstruktionswissenschaften und Produktentwicklung
Forschungsgruppe für Konstruktionslehre und Fördertechnik



Analyse von Be- und Entladezyklen in Festbett-Wärmespeichern mittels DEM-Modellierung



Institut: Konstruktions-
wissenschaften und
Produktentwicklung

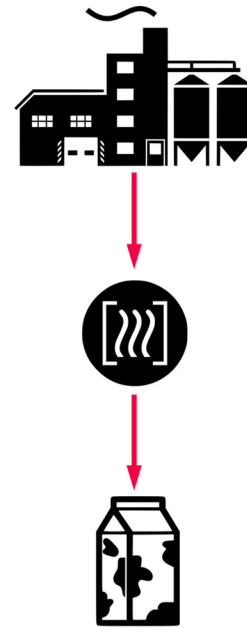
Dipl.-Ing. Thomas Mitterlehner

22.05.2019

Einleitung - Motivation

Motivation:

- Zementwerk mit Abwärmepotential von rund 400° C
- ↓
- Wärmeauskopplung implementieren → in Form eines Festbett-Wärmespeichers
- ↓
- Nutzung der Energie durch Wärme-Abnehmer → benachbarte Molkerei

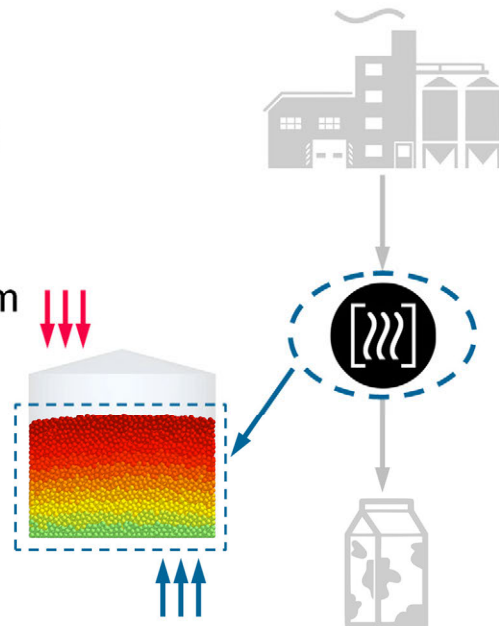


Im Zuge eines Projektes in Gmunden (OÖ) soll die Abwärme eines Zementwerks mit einem Abwärmepotential von rund 400°C genutzt werden. Dazu soll eine Wärmeauskopplung in Form eines Festbett-Wärmespeichers implementiert werden. Das wichtigste Ziel bei Wärmespeichern liegt darin, dass die thermische Energie zeitlich zwischen Entstehung und Nutzung von Wärme entkoppelt werden kann. Die Nutzung der Energie erfolgt durch die benachbarte Molkerei, die als Wärmeabnehmer fungiert.

Grundlagen zu Festbett-Wärmespeichern

Aufbau:

- Ein mit Schüttgut gefüllter Behälter (=Wärmespeicher)
- Schüttgut dient als wärmespeicherndes Medium
- Beladung durch Abwärme
- Entladung durch Nutzer



Beladung:

Aufwärmvorgang (Wärmespeicher wird von oben nach unten durchströmt)

Entladung:

Abkühlvorgang (Wärmespeicher wird von unten nach oben durchströmt)

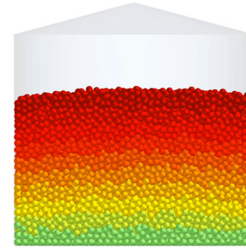
Grundlagen zur Schüttguttechnik

Was ist ein Schüttgut?

„Ein staubförmiges bis grobkörniges granulares Material mit und ohne Kohäsion, das neben einzelnen Feststoffteilchen (Partikel) auch Hohlräume zwischen diesen enthält, die evtl. mit Luft oder Feuchtigkeit gefüllt sind“ (DIN 1055-6)

Ansätze:

- Schüttgut als stückiges Gemenge
→ DEM-Ansatz
- Schüttgut als Kontinuum



Schüttgut als stückiges Gemenge:

Beschreibung des Verhaltens durch die Kräfte zwischen den einzelnen Partikeln

Schüttgut als Kontinuum:

Beschreibung des Verhaltens durch Kräfte auf die Begrenzungsflächen einzelner Volumenelemente

Grundlagen zur Schüttguttechnik

Schüttguteigenschaften (Kontinuum)

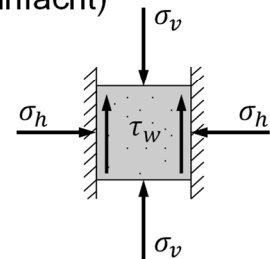
Feststoffdichte ρ_s : $\rho_s = \frac{m_s}{V_s}$

Porosität ε : $\varepsilon = \frac{V_{\text{Hohlraum}}}{V_b}$ ($0,1 < \varepsilon < 0,9$)

Schüttguldichte ρ_b : $\rho_b = (1 - \varepsilon) \cdot \rho_s$ (vereinfacht)

Wandreibungswinkel φ_x : $\tan \varphi_x = \mu = \frac{\tau_w}{\sigma_n}$

Horizontallastverhältnis λ : $\lambda = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$ ($0,3 < \lambda < 0,6$)



Feststoffdichte ρ_s :

Verhältnis der Masse m_s eines Partikels zum eingenommenen Volumen V_s

Porosität ε :

Verhältnis der Volumina der Hohlräume V_{Hohlraum} zwischen den Partikeln zum gesamten von der Partikelschüttung eingenommenen Volumen V_b

Schüttguldichte ρ_b :

Verhältnis der Masse $m_s = m_b$ einer Schüttgutmenge zum eingenommenen Volumen V_b

Wandreibungswinkel φ_x :

Verhältnis der Wandschubspannung τ_w zur Normalspannung σ_n

Horizontallastverhältnis λ :

In Schüttgütern stellt sich aufgrund einer vertikalen Belastung in der horizontalen Richtung eine Spannung σ_h ein, die kleiner ist als die Vertikalspannung σ_v . Dieses Verhältnis bezeichnet man als Horizontallastverhältnis λ .

$\lambda = 0$ freistehende Festkörper

$0 < \lambda < 1$ Schüttgüter

$\lambda = 1$ Flüssigkeiten

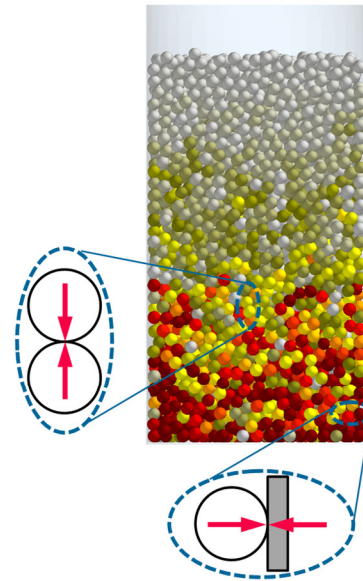
σ_h Horizontalspannung in Pa

σ_v Vertikalspannung in Pa

Problemstellung

„Thermal Ratcheting“

- Kontaktkraft zwischen den einzelnen Partikeln steigt → **Schädigung der Schüttung**
- Kontaktkraft zwischen Partikel und Behälterwand steigt → **Schädigung der Behälterwand**

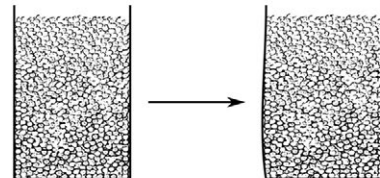


Unter **Thermal Ratcheting** versteht man die Zunahme von plastischer Verformung, die durch zyklische Belastungen hervorgerufen wird.

Aufgabenstellung

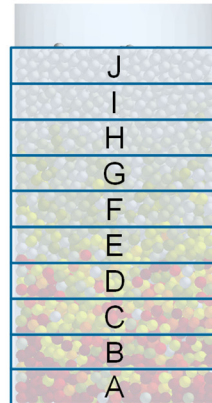
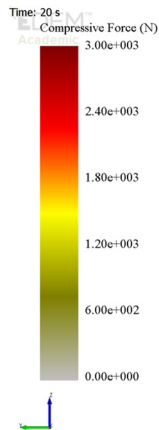
- Erstellung eines DEM-Modells, mit dem sich **Be- und Entladezyklen** abbilden lassen
- Ermittlung der **max. Belastung** der Behälterwand in Abhängigkeit der Höhe
- Grundlage für die **Dimensionierung** von Festbett-Wärmespeichern

Thermal-Ratcheting-Phänomen



Die Besonderheit liegt in der Berücksichtigung von Wärmeausdehnungen des Schüttgutes und der Untersuchung des Thermal-Ratcheting-Phänomens. Frühere Ergebnisse zeigten, dass steigende Kontaktkräfte der Schüttung und ein damit verbundener Druck-Anstieg auf die Wärmespeicherwände zu Schädigungen führen können. Dazu soll im ersten Schritt ein DEM-Modell erstellt werden, in dem sich die durch Be- und Entladezyklen hervorgerufenen Belastungen darstellen lassen.

Aufbau DEM-Modell



Einstellbare Parameter:

- Anzahl der Schichten (A-J)
- Be- und Entladegeschwindigkeit
- Thermische Ausdehnung

$$D_{max} = d_{Nenn} \cdot (1 + \Delta T \cdot \alpha)$$
- Be- und Entladebeginn
- Anzahl der Be- und Entladezyklen

Aufbau des DEM-Modells:

Damit die Temperaturverteilung bei Be- und Entladung des Wärmespeichers dargestellt werden kann, wird der Inhalt des Wärmespeichers in zehn Schichten (A-J) aufgeschüttet. Über die Be- und Entladegeschwindigkeit kann die Geschwindigkeit der Vergrößerung bzw. Verkleinerung der Partikel eingestellt werden. Bei Erreichen von D_{max} stoppt der Vergrößerungsvorgang. Mit dem Be- und Entladebeginn der einzelnen Schichten kann die thermische Ausdehnung der Partikel zu einem Zeitpunkt unabhängig voneinander verändert werden. Schließlich können über die Anzahl der Be- und Entladezyklen mehrere Durchläufe simuliert werden, um zu untersuchen, ob sich die Belastung im Laufe mehrere Zyklen verändert.

Vorläufige Ergebnisse der Testgeometrie

Schüttgut:

Kantkorn

Geometrie:

D=1,7m

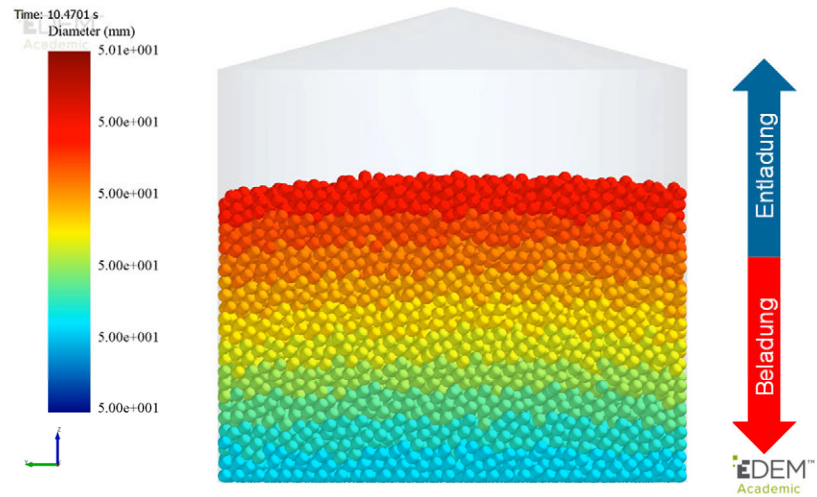
H=1,5m

Partikelanzahl:

25.000

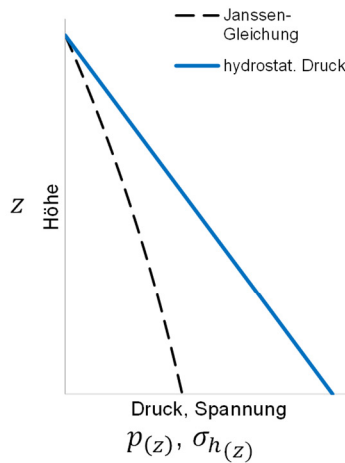
Partikel- \varnothing :

50mm



Normierung der Ergebnisse

Schüttdruck & hydrostatischer Druck



Hydrostatischer Druck:

$$p(z) = p_0 + \rho_b \cdot g \cdot z$$

Janssen-Gleichung:

$$\sigma_{v(z)} = \frac{\rho_b \cdot g \cdot A}{\lambda \cdot \tan \varphi_x \cdot U} \cdot \left[1 - e^{-\frac{\lambda \cdot \tan \varphi_x \cdot U \cdot z}{A}} \right]$$

Horizontaldruck (Radialdruck) am Boden (nach Janssen):

$$\sigma_{h_{Boden}} = \lambda \cdot \sigma_{v_{Boden}}$$

Um eine bessere Vergleichbarkeit zu erreichen werden die auftretenden Horizontaldrücke (=Radialdrücke) normiert. Dazu wurde einerseits der hydrostatische Druck und andererseits der horizontale Schüttdruck in Betracht gezogen.

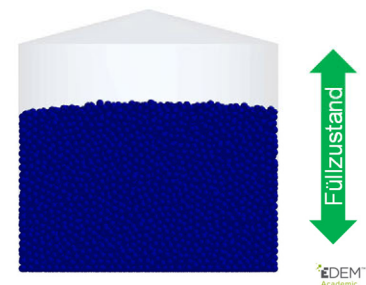
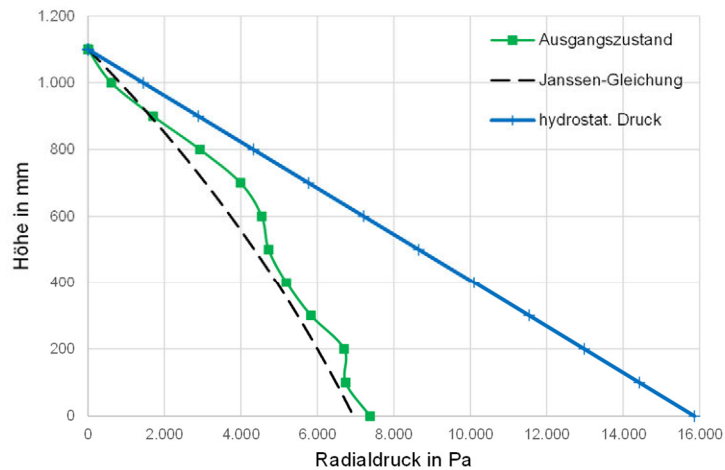
Die Normierung der Ergebnisse erfolgt mit dem aus der Janssen-Gleichung ermittelten analytischen Wert am Behälterboden (siehe Folie 17).

Ergebnisse

Ausgangszustand A (unbeladen)



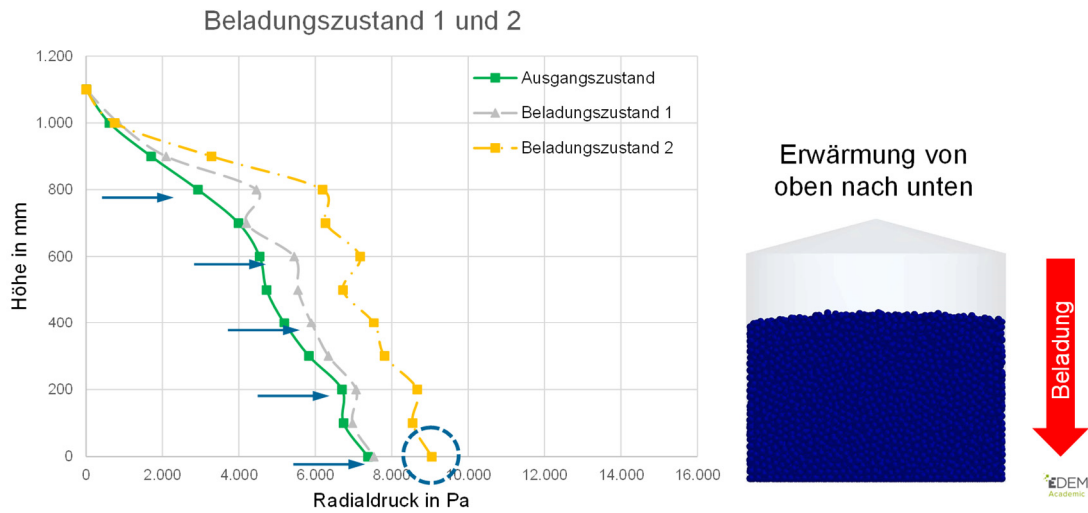
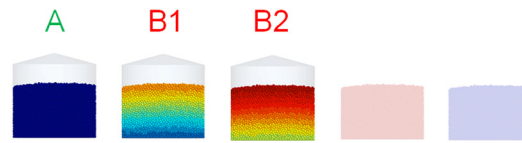
Ausgangszustand - horizontaler Schüttdruck



Hier wird der Radialdruck im Ausgangszustand in Abhängigkeit der Höhe dargestellt (grüne Linie). Weiters ist der Horizontaldruck nach Janssen (schwarz strichlierte Linie) und der hydrostatische Druck (blaue Linie) eingezeichnet.

Ergebnisse

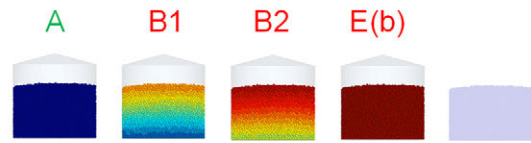
Beladungszustand B1, B2



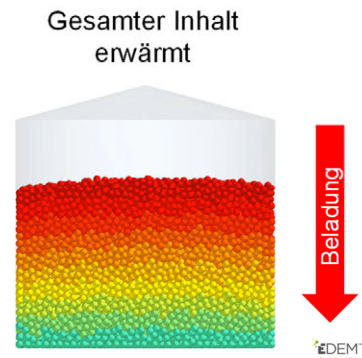
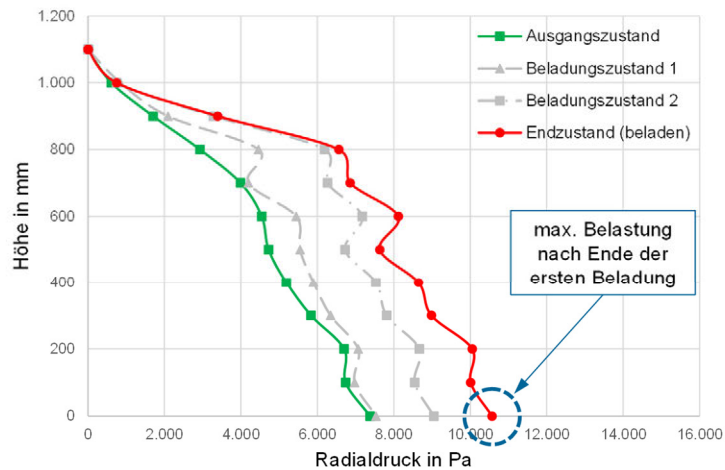
Das abgebildete Diagramm zeigt den Radialdruck im Beladungszustand 1 und 2 in Abhängigkeit der Höhe. Die ursprüngliche Linie des Ausgangszustandes (grün) verschiebt sich mit zunehmender Beladung nach rechts und nimmt in jeder Höhenlage höhere Drücke an (graue und orange Linie).

Ergebnisse

Endzustand E(b) (beladen)



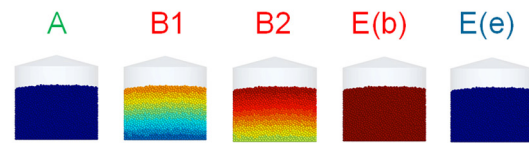
Endzustand (beladen)



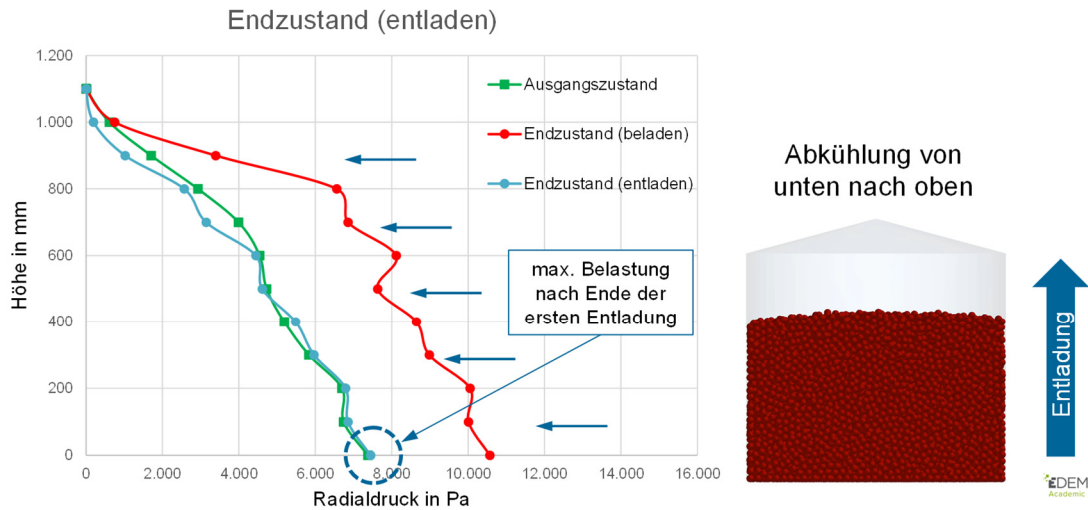
Hier wird der Radialdruck im Endzustand (beladen) in Abhängigkeit der Höhe dargestellt. Die ursprüngliche Linie des Ausgangszustands (grün) hat ihren Endzustand erreicht (rote Linie).



Ergebnisse



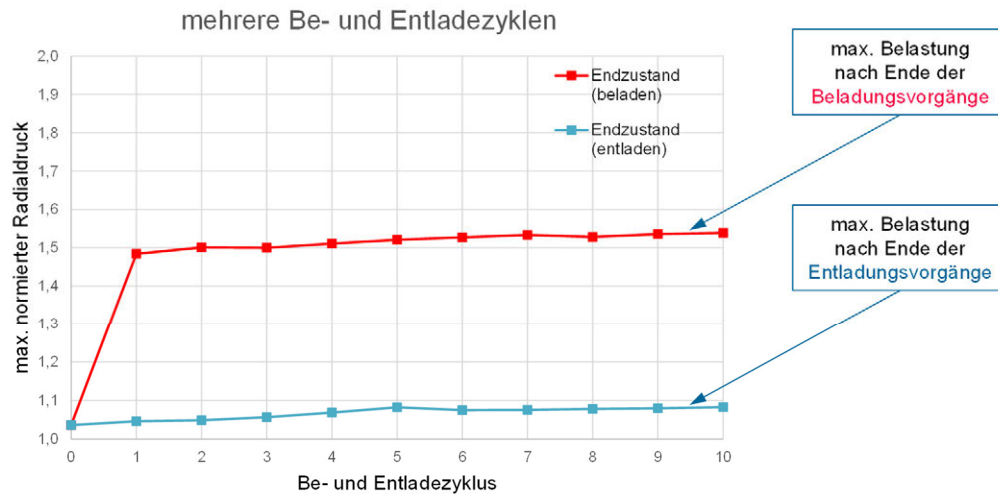
Endzustand E(e) (entladen)



Das abgebildete Diagramm zeigt den Radialdruck im Endzustand (entladen) in Abhängigkeit der Höhe (blaue Linie). Der Radialdruck (rote Linie) im Endzustand (beladen) verschiebt sich im Laufe des Entladevorganges wieder zu niedrigeren Belastungen. Dabei ist zu sehen, dass nach Beendigung des Entladevorganges die max. Belastung am Boden nun höher ist als zu Beginn des Ausgangszustandes (grüne Linie).

Ergebnisse

10 Be- und Entladezyklen



Bis jetzt wurde in Summe nur ein Be- und ein Entladevorgang betrachtet. Schlussendlich ist es von Interesse, ob sich die Belastung im Laufe mehrerer Zyklen verändert. Dazu wurde der max. auftretende normierte Radialdruck (mit dem max. horizontalen Druck von Janssen normiert) in Abhängigkeit des Be- und Entladezyklus aufgetragen. Die rote Linie bildet die max. Belastung am Ende der Beladung ($T = 400^{\circ}\text{C}$) und die blaue Linie die max. Belastung am Ende der Entladung ($T = 100^{\circ}\text{C}$) ab. Wie das Ergebnis zeigt, steigt die Belastung bei Beladung auf den 1,5-fachen Radialdruck nach Janssen an. Bei jeder weiteren Beladung erhöht sich der Druck nur mehr wenig.

Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse

- DEM-Modell, mit dem sich beliebig viele **Be- und Entladezyklen** abbilden lassen
- Darstellung des **Belastungsanstiegs** der Behälterwand in Abhängigkeit der Be- und Entladezyklen
- Ermittlung der max. Belastung der Behälterwand, für die **Dimensionierung** von Festbett-Wärmespeichern

Ausblick: Schüttgutkalibrierung

Kalibriervorrichtung (Entwurf):

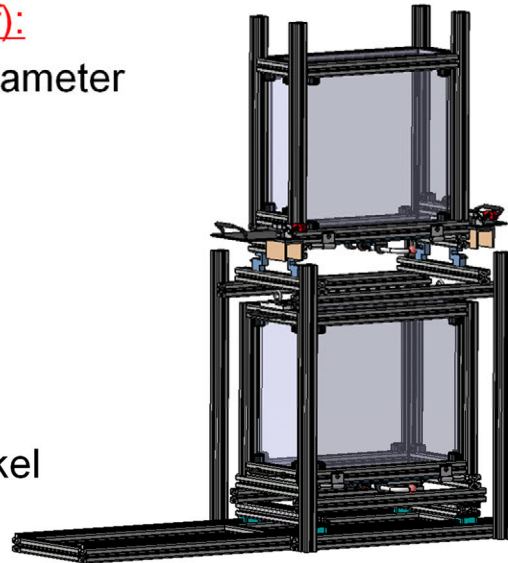
- Kalibrierung der DEM-Parameter

Vereinfachungen:

- Partikelgröße
- Partikelform
- Partikelsteifigkeit

Draw-Down-Versuch:

- Ermittlung Böschungswinkel
- Ermittlung Massenfluss
- Ermittlung Massenanteil



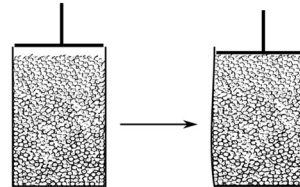
Um trotz der für die DEM-Simulation erforderlichen Vereinfachungen das Schüttgutverhalten richtig abbilden zu können, ist eine Kalibrierung der Schüttgutparameter notwendig. Diese Vereinfachungen sind insbesondere die sphärische Abbildung der **Kornform** sowie die Erhöhung der **Partikelgröße** und die Verringerung der **Partikelsteifigkeit**. Dadurch kann die Rechenzeit erheblich reduziert werden.

Obwohl die erwähnten Vereinfachungen bei fast jeder DEM-Simulation angewendet werden, gibt es aktuell keine Standard-Kalibriermethode. In den meisten Fällen wird über den Böschungswinkel (Angle of repose test = AoR) kalibriert. Dabei wird aber nur eine Größe in Form des Böschungswinkel betrachtet, um die beiden Reibparameter zu kalibrieren. Damit man in Summe mehr unabhängige Größen für die Ermittlung der beiden Reibparameter miteinbezieht, kommt der Draw-Down-Versuch zur Anwendung. Hier wird neben dem Böschungswinkel ($^{\circ}$) auch der Massefluss (kg/s) und der verbliebene Massenanteil (%) in der oberen Kammer gemessen.

Ausblick

Weitere Schritte:

- Schüttgut-Kalibrierung
- Validierung der Ergebnisse (experimentell)
- Einfluss Größenskalierung (Coarse-graining)
- Umlegung auf originale Wärmespeicher-Geometrie



Analyse von Be- und Entladezyklen in Festbett-Wärmespeichern mittels DEM-Modellierung

Univ. Ass. Dipl.-Ing. Thomas Mitterlehner

Technische Universität Wien

Institut für Konstruktionswissenschaften und Produktentwicklung (E307)

Forschungsgruppe Konstruktionslehre und Fördertechnik

Getreidemarkt 9, 1060 Wien

e-mail: thomas.mitterlehner@tuwien.ac.at



Der Dreiklang *(nicht nur) in der (technischen) Logistik*

Jan Kaulfuhs-Berger

Jan Kaulfuhs-Berger

- Technische Logistik – Hebezeuge Fördermittel
- seit November 2016 Chefredakteur „Technische Logistik“
- praktizierender Journalist



Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019



Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Zu Beginn

Was gibt es stabileres als ein Tisch mit drei Beinen?

Sinnbild in der Mathematik / Geometrie

Alles auf Anfang

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019



Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Jan Kaulfuhs-Berger

- ... gelernter Kaufmann
- ... studierter Ingenieur
- ... praktizierender Journalist

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik . bauwesen . wirtschaft

**Technische
Logistik**
Hebezeuge
Fördermittel

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Jan Kaulfuhs-Berger

- seit nahezu 20 Jahren in der Logistik
- Öffentlichkeitsarbeit auf beiden Seiten des Schreibtisches
- seit November 2016 Chefredakteur „Technische Logistik“

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik . bauwesen . wirtschaft

**Technische
Logistik**
Hebezeuge
Fördermittel



Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Die (Fach-)Medien

Gibt es eine Zukunft in Zeiten der Digitalisierung?

Wenn ja, wie sieht diese aus?

Die Antwort liegt im Dreiklang.

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019



Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Die (Fach-)Medien (der Zukunft)

- ... News / Fotos / Videos / Podcasts etc. → **Online**
- ... Reportagen / Features / Fachbeiträge etc. → **Print** (*exklusiv*)
- ... Archivierung / späterer Abruf etc. → **Online** (*ggf. Print*)

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019



Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

(Intra-)Logistik-Branche

- ... **Forschung / Universität**
- ... **Wirtschaft / Unternehmen**
- ... **Öffentlichkeitsarbeit / Medien**

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik. bauwesen. wirtschaft

Technische
Logistik
Hebezeuge
Fördermittel

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Trends (in der Logistik)

- besonders tiefgreifende und nachhaltige Entwicklung** *(Soziologie)*
- Entwicklung im math., statistischen, (mess)techn. und wirtsch. Bereich** *(Statistik)*
- eine voraussichtlich eintretende Marktentwicklung** *(Wirtschaft)*

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

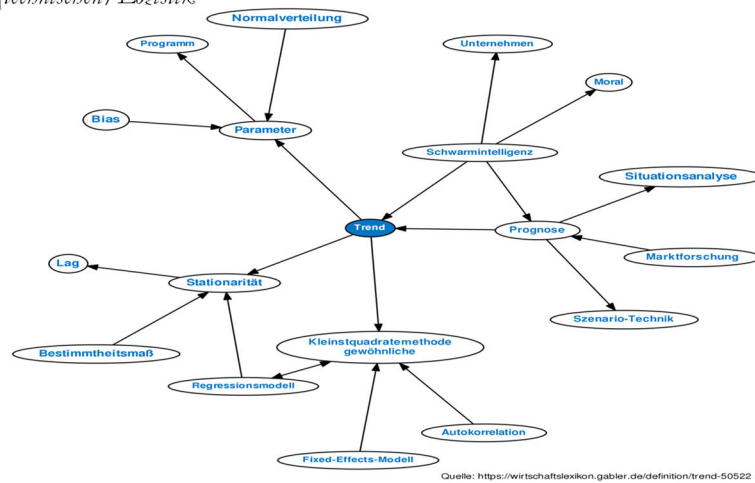
huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik. bauwesen. wirtschaft

Technische
Logistik
Hebezeuge
Fördermittel

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik_bauwesen_wirtschaft



www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

**Technische
Logistik**
Hebezeuge
Fördermittel

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik_bauwesen_wirtschaft

Trends (in der Logistik)

Quelle: Gablers Wirtschaftslexikon

Komponente einer Zeitreihe, von der angenommen wird, dass sie längerfristig und nachhaltig wirkt.

Funktion der Zeit, die die Grundrichtung des Verlaufs einer Zeitreihe ausdrückt und meist auch als deterministischer Trend bezeichnet wird.

Hier sind Abweichungen vom Trend stationär, d.h. es gibt immer wieder eine Tendenz zurück zum Trend.

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

**Technische
Logistik**
Hebezeuge
Fördermittel

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik_bauwesen_wirtschaft

Trends in der Logistik / Intralogistik ... ein einziges Hin und Her

Robotik

Fahrerlose Transportsysteme

Sonstige Trends - *Kostenreduktion / Kostenoptimierung*
- *Alternative Antriebskonzepte / Energiespeicher*
- *Digitalisierung / Industrie X.0*

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

Technische
Logistik
Hebezeuge
Fördermittel

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik_bauwesen_wirtschaft

Robotik

universell einsetzbarer Bewegungsautomat mit mehreren Achsen

1920: erste Erwähnung im Drama „R.U.R.“ des Tschechen Karel Capek

1954: Geburtsstunde durch Patententwurf des Amerikaners George Devol

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

Technische
Logistik
Hebezeuge
Fördermittel



Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Robotik (gestern, heute, morgen)

Produktion / Handel

Logistik / Intralogistik

Menschersatz / „Sophia“

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik_bauwesen_wirtschaft

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

**Technische
Logistik**
Hebezeuge
Fördermittel

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Fahrerlose Transportsysteme

Anlagen mit Flurförderzeugen ohne Bedienungspersonal

elektromotorisch angetrieben und automatisch gesteuert

führt auf festgelegtem Fahrkurs innerbetriebliche Transportaufgaben durch

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik_bauwesen_wirtschaft

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

**Technische
Logistik**
Hebezeuge
Fördermittel

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Fahrerlose Transportsysteme

1954: erstes FTF von Barrett-Cravens Co. *für industriellen Einsatz*

Ende 1960: Anlagen mit mehreren FTF *Geburtsstunde Fahrerlose Transportsysteme*

2019: LogiMAT in Stuttgart *geföhlt jeder zweite Stand mit Fahrerlosen Transportsystem*

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik. bauwesen. wirtschaft

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

Technische
Logistik
Hebezeuge
Fördermittel

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Fahrerlose Transportsysteme

Sensortechnik

Navigation

Sicherheit

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik. bauwesen. wirtschaft

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

Technische
Logistik
Hebezeuge
Fördermittel



Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Sonstige Trends

Kostensenkung / Kostenoptimierung

Alternative Antriebskonzepte / Energiespeicher

Digitalisierung / Industrie X.0

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019



huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik_bauwesen_wirtschaft

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Kostensenkung / Kostenoptimierung

Nutzungsdauer

Fernwartung / Online-Kundendienst

Remote-Bedienungen

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019



Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik_bauwesen_wirtschaft

Alternative Antriebskonzepte / Energiespeicher

Konzepte zum Antrieb von Fahrzeugen *die sich bezüglich ihrer Energieart oder konstruktiven*

Brennstoffzelle

Lösung von den auf dem Markt verbreiteten

Elektromobilität

Antriebstechniken wesentlich unterscheiden.

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

**Technische
Logistik**
Hebezeuge
Fördermittel

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik_bauwesen_wirtschaft

Digitalisierung / Industrie X.0

Industrie 4.0

Industrie 5.0

Industrie 6.0

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

**Technische
Logistik**
Hebezeuge
Fördermittel



Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Digitalisierung / Industrie 4.0

erste industrielle Revolution, die im Voraus erkannt/geplant wurde (Prof. Fottner)

keine Marketingstrategie, sondern Verknüpfung aus Prozess und Technologie

Internet der Dinge

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019



Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Digitalisierung / Industrie 5.0

steht vor der Tür – max. 20 Jahre, eher früher

Additive Manufacturing

(fortschreitende) **Digitalisierung der Produktion**

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019



huss HUSS-MEDIEN GmbH
technik_bauwesen_wirtschaft

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

Digitalisierung / Industrie 6.0

Mensch als Bestandteil der vernetzten Welt

(Weiterentwicklung der) Künstlichen(n) Intelligenz

Programmierte Gefühle sind keine echte Gefühle

www.huss.de

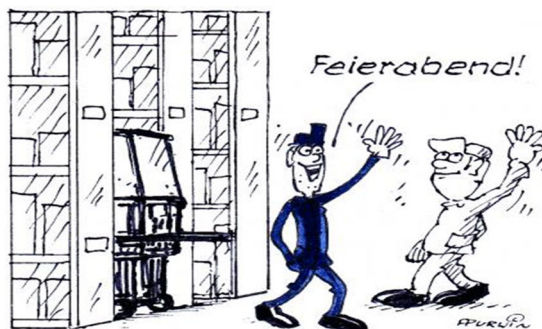
Graz, 22. Mai 2019

Technische
Logistik
Hebezeuge
Fördermittel

Der Dreiklang

(nicht nur) in der (technischen) Logistik

... sei es wie es sei – was bleibt ist: Der Mensch im Mittelpunkt!



www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019

Technische
Logistik
Hebezeuge
Fördermittel

Vielen Dank ...

... für Ihre Aufmerksamkeit!

Jan Kaulfuhs-Berger

Technische Logistik
Am Friedrichshain 22
10407 Berlin

+49 30 42151371

www.technische-logistik.net
jan.kaulfuhs-berger@technische-logistik.net

elements of journalism
Wappachweg 4
82457 Bayenschi Gmain

+49 177 8797000

contact@elements-of-journalism.de
jan.kaulfuhsberger@gmail.com

www.huss.de

Graz, 22. Mai 2019



Digitalisierung eines Milkruns

Matthias Eder, Maria Hulla, Sascha Gotthardt,
Hugo Karre, Christian Ramsauer

Einleitung

Um den aktuellen Trends und Herausforderungen in Industrieunternehmen, wie steigende Variantenvielfalt, kürzere Produktlebenszyklen und höhere Produktkomplexität zu begegnen, ist die Produktionslogistik eine der vielversprechendsten Hebel zur Optimierung von Produktionssystemen geworden. Zur Erhöhung der Effizienz in der internen Materialversorgung wurden in der Vergangenheit verschiedene Lean-Methoden wie der Milkrun eingeführt [1, 2]. In der Literatur wurde gezeigt, dass Digitalisierungstechnologien zur Verbesserung von Lean-Methoden eingesetzt werden können. Dennoch gibt es derzeit wenig wissenschaftliche Literatur zur Digitalisierung von Milkrun-Systemen, insbesondere in Lernfabriken [3]. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Arbeit ein digitalisierter Milkrun in der LEAD Factory, der Lernfabrik der Technischen Universität Graz, eingeführt. Das digitalisierte Milkrun-System beinhaltet ein Auftragsmanagementsystem, welches der Logistikmitarbeiter oder dem Logistikmitarbeiter einen Überblick über offene Aufträge gibt und anzeigt, wo sich die zu kommissionierenden Teile im Regal befinden. Der Kommissionierungsvorgang wird zusätzlich mit einem eigens entwickelten Pick-to-Light-System optimiert. Darüber hinaus wird das digitalisierte Milk-run System um eine Routenberechnung ergänzt, die es mit dem A*-Algorithmus ermöglicht, den optimalen Weg vom Lager zum Arbeitsplatz zu ermitteln. Im Zuge der Arbeit wurde das digitalisierte Milkrun-System evaluiert indem die Prozesszeiten mit dem nicht digitalisierten System verglichen wurden.

Die LEAD Factory

Die LEAD Factory wird vom Institut für Innovation und Industriemanagement der Technischen Universität Graz betrieben. Diese Forschungs- und Lehrumgebung ermöglicht praxisnahes Training in einem industriellen Umfeld in den Bereichen Lean Management, Energieeffizienz, Agilität und Digitalisierung (LEAD). Während des Trainings montieren die Schulungsteilnehmer den 60-teiligen TUG Scooter. Das didaktische Konzept dieser Lernfabrik basiert auf drei verschiedenen Zuständen:

- 1) Der nicht optimierte Zustand, der sich durch ineffiziente Arbeitsabläufe, nicht optimierte Arbeitsbelastung, unklare Anweisungen für die Schulungsteilnehmer, unzureichende Werkzeuge etc. auszeichnet.
- 2) Der Lean-Zustand, in dem Lean-Grundprinzipien wie 5S, Flussprinzip, Wertstromanalyse, sieben Verschwendungsarten, Heijunka und Kanban implementiert sind.
- 3) Im digitalisierten Zustand sind einige Technologien und Assistenzsysteme im Einsatz. Unter anderem werden in der LEAD Factory RFID-Tags zusammen mit einem Produktionskontrollsystem integriert, die den Produktionsfortschritt verfolgen.

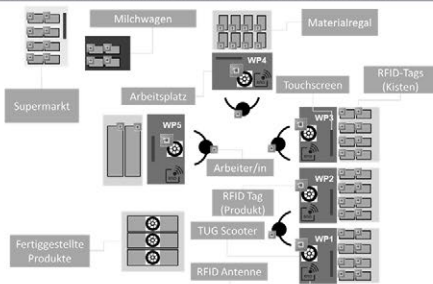


Abb. 1. Der digitalisierte Zustand der LEAD Factory. Um Bestellungen zu verfolgen, wurden die Nachschubkisten mit RFID Tags ausgestattet

Digitalisierung der Aufträge

Die Produktionskontrolle in der LEAD Factory erfolgt über ein RFID-System. Auf Basis dieses Systems ist bekannt, welcher Mitarbeitende zu einem bestimmten Zeitpunkt an welchem Produkt an welchem Arbeitsplatz arbeitet. Abb. 1 veranschaulicht eine schematische Darstellung der LEAD Factory inklusive RFID-Tags und Antennen. An den Arbeitsplätzen 1 bis 4 wird das Produkt (TUG Scooter) montiert und an Arbeitsplatz 5 wird der Scooter verpackt. RFID-Transponder werden am Produkt, an den Arbeitskarten und an den Kisten angebracht, die Teile für die Montage des Scooters enthalten. Die Kisten werden in den Materialregalen an jedem Arbeitsplatz sowie im Supermarkt gelagert. An jedem Arbeitsplatz befindet sich ein RFID-Empfänger, der sowohl das Produkt an der Station als auch den Monteur des Produkts identifizieren kann. Darüber hinaus kann mit dem RFID-Tag auf den Kartons signalisiert werden, dass dem Arbeitsplatz die Teile ausgehen und die Teile mit dem Milkwagen vom Supermarkt zum Arbeitsplatz transportiert werden müssen. Die eindeutige Identifikationsnummer der RFID-Transponder wird in einer zentralen Datenbank gespeichert. Dadurch ist eine vollständige Beobachtung des Prozesses möglich.

Alle paar Sekunden fragt der digitale Lagerstand beim Hauptserver nach neuen Aufträgen. Befindet sich eine leere Box unter dem Arbeitsplatz, wird diese von einer RFID Antenne erfasst, ein neuer Auftrag generiert und an den Leitstand weitergeleitet. Hier wird der Auftrag dem Logistiker sofort auf einem Bildschirm angezeigt. Im Supermarkt ist jedem Teil eine Position im Regal zugewiesen, die in der Datenbank gespeichert ist. So weiß der Leitstand, wo sich das Teil befindet und dank eines Pick-to-Light-Systems, das ein visueller Indikator dafür ist wo das Teil im Regal zu finden ist, kann der Logistikmitarbeitende das Material sofort sehen, und es so schneller kommissionieren. Ein Visualisierungsbeispiel der Leitstelle in dem schwarze Räder an einem Arbeitsplatz benötigt werden ist in Abb. 2 (links) dargestellt.

Optimales Routing

Nach der Kommissionierung aller Teile für den Auftrag wird dieser vom Logistikmitarbeitenden bestätigt und auf dem Bildschirm erscheint der optimale Weg durch das Werk für die Lieferung (Abb.2 rechts). Der Arbeiter kann so wieder schneller am Leitstand sein und in kürzester Zeit die nächsten Aufträge kommissionieren. Der Algorithmus, mit dem der kürzeste Weg gefunden wird, basiert auf Dijkstra [4], heißt A* (A-Stern) und wurde 1968 von Peter Hart et al. [5] veröffentlicht. Der Algorithmus beruht auf der Annahme, dass der kürzeste Weg zwischen einem Start- und einem Zielpunkt ein direkter sein muss und sucht daher nicht in die breite Umgebung, sondern versucht, dem Ziel so schnell wie möglich nahe zu kommen, ohne den Weg zu kennen. Erst wenn der Algorithmus nicht mehr in der Lage ist, direkte Fortschritte zu machen, wird ein alternativer Weg in die Tiefe berechnet. Dieser Algorithmus wird hauptsächlich in der Robotik eingesetzt, wo es für einen Roboter besonders wichtig ist, schnell den richtigen Weg zu finden. In Abb. 2 (rechts) ist ein Beispiel für einen optimalen Weg vom Lager zum Arbeitsplatz, an dem der Auftrag benötigt wird, dargestellt. Hellgraue Felder kennzeichnen den Gehweg. Andere Farben zeigen verschiedene Funktionen an, das Lager ist blau markiert, die fünf Arbeitsplätze (WP, engl. workplace) sind grün dargestellt und der Logistiker mit dem Milkwagen ist rot markiert.

Die Implementierung des digitalisierten Systems verbessert die Leistung des Milkrun Systems in zweierlei Hinsicht. Erstens muss der Logistikmitarbeiter/die Logistikmitarbeiterin die gesamte Route nicht mehr wie bisher periodisch gehen, sondern kann auf Aufträge am zentralen Leitstand im Lager warten. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass der Auftrag vom Logistikmitarbeitenden sofort bearbeitet und keine Zeit verschwendet wird. Zudem verkürzt sich die Lieferzeit um die Hälfte, da die leeren Kartons nicht mehr vorher am Arbeitsplatz abgeholt werden müssen, sondern nur noch durch volle Kartons ersetzt werden. Zweitens werden dabei Leerfahrten vollständig eliminiert, was eine Reduktion der Zyklen bedeutet. Durch diese Verbesserungen lernen die Schulungsteilnehmer der Lernfabrik, wie sie die Digitalisierung im Kontext der Produktion effektiv nutzen können und welche Vorteile solche Systeme in der Industrie bieten.

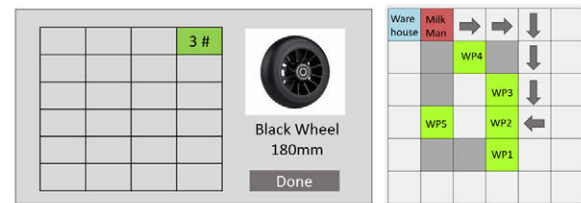


Abb. 2. Beispielbildschirm für eine Kommissionierungsstation (links); Visualisierung der Route für den Logistikmitarbeitenden (rechts)

Kurzbewertung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde die Einführung eines digitalisierten Milkrun-Systems vorgestellt. Das entwickelte System realisiert mit RFID eine automatische Auftragsgenerierung für den Supermarkt, bei der die Pick-to-Light-Technologie den Mitarbeitenden unterstützt, indem sie die Position des gewünschten Ersatzteils im Lager anzeigt. Darüber hinaus ist es nun möglich, die kürzesten Wege für den Milkrun zu berechnen und damit auch Transportzeiten und -kosten zu reduzieren. Für den nicht-digitalisierten Prozess, bei dem der Milkrun im Lager beginnt, dauerte der Prozess der Abholung der leeren Kartons vom Arbeitsplatz, der Entnahme der Teile im Supermarkt und des Rücktransports der Kartons zu den Arbeitsplätzen durchschnittlich 66,6 Sekunden. Nach Einführung des digitalisierten Milkrun-Systems verkürzte sich die Gesamtzeit für die Lieferung von Ersatzteilen auf 30,2 Sekunden. Es gibt weitere Möglichkeiten, das Milkrun-System noch effizienter zu gestalten. Unter anderem könnte der Kommissionierungsprozess weiter verbessert werden, indem Sensoren auf der Pick-to-Light-Leiste angebracht werden. Diese können erkennen, wie viele Teile aus welchem Regal im Lager entnommen wurden. Darüber hinaus ist es bereits heute möglich, die Logistikmitarbeitenden komplett durch automatisierte Maschinen zu ersetzen. Sowohl der Kommissionierungsprozess als auch die Anlieferung des Materials sind in vielen Fabriken bereits heute vollautomatisch. In Zukunft kann dieser Nachholbedarf auch in Lernfabriken umgesetzt werden [6], um den Schulungsteilnehmern zu zeigen, wie automatisierte Maschinen, die rund um die Uhr im Einsatz sind, in einer Fabrik Kosten senken können.

Literatur

- [1] H. Hirsch-Kreinsen, Wandel von Produktionsarbeit-„Industrie 4.0“. WSI-Mitteilungen 67 (2014) 421-429.
- [2] J. Enke, G. Rupert, A. Krefß, J. Hambach, M. Tisch, J. Metternich, Industry 4.0 – Competencies for a modern production system, Procedia manufacturing 23 (2018) 267-272.
- [3] T. Qu, Y. D. Chen, Z. Z. Wang, D. X. Nie, H. Luo, G. Q. Huang, Internet-of-Things-based just-in-time milk-run logistics routing system. IEEE 12th International Conference on Networking, Sensing and Control (2015) 258-263
- [4] E. W. Dijkstra, A note on two problems in connexion with graphs. Numerische mathematic, 1 (1959) 269-271
- [5] P. E. Hart, N. Nilsson, B. Raphael, A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. IEEE transactions on Systems Science and Cybernetics 4.2 (1968) 100-107
- [6] M. Scholz., S. Kreitlein, C. Lehmann, J. Böhner, J. Franke, R. Steinhilper, Integrating Intralogistics into Resource Efficiency Oriented Learning Factories, Procedia CIRP 54 (2016) 239-244

Einleitung

Um den aktuellen Trends und Herausforderungen in Industrieunternehmen, wie steigende Variantenvielfalt, kürzere Produktlebenszyklen und höhere Produktkomplexität zu begegnen, ist die Produktionslogistik eine der vielversprechendsten Hebel zur Optimierung von Produktionssystemen geworden. Zur Erhöhung der Effizienz in der internen Materialversorgung wurden in der Vergangenheit verschiedene Lean-Methoden wie der Milkrun eingeführt [1, 2]. In der Literatur wurde gezeigt, dass Digitalisierungstechnologien zur Verbesserung von Lean-Methoden eingesetzt werden können. Dennoch gibt es derzeit wenig wissenschaftliche Literatur zur Digitalisierung von Milkrun-Systemen, insbesondere in Lernfabriken [3]. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Arbeit ein digitalisierter Milkrun in der LEAD Factory, der Lernfabrik der Technischen Universität Graz, eingeführt. Das digitalisierte Milkrun-System beinhaltet ein Auftragsmanagementsystem, welches der Logistikmitarbeiterin oder dem Logistikmitarbeiter einen Überblick über offene Aufträge gibt und anzeigt, wo sich die zu kommissionierenden Teile im Regal befinden. Der Kommissionierungsvorgang wird zusätzlich mit einem eigens entwickelten Pick-to-Light-System optimiert. Darüber hinaus wird das digitalisierte Milk-run System um eine Routenberechnung ergänzt, die es mit dem A*-Algorithmus ermöglicht, den optimalen Weg vom Lager zum Arbeitsplatz zu ermitteln. Im Zuge der Arbeit wurde das digitalisierte Milkrun-System evaluiert indem die Prozesszeiten mit dem nicht digitalisierten System verglichen wurden.

Die LEAD Factory

Die LEAD Factory wird vom Institut für Innovation und Industriemanagement der Technischen Universität Graz betrieben. Diese Forschungs- und Lehrumgebung ermöglicht praxisnahes Training in einem industrienahen Umfeld in den Bereichen Lean Management, Energieeffizienz, Agilität und Digitalisierung (LEAD). Während des Trainings montieren die Schulungsteilnehmer den 60-teiligen TUG Scooter. Das didaktische Konzept dieser Lernfabrik basiert auf drei verschiedenen Zuständen:

- 1) Der nicht optimierte Zustand, der sich durch ineffiziente Arbeitsabläufe, nicht optimierte Arbeitsbelastung, unklare Anweisungen für die Schulungsteilnehmer, unzureichende Werkzeuge etc. auszeichnet.
- 2) Der Lean-Zustand, in dem Lean-Grundprinzipien wie 5S, Flussprinzip, Wertstromanalyse, sieben Verschwendungsarten, Heijunka und Kanban implementiert sind.
- 3) Im digitalisierten Zustand sind einige Technologien und Assistenzsysteme im Einsatz. Unter anderem werden in der LEAD Factory RFID-Tags zusammen mit einem Produktionskontrollsystem integriert, die den Produktionsfortschritt verfolgen.

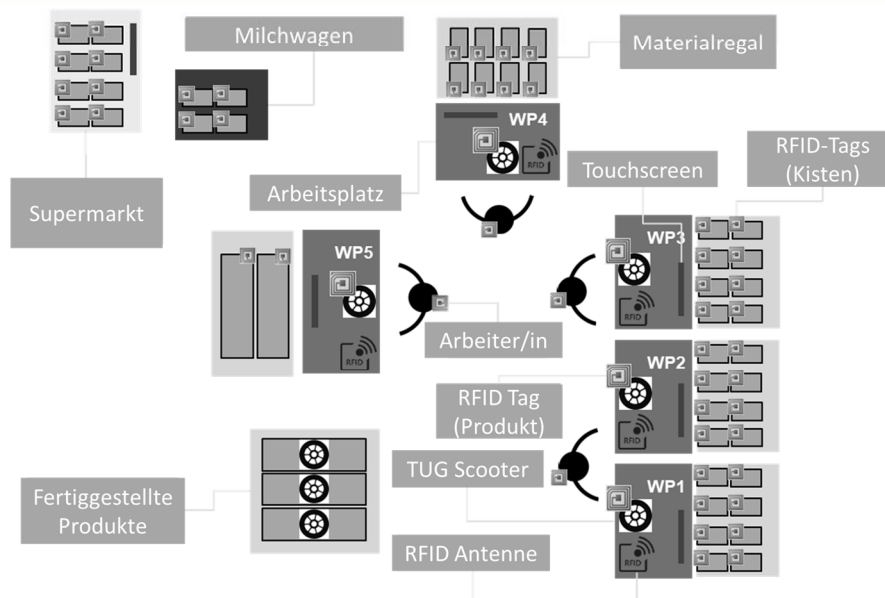


Abb. 1. Der digitalisierte Zustand der LEAD Factory. Um Bestellungen zu verfolgen, wurden die Nachschubkisten mit RFID Tags ausgestattet

Digitalisierung der Aufträge

Die Produktionskontrolle in der LEAD Factory erfolgt über ein RFID-System. Auf Basis dieses Systems ist bekannt, welcher Mitarbeitende zu einem bestimmten Zeitpunkt an welchem Produkt an welchem Arbeitsplatz arbeitet. Abb. 1 veranschaulicht eine schematische Darstellung der LEAD Factory inklusive RFID-Tags und Antennen. An den Arbeitsplätzen 1 bis 4 wird das Produkt (TUG Scooter) montiert und an Arbeitsplatz 5 wird der Scooter verpackt. RFID-Transponder werden am Produkt, an den Arbeitskarten und an den Kisten angebracht, die Teile für die Montage des Scooters enthalten. Die Kisten werden in den Materialregalen an jedem Arbeitsplatz sowie im Supermarkt gelagert. An jedem Arbeitsplatz befindet sich ein RFID-Empfänger, der sowohl das Produkt an der Station als auch den Monteur des Produkts identifizieren kann. Darüber hinaus kann mit dem RFID-Tag auf den Kartons signalisiert werden, dass dem Arbeitsplatz die Teile ausgehen und die Teile mit dem Milchwagen vom Supermarkt zum Arbeitsplatz transportiert werden müssen. Die eindeutige Identifikationsnummer der RFID-Transponder wird in einer zentralen Datenbank gespeichert. Dadurch ist eine vollständige Beobachtung des Prozesses möglich.

Alle paar Sekunden fragt der digitale Lagerstand beim Hauptserver nach neuen Aufträgen. Befindet sich eine leere Box unter dem Arbeitsplatz, wird diese von einer RFID Antenne erfasst, ein neuer Auftrag generiert und an den Leitstand weitergeleitet. Hier wird der Auftrag dem Logistiker sofort auf einem Bildschirm angezeigt. Im Supermarkt ist jedem Teil eine Position im Regal zugewiesen, die in der Datenbank gespeichert ist. So weiß der Leitstand, wo sich das Teil befindet und dank eines Pick-to-Light-Systems, das ein visueller Indikator dafür ist wo das Teil im Regal zu finden ist, kann der Logistikmitarbeitende das Material sofort sehen, und es so schneller kommissionieren. Ein Visualisierungsbeispiel der Leitstelle in dem schwarze Räder an einem Arbeitsplatz benötigt werden ist in Abb. 2 (links) dargestellt.

Optimales Routing

Nach der Kommissionierung aller Teile für den Auftrag wird dieser vom Logistikmitarbeitenden bestätigt und auf dem Bildschirm erscheint der optimale Weg durch das Werk für die Lieferung (Abb.2 rechts). Der Arbeiter kann so wieder schneller am Leitstand sein und in kürzester Zeit die nächsten Aufträge kommissionieren. Der Algorithmus, mit dem der kürzeste Weg gefunden wird, basiert auf Dijkstra [4], heißt A* (A-Stern) und wurde 1968 von Peter Hart et al. [5] veröffentlicht. Der Algorithmus beruht auf der Annahme, dass der kürzeste Weg zwischen einem Start- und einem Zielpunkt ein direkter sein muss und sucht daher nicht in die breite Umgebung, sondern versucht, dem Ziel so schnell wie möglich nahe zu kommen, ohne den Weg zu kennen. Erst wenn der Algorithmus nicht mehr in der Lage ist, direkte Fortschritte zu machen, wird ein alternativer Weg in die Tiefe berechnet. Dieser Algorithmus wird hauptsächlich in der Robotik eingesetzt, wo es für einen Roboter besonders wichtig ist, schnell den richtigen Weg zu finden. In Abb. 2 (rechts) ist ein Beispiel für einen optimalen Weg vom Lager zum Arbeitsplatz, an dem der Auftrag benötigt wird, dargestellt. Hellgraue Felder kennzeichnen den Gehweg. Andere Farben zeigen verschiedene Funktionen an, das Lager ist blau markiert, die fünf Arbeitsplätze (WP, engl. workplace) sind grün dargestellt und der Logistiker mit dem Milchwagen ist rot markiert.

Die Implementierung des digitalisierten Systems verbessert die Leistung des Milkrun Systems in zweierlei Hinsicht. Erstens muss der Logistikmitarbeiter/die Logistikmitarbeiterin die gesamte Route nicht mehr wie bisher periodisch gehen, sondern kann auf Aufträge am zentralen Leitstand im Lager warten. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass der Auftrag vom Logistikmitarbeitenden sofort bearbeitet und keine Zeit verschwendet wird. Zudem verkürzt sich die Lieferzeit um die Hälfte, da die leeren Kartons nicht mehr vorher am Arbeitsplatz abgeholt werden müssen, sondern nur noch durch volle Kartons ersetzt werden. Zweitens werden dabei Leerfahrten vollständig eliminiert, was eine Reduktion der Zyklen bedeutet. Durch diese Verbesserungen lernen die Schulungsteilnehmer der Lernfabrik, wie sie die Digitalisierung im Kontext der Produktion effektiv nutzen können und welche Vorteile solche Systeme in der Industrie bieten.

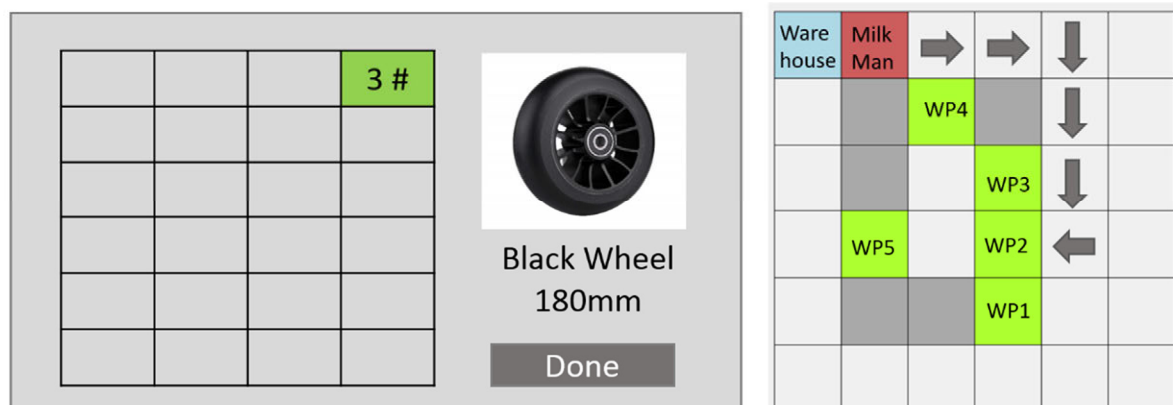


Abb. 2. Beispielbildschirm für eine Kommissionierungsstation (links); Visualisierung der Route für den Logistikmitarbeitenden (rechts)

Kurzbewertung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde die Einführung eines digitalisierten Milkrun-Systems vorgestellt. Das entwickelte System realisiert mit RFID eine automatische Auftragsgenerierung für den Supermarkt, bei der die Pick-to-Light-Technologie den Mitarbeitenden unterstützt, indem sie die Position des gewünschten Ersatzteils im Lager anzeigt. Darüber hinaus ist es nun möglich, die kürzesten Wege für den Milkrun zu berechnen und damit auch Transportzeiten und -kosten zu reduzieren. Für den nicht-digitalisierten Prozess, bei dem der Milkrun im Lager beginnt, dauerte der Prozess der Abholung der leeren Kartons vom Arbeitsplatz, der Entnahme der Teile im Supermarkt und des Rücktransports der Kartons zu den Arbeitsplätzen durchschnittlich 66,6 Sekunden. Nach Einführung des digitalisierten Milkrun-Systems verkürzte sich die Gesamtzeit für die Lieferung von Ersatzteilen auf 30,2 Sekunden. Es gibt weitere Möglichkeiten, das Milkrun-System noch effizienter zu gestalten. Unter anderem könnte der Kommissionierungsprozess weiter verbessert werden, indem Sensoren auf der Pick-to-Light-Leiste angebracht werden. Diese können erkennen, wie viele Teile aus welchem Regal im Lager entnommen wurden. Darüber hinaus ist es bereits heute möglich, die Logistikmitarbeitenden komplett durch automatisierte Maschinen zu ersetzen. Sowohl der Kommissionierprozess als auch die Anlieferung des Materials sind in vielen Fabriken bereits heute vollautomatisch. In Zukunft kann dieser Nachholbedarf auch in Lernfabriken umgesetzt werden [6], um den Schulungsteilnehmern zu zeigen, wie automatisierte Maschinen, die rund um die Uhr im Einsatz sind, in einer Fabrik Kosten senken können.



Augmented Reality und IoT im Industriebereich

Stefan Berer, Michael Schadler



Einleitung

In Kooperation mit dem Sondermaschinenbau-Unternehmen Fill GmbH aus Gurten (OÖ) wurden **geeignete Anwendungsszenarien für AR** herausgearbeitet, umgesetzt und ihrer Anwendbarkeit bzw. ihrem tatsächlichen Nutzen nach beurteilt. Die Erstellung dieser „AR-Erlebnisse“ erfolgte mit der Anwendung *Vuforia Studio*, welche in die IoT-Plattform *ThingWorx* (PTC) integriert ist.

Primäre Interessensfelder waren dabei:

- Entwicklung von AR-gestützten Schulungsanwendungen
- Visualisierung von Funktionen und des schematischen Aufbaus von Maschinen und Anlagen
- Integration und Darstellung und von Live-Maschinendaten unter teilweiser Einbeziehung einer IoT-Plattform

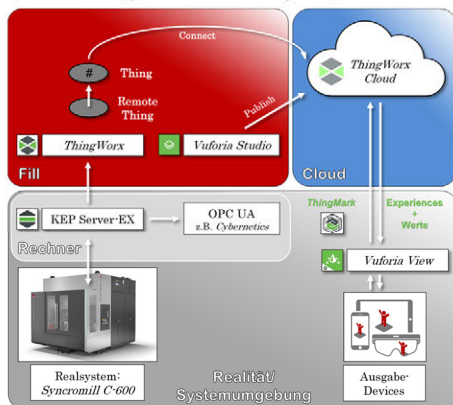
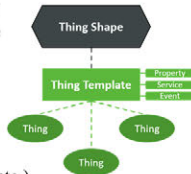
Ziele

Forschungsschwerpunkte im Rahmen der Arbeit:

- Nutzen von AR und IoT innerhalb des Unternehmens
- Analyse und Definition geeigneter AR-Anwendungsszenarien
- Entwicklung realer Aufbau-Konzepte und Gestaltungsmöglichkeiten
- Eruiierung des Arbeitsaufwands zur Erstellung von AR-Erlebnissen
- Eruiierung der Schwächen bzw. Grenzen der Technologie
- Austesten und Bewerten verschiedener Hardware-Lösungen für AR
- Entwicklung eines schemenhaften Leitfadens zur Erstellung von AR-Erlebnissen (Storyboard-Ansatz)

Use Case 1 – IoT-Dateneinbindung

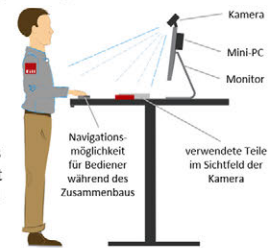
- Projektgegenstand: **Bearbeitungszentrum Syncromill**
- ThingWorx: Modellierung der Datenstruktur
- AR-Erlebnis: Referenzierung der AR-Inhalte durch Erkennen realer Maschinenkonturen
- Visualisierung von Funktionen bzw. des Maschinenaufbaus (Manipulieren, etc.)
- Einbindung von AR-Erlebnis in ThingWorx:
 - Anzeigen von Live-Maschinendaten (Spindeldrehzahlen, Energieverbrauch, etc.)
 - Anzeigen visualisierter Statusanzeigen (Betriebsmodi, gesteuert durch ThingWorx)



Use Case 2 - Montageanleitung

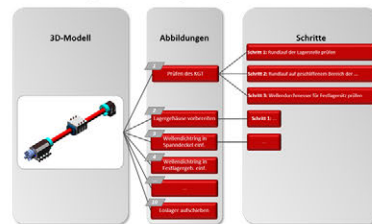
- Projektgegenstand: **AR-gestützte Arbeitsanweisung zur Montage eines Kugelgewindtrieb**

- Visualisierung der einzelnen Zusammenbau-Schritte (animierte Sequenzen, Anweisungsbereich)
- Bedienelemente zur Steuerung (z.B. Vor- oder Zurückspringen) bzw. für Fortschrittsanzeige
- **Idee:** Bauteile am Arbeitsplatz werden durch Kamera erkannt (Model Target) und der jeweilige Einbau am Arbeitsmonitor mittels **angepasster Animation** dargestellt (Orientierung, Lage entsprechend der Adjustierung durch Arbeiter)
- Austesten verschiedener realer Aufbau-Konzepte zur Bewertung



Schematischer Aufbau Use Cases

- Erste Testphase mit Spatial Target (Referenzierung auf ebener Fläche), dann Festlegen von Referenz-Bauteilen für einzelne Arbeitsschritte
- **Erlebnis:** Home-Ansicht, zehn Montage-Ansichten („Views“)
- Erstellung der Montage-Sequenzen in *Creo Illustrate*:



Creo Illustrate: Aufteilung der realen Arbeitsschritte in einzelne Teilsequenzen

Erstellung des AR-Erlebnisses

Vorschau des fertigen AR-Erlebnisses



Kurzbewertung und Ausblick

- **Vuforia Studio:** sehr intuitive Bedienung (Drag & Drop), einfache Möglichkeiten zur Gestaltung von Oberfläche und Layout
- Erstellung von AR-Erlebnissen **generell unkompliziert**, für spezielle Anforderungen einschlägiges **Fachwissen erforderlich**
- **Beste Anwendungsfelder:** Vertrieb, Service, Schulungen
- **Use Case 1:** **Sehr gute Verbindung** zwischen Vuforia und ThingWorx, u.a. umfassende Möglichkeiten im Bereich der Datendarstellung.
- **Use Case 2:** Getesteter Anwendungsfall generell eher **für kleine Bauteile/Assemblierungen geeignet**, da sonst unpraktisch
- **Model Target:** Erkennung realer Bauteilkonturen derzeit noch nicht ausgereift bzw. sehr instabil („Verlieren“ der Referenz, Lichteinflüsse)
- Viele **nützliche Anwendungsfunktionen** noch nicht vorhanden
- **Hardware:** noch keine zuverlässige, stabile Lösung vorhanden, neue leistungsfähige HW könnte großen AR-Technologieschub bedeuten

Einleitung

In Kooperation mit dem Sondermaschinenbau-Unternehmen Fill GmbH aus Gurten (OÖ) wurden **geeignete Anwendungsszenarien für AR** herausgearbeitet, umgesetzt und ihrer Anwendbarkeit bzw. ihrem tatsächlichen Nutzen nach beurteilt. Die Erstellung dieser „AR-Erlebnisse“ erfolgte mit der Anwendung *Vuforia Studio*, welche in die IoT-Plattform *ThingWorx* (PTC) integriert ist.

Primäre Interessensfelder waren dabei:

- Entwicklung von AR-gestützten Schulungsanwendungen
- Visualisierung von Funktionen und des schematischen Aufbaus von Maschinen und Anlagen
- Integration und Darstellung von Live-Maschinendaten unter teilweiser Einbeziehung einer IoT-Plattform

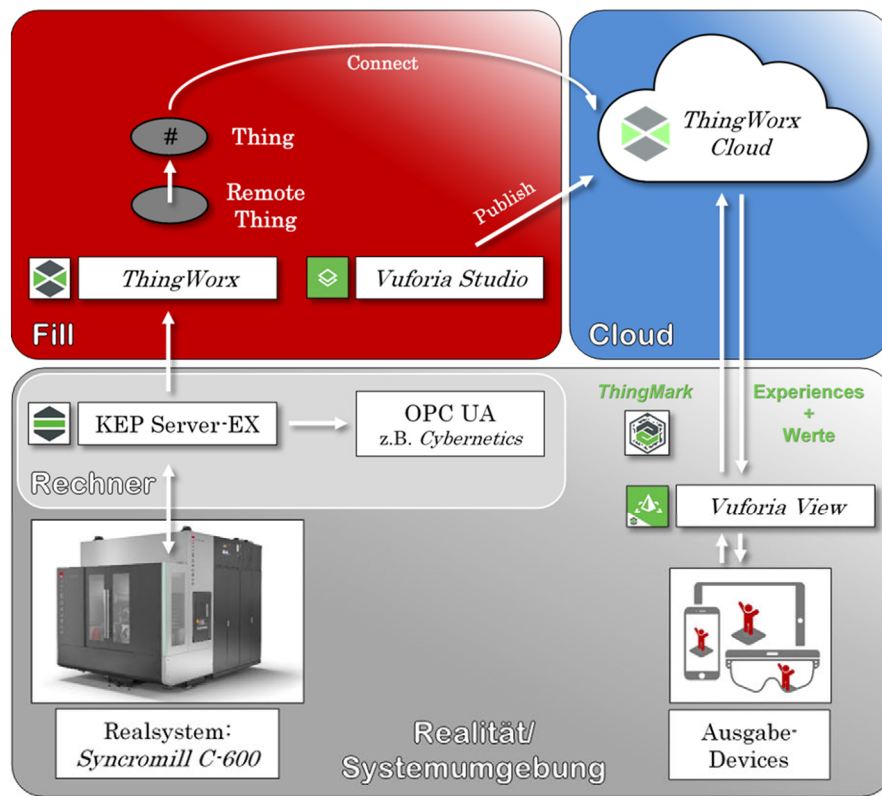
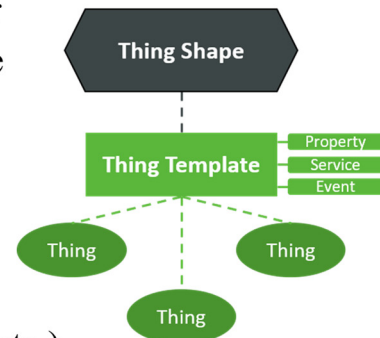
Ziele

Forschungsschwerpunkte im Rahmen der Arbeit:

- Nutzen von AR und IoT innerhalb des Unternehmens
- Analyse und Definition geeigneter AR-Anwendungsszenarien
- Entwicklung realer Aufbau-Konzepte und Gestaltungsmöglichkeiten
- Eruierung des Arbeitsaufwands zur Erstellung von AR-Erlebnissen
- Eruierung der Schwächen bzw. Grenzen der Technologie
- Austesten und Bewerten verschiedener Hardware-Lösungen für AR
- Entwicklung eines schemenhaften Leitfadens zur Erstellung von AR-Erlebnissen (Storyboard-Ansatz)

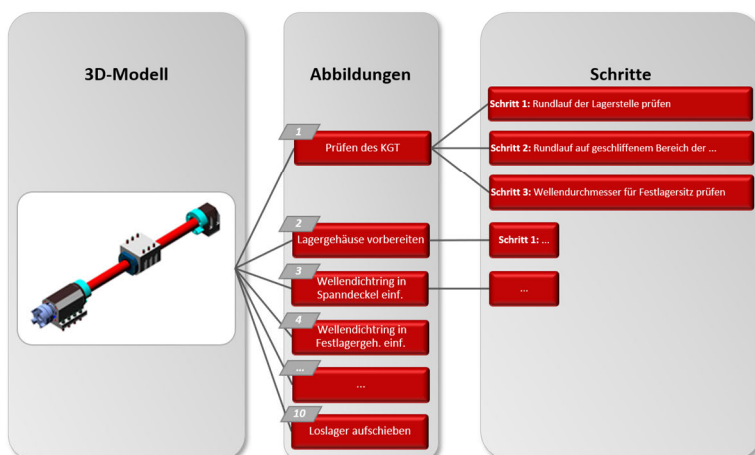
Use Case 1 – IoT-Dateneinbindung

- Projektgegenstand: **Bearbeitungszentrum Syncromill**
- ThingWorx: Modellierung der Datenstruktur
- AR-Erlebnis: Referenzierung der AR-Inhalte durch Erkennen realer Maschinenkonturen
- Visualisierung von Funktionen bzw. des Maschinenaufbaus (Manipulieren, etc.)
- Einbindung von AR-Erlebnis in ThingWorx:
 - Anzeigen von Live-Maschinendaten (Spindeldrehzahlen, Energieverbrauch, etc.)
 - Anzeigen visualisierter Statusanzeigen (Betriebsmodi, gesteuert durch ThingWorx)



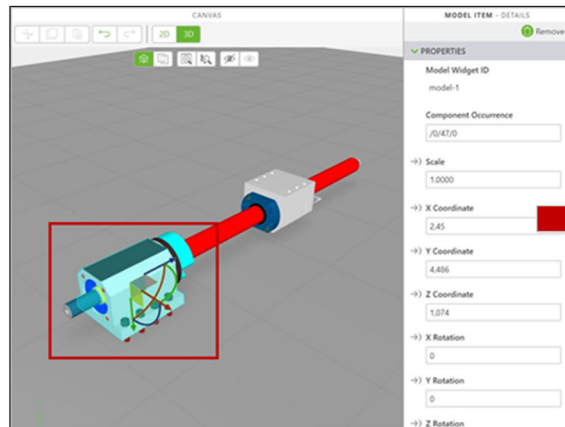
Use Case 2 - Montageanleitung

- Projektgegenstand: **AR-gestützte Arbeitsanweisung zur Montage eines Kugelgewindetriebes**
- Visualisierung der einzelnen Zusammenbau-Schritte (animierte Sequenzen, Anweisungsbereich)
- Bedienelemente zur Steuerung (z.B. Vor- oder Zurückspringen) bzw. für Fortschrittsanzeige
- Idee: Bauteile am Arbeitsplatz werden durch Kamera erkannt (Model Target) und der jeweilige Einbau am Arbeitsmonitor mittels *angepasster* Animation dargestellt (Orientierung, Lage entsprechend der Adjustierung durch Arbeiter)
- Austesten verschiedener realer Aufbau-Konzepte zur Bewertung
- Erste Testphase mit Spatial Target (Referenzierung auf ebener Fläche), dann Festlegen von Referenz-Bauteilen für einzelne Arbeitsschritte
- Erlebnis: Home-Ansicht, zehn Montage-Ansichten („Views“)
- Erstellung der Montage-Sequenzen in *Creo Illustrate*:

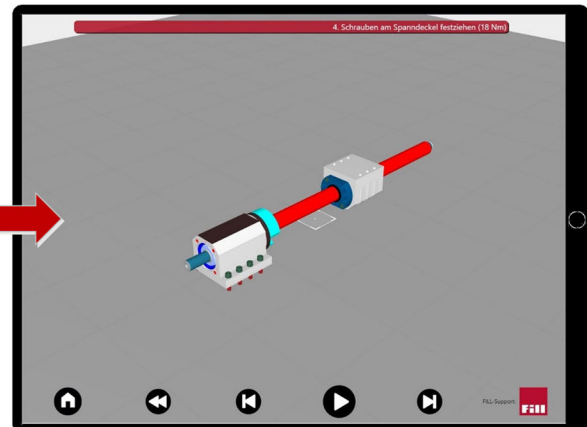


Creo Illustrate:
Aufteilung der realen
Arbeitsschritte in
einzelne **Teilsequenzen**

Erstellung des AR-Erlebnisses



Vorschau des fertigen AR-Erlebnisses



Kurzbewertung und Ausblick

- **Vuforia Studio:** sehr intuitive Bedienung (Drag & Drop), einfache Möglichkeiten zur Gestaltung von Oberfläche und Layout
- Erstellung von AR-Erlebnissen **generell unkompliziert**, für spezielle Anforderungen einschlägiges **Fachwissen erforderlich**
- **Beste Anwendungsfelder:** Vertrieb, Service, Schulungen
- Use Case 1: **Sehr gute Verbindung** zwischen Vuforia und ThingWorx, u.a. umfassende Möglichkeiten im Bereich der Datendarstellung.
- Use Case 2: Getesteter Anwendungsfall generell eher **für kleine Bauteile/ Assemblierungen geeignet**, da sonst unpraktisch
- **Model Target:** Erkennung realer Bauteilkonturen derzeit noch nicht ausgereift bzw. sehr instabil („Verlieren“ der Referenz, Lichteinflüsse)
- Viele **nützliche Anwendungsfunktionen** noch nicht vorhanden
- **Hardware:** noch keine zuverlässige, stabile Lösung vorhanden, neue leistungsfähige HW könnte großen AR-Technologieschub bedeuten

Implementierung eines Cyber-physischen Systems in der Intralogistik

IoT in Fördertechnologie

Oliver Mörth, Christos Emmanouilidis, Norbert Hafner, Michael Schadler

Einleitung

Ausgangssituation:

Die Realisierung eines höheren Geschäftswertes in der Produktion und Lagerhaltung benötigt interne Logistiksysteme optimiert in den Bereichen Betriebsleistung, Verfügbarkeit und Nachhaltigkeit [5]. Dabei ermöglicht das Internet der Dinge (IoT) neue Ansätze mittels einer Überwachung und Analyse der Betriebsleistung und Betriebsbedingungen. Eine Möglichkeit zur Realisierung einer solchen IoT-basierten Datenanalyse stellt die Implementierung eines Cyber-physischen Systems (CPS), welches relevante Kennzahlen bestimmt und visualisiert, dar [4]. Neue Erkenntnisse gewonnen aus diesen Informationen bilden dabei die Grundlage eines verbesserten Entscheidungsprozesses [6]. Zusätzlich bietet die Integration eines künstlichen neuronalen Netzwerkes in ein CPS weiteres Potential um neue Erkenntnisse für eine Optimierung in der Intralogistik aufzubauen.

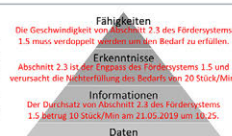
Zielsetzung:

1. Realisierung einer IoT-basierten Datenanalyse in der Intralogistik
 - 1.1 Implementierung eines Demonstrators eines Cyber-Physischen Systems
 - 1.2 Bestimmung und Visualisierung von Kennzahlen mittels kostengünstiger Komponenten
2. Entwicklung eines Klassifizierungsmodells das in ein CPS integriert werden kann
 - 2.1 Bestimmung der Betriebszustände eines internen Logistiksystems
 - 2.2 Demonstrierung des Potentials von maschinellem Lernen

Literatur Recherche

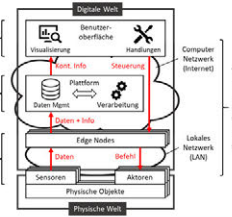
Daten-Wertschöpfung:

IoT ermöglicht effektivere Formen einer Daten-Wertschöpfungskette. Beginnend mit der Erfassung der benötigten Daten resultiert dies in einen effektiveren Erkenntnisaufbau. Die Anwendung von abgeleiteten Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen als Fähigkeiten führen zu einer Optimierung in der Intralogistik [3,8].



Cyber-Physische Systeme:

Cyber-physische Systeme (CPS) repräsentieren die Integration eines physischen mit einem digitalen System und ermöglichen eine Interaktion in beide Richtungen [2]. Ein möglicher konzeptueller Aufbau basiert auf drei Ebenen [4]. Physische Objekte ausgestattet mit Sensoren und Aktoren bilden dabei die Basis. Diese sind mittels einer Edge Node mit einer Plattform verbunden, auf der die Daten gespeichert und verarbeitet werden. Letztlich fördert eine Visualisierung der Informationen den Erkenntnisaufbau [4,7,9].



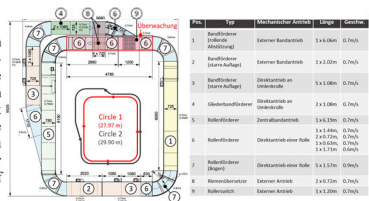
Anwendungsfall

Überwachung in der Intralogistik:

Interne Logistiksysteme bestehen im allgemeinen aus Arbeitsstationen, z.B. Maschinen, Lagerplätzen, etc., welche durch ein internes Transportsystem verknüpft sind. Unterschiedliche Güter können dabei individuellen Pfaden folgen. Die daraus resultierende Systemkomplexität erschwert daher eine ganzheitliche Optimierung [5]. Eine Implementierung eines CPS für die Überwachung der Betriebsleistungen und Betriebsbedingungen bestimmter Bereiche unterstützt eine solche Optimierung [4]. Basierend auf einer automatisierten Datenerfassung ermöglicht die anschließende Visualisierung von relevanten Kennzahlen an einem Dashboard die Identifizierung von Engpässen, Funktionsstörungen, kritische Pfade, etc. [6]. Während die Anzahl und Positionen der überwachten Bereiche hauptsächlich vom vorhandenen System abhängen, ist ein Fokus auf kritische Stellen für eine kostengünstige aber ganzheitliche Optimierung empfehlenswert.

Förderkreislauf am ITL:

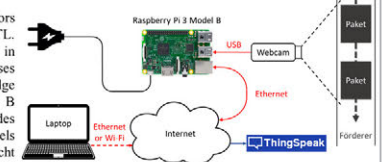
Bestehend aus 9 unterschiedlichen Fördertypen stellt der Förderkreislauf am ITL (Institut für Technische Logistik) einen repräsentativen Anwendungsfall in der Intralogistik dar. Trotz der Möglichkeit mehrere Bereiche mit dem selben CPS zu überwachen wurde hier nur einer für die Realisierung eines Proof of Concept betrachtet.



CPS Demonstrator

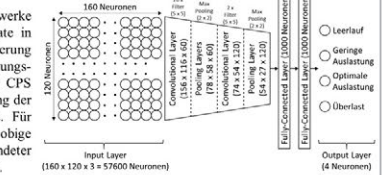
Aufbau des CPS:

Die Basis des CPS Demonstrators bildet der Förderkreislauf am ITL. Anschließend werden die Resultate über das Internet an zwei ThingSpeak-Kanäle (IoT Plattform von MathWorks) gesendet. Die eigentliche Verarbeitung der Daten mittels mehreren MATLAB Programmen resultiert in die Extraktion der relevanten Informationen, deren Visualisierung an zwei weiteren ThingSpeak-Kanälen erfolgt. Dieses CPS, bestehend aus kostengünstigen Komponenten, weist durch die einfache Adaptierbarkeit an verschiedenste Fördertypen eine hohe Flexibilität auf.



Klassifizierungsmodell:

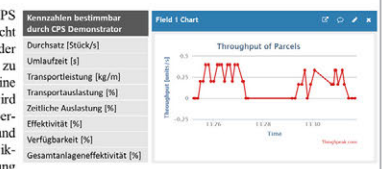
Convolutional neuronale Netzwerke liefern derzeit die besten Resultate in der Bilderkennung [1]. Die Integration eines ConvNet als Klassifizierungsmodell in die Edge Node eines CPS ermöglicht dabei die Identifizierung der Betriebszustände eines Förderers. Für diesen Anwendungsfall kann der obige Aufbau des CPS inklusive verwendeter Komponenten unverändert bleiben.



Bewertung und Ausblick

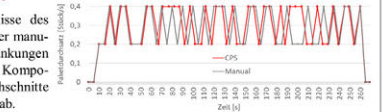
CPS Demonstrator:

Der flexible und kostengünstige CPS Demonstrator ist in der Lage acht Kennzahlen mit Relevanz in der Intralogistik zu bestimmen und zu visualisieren. Basierend auf eine automatisierte Datenerfassung wird eine effektive und effiziente Überwachung der Betriebsleistungen und Betriebszustände interner Logistiksysteme realisiert. Die Analyse dieser Informationen resultiert in neue Erkenntnisse, wobei die daraus abgeleiteten Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen eine Optimierung in der Intralogistik ermöglichen. Abschließend repräsentiert das entwickelte ConvNet nach erfolgreichem Training ein angemessenes Klassifizierungsmodell, das in ein CPS für verschiedenste Anwendungen in der Intralogistik integriert werden kann.



Evaluierung der Ergebnisse:

Abweichungen einzelner Ergebnisse des CPS Demonstrators von jenen einer manuellen Zählung zeigen die Einschränkungen der flexiblen und kostengünstigen Komponenten auf. Die jeweiligen Durchschnitte weichen allerdings nur um 3,16% ab.



Literatur

1. Alpaydin, E. (2014) Introduction to Machine Learning. Cambridge (USA): Massachusetts Institute of Technology
2. Colombo, A. W., Karnouskos, S., Shi, Y., Yin, S. and Kaymak, O. (2017) 'Industrial Cyber-Physical Systems', *Proceedings of the IEEE*, 104 (5), pp. 899-903.
3. Curry, E. (2016) 'The Big Data Value Chain: Definitions, Concepts, and Theoretical Approaches', in: Cavanillas, J., Curry, E. and Wahlster, W. (eds.) *New Horizons for a Data-Driven Economy*. Switzerland: Springer, pp. 29-38.
4. Gilchrist A. (2016) *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Thailand: Apress.
5. Gudehus, T. and Herber, K. (2012) *Comprehensive Logistics*. Heidelberg: Springer.
6. Hwang, G., Lee, J., Park, J. and Chang, T. (2017) 'Developing performance measurement system for Internet of Things and smart factory environment', *International Journal of Production Research*, 55 (9), pp. 2590-2602.
7. Lee, J., Bagheri, B. and Kao, H. (2015) 'A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems', *Manufacturing Letters*, 3, pp. 18-23.
8. Rowley, J. (2007) 'The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy', *Journal of Informative Science*, 33 (2), pp. 163-180.
9. Sanislav, T. and Miclea, L. (2012) 'Cyber-Physical Systems - Concept, Challenges and Research Areas', *Journal of Control Engineering and Applied Informatics*, 14 (2), pp. 28-33.

Einleitung

Ausgangssituation:

Die Realisierung eines höheren Geschäftswertes in der Produktion und Lagerhaltung benötigt interne Logistiksysteme optimiert in den Bereichen Betriebsleistung, Verfügbarkeit und Nachhaltigkeit [5]. Dabei ermöglicht das Internet der Dinge (IoT) neue Ansätze mittels einer Überwachung und Analysierung der Betriebsleistungen und Betriebsbedingungen. Eine Möglichkeit zur Realisierung einer solchen IoT-basierten Datenanalyse stellt die Implementierung eines Cyber-physischen Systems (CPS), welches relevante Kennzahlen bestimmt und visualisiert, dar [4]. Neue Erkenntnisse gewonnen aus diesen Informationen bilden dabei die Grundlage eines verbesserten Entscheidungsprozesses [6]. Zusätzlich bietet die Integration eines künstlichen neuronalen Netzwerkes in ein CPS weiteres Potential um neue Erkenntnisse für eine Optimierung in der Intralogistik aufzubauen.

Zielsetzung:

1. Realisierung einer IoT-basierten Datenanalyse in der Intralogistik
 - 1.1 Implementierung eines Demonstrators eines Cyber-Physischen Systems
 - 1.2 Bestimmung und Visualisierung von Kennzahlen mittels kostengünstiger Komponenten
2. Entwicklung eines Klassifizierungsmodells das in ein CPS integriert werden kann
 - 2.1 Bestimmung der Betriebszustände eines internen Logistiksystems
 - 2.2 Demonstrierung des Potentials von maschinellem Lernen

Literatur Recherche

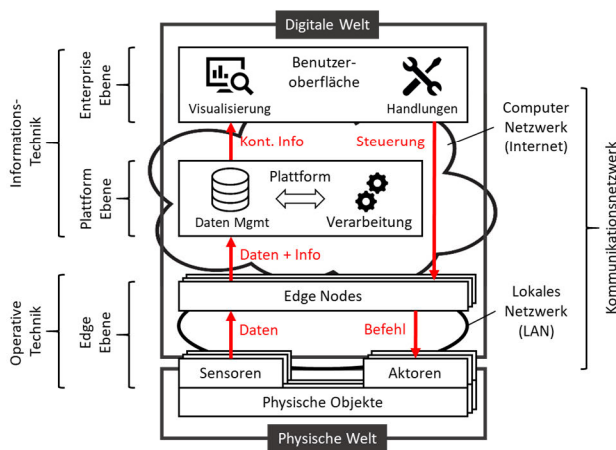
Daten-Wertschöpfung:

IoT ermöglicht effektivere Formen einer Daten-Wertschöpfungskette. Beginnend mit der Erfassung der benötigten Daten resultiert dies in einen effektiveren Erkenntnisaufbau. Die Anwendung von abgeleiteten Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen als Fähigkeiten führen zu einer Optimierung in der Intralogistik [3,8].



Cyber-Physische Systeme:

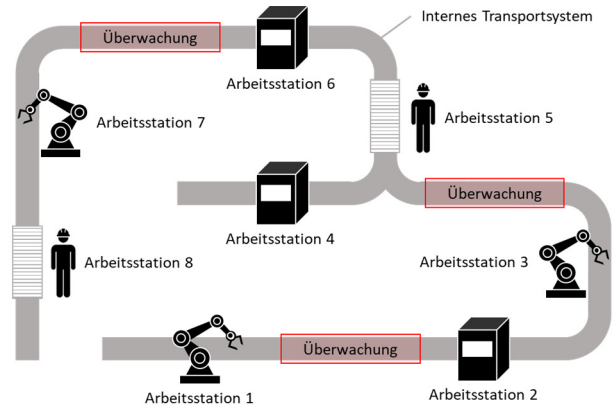
Cyber-physische Systeme (CPS) repräsentieren die Integration eines physischen mit einem digitalen System und ermöglichen eine Interaktion in beide Richtungen [2]. Ein möglicher konzeptueller Aufbau basiert auf drei Ebenen [4]. Physische Objekte ausgestattet mit Sensoren und Aktoren bilden dabei die Basis. Diese sind mittels einer Edge Node mit einer Plattform verbunden, auf der die Daten gespeichert und verarbeitet werden. Letztlich fördert eine Visualisierung der Informationen den Erkenntnisaufbau [4,7,9].



Anwendungsfall

Überwachung in der Intralogistik:

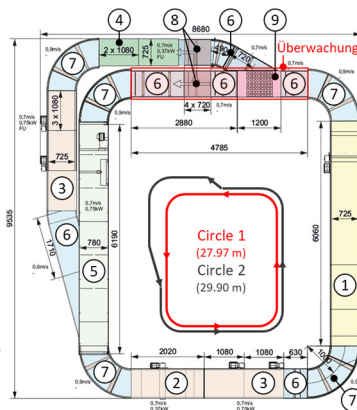
Interne Logistiksysteme bestehen im allgemeinen aus Arbeitsstationen, z.B. Maschinen, Lagerplätzen, etc., welche durch ein internes Transportsystem verknüpft sind. Unterschiedliche Güter können dabei individuellen Pfaden folgen. Die daraus resultierende Systemkomplexität erschwert daher eine ganzheitliche Optimierung [5]. Eine Implementierung eines CPS für die Überwachung der Betriebsleistungen und Betriebsbedingungen bestimmter Bereiche unterstützt eine solche Optimierung [4].



Basierend auf einer automatisierten Datenerfassung ermöglicht die anschließende Visualisierung von relevanten Kennzahlen an einem Dashboard die Identifizierung von Engpässen, Funktionsstörungen, kritische Pfade, etc. [6]. Während die Anzahl und Positionen der überwachten Bereiche hauptsächlich vom vorhandenen System abhängen, ist ein Fokus auf kritische Stellen für eine kostengünstige aber ganzheitliche Optimierung empfehlenswert.

Förderkreislauf am ITL:

Bestehend aus 9 unterschiedlichen Fördertypen stellt der Förderkreislauf am ITL (Institut für Technische Logistik) einen repräsentativen Anwendungsfall in der Intralogistik dar. Trotz der Möglichkeit mehrere Bereiche mit dem selben CPS zu überwachen wurde hier nur einer für die Realisierung eines Proof of Concept betrachtet.

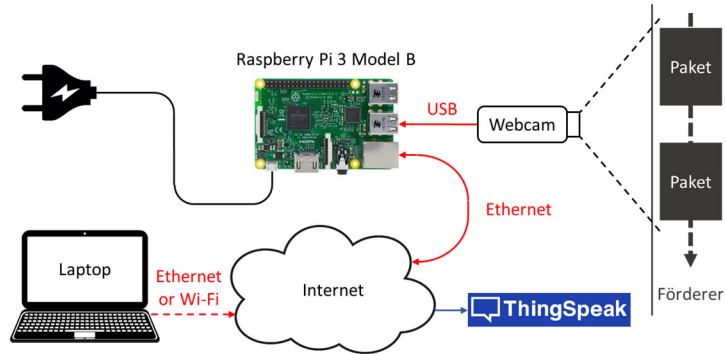


Pos.	Typ	Mechanischer Antrieb	Länge	Geschw.
1	Bandförderer (rollende Abstützung)	Externer Bandantrieb	1 x 6.06m	0.7m/s
2	Bandförderer (starre Auflage)	Externer Bandantrieb	1 x 2.02m	0.7m/s
3	Bandförderer (starre Auflage)	Direktantrieb an Umlenkrolle	5 x 1.08m	0.7m/s
4	Gliederbandförderer	Direktantrieb an Umlenkrolle	2 x 1.08m	0.7m/s
5	Rollenförderer	Zentralbandantrieb	1 x 6.19m	0.7m/s
6	Rollenförderer	Direktantrieb einer Rolle	1 x 1.44m, 1 x 0.72m, 1 x 0.63m, 1 x 1.71m	0.7m/s 0.7m/s 0.6m/s
7	Rollenförderer (Bogen)	Direktantrieb einer Rolle	5 x 1.57m	0.9m/s
8	Riemenübersetzer	Externer Antrieb	2 x 0.72m	0.7m/s
9	Rollerwitch	Externer Antrieb	1 x 1.20m	0.7m/s

CPS Demonstrator

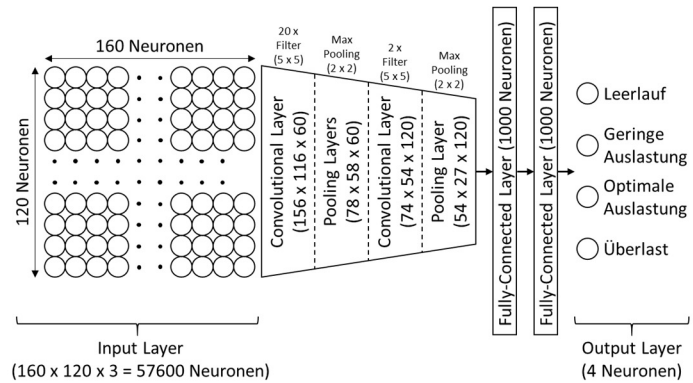
Aufbau des CPS:

Die Basis des CPS Demonstrators bildet der Förderkreislauf am ITL. Während eine Webcam Pakete in einem bestimmten Bereich dieses Kreislaufs erfasst, wird als Edge Node ein Raspberry Pi 3 Model B eingesetzt. Die Verarbeitung des Videos am Raspberry Pi mittels eines Simulink-Modells ermöglicht dabei die Zählung der transportierten Pakete sowie eine Klassifizierung nach ihrer farblichen Markierung (rot, grün und blau). Anschließend werden die Resultate über das Internet an zwei ThingSpeak-Kanäle (IoT Plattform von MathWorks) gesendet. Die eigentliche Verarbeitung der Daten mittels mehreren MATLAB Programmen resultiert in die Extraktion der relevanten Informationen, deren Visualisierung an zwei weiteren ThingSpeak-Kanälen erfolgt. Dieses CPS, bestehend aus kostengünstigen Komponenten, weist durch die einfache Adaptierbarkeit an verschiedenste Fördertypen eine hohe Flexibilität auf.



Klassifizierungsmodell:

Convolutional neuronale Netzwerke liefern derzeit die besten Resultate in der Bilderkennung [1]. Die Integration eines ConvNet als Klassifizierungsmodell in die Edge Node eines CPS ermöglicht dabei die Identifizierung der Betriebszustände eines Förderers. Für diesen Anwendungsfall kann der obige Aufbau des CPS inklusive verwendeter Komponenten unverändert bleiben.



Bewertung und Ausblick

CPS Demonstrator:

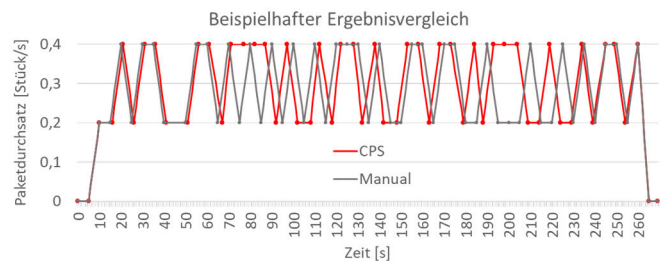
Der flexible und kostengünstige CPS Demonstrator ist in der Lage acht Kennzahlen mit Relevanz in der Intralogistik zu bestimmen und zu visualisieren. Basierend auf einer automatisierten Datenerfassung wird eine effektive und effiziente Überwachung der Betriebsleistungen und Betriebszustände interner Logistiksysteme realisiert. Die Analyse dieser Informationen resultiert in neuen Erkenntnissen, wobei die daraus abgeleiteten Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen eine Optimierung in der Intralogistik ermöglichen. Abschließend repräsentiert das entwickelte ConvNet nach erfolgreichem Training ein angemessenes Klassifizierungsmodell, das in ein CPS für verschiedenste Anwendungen in der Intralogistik integriert werden kann.

Kennzahlen bestimmbar durch CPS Demonstrator
Durchsatz [Stück/s]
Umlaufzeit [s]
Transportleistung [kg/m]
Transportauslastung [%]
Zeitliche Auslastung [%]
Effektivität [%]
Verfügbarkeit [%]
Gesamtanlageneffektivität [%]



Evaluierung der Ergebnisse:

Abweichungen einzelner Ergebnisse des CPS Demonstrators von jenen einer manuellen Zählung zeigen die Einschränkungen der flexiblen und kostengünstigen Komponenten auf. Die jeweiligen Durchschnitte weichen allerdings nur um 3,16% ab.



Literatur

- Alpaydin, E. (2014) Introduction to Machine Learning. Cambridge (USA): Massachusetts Institute of Technology
- Colombo, A. W., Karnouskos, S., Shi, Y., Yin, S. and Kaynak, O. (2017) 'Industrial Cyber-Physical Systems', *Proceedings of the IEEE*, 104 (5), pp. 899–903.
- Curry, E. (2016) 'The Big Data Value Chain: Definitions, Concepts, and Theoretical Approaches', in Cavanillas, J., Curry, E. and Wahlster, W. (eds.) *New Horizons for a Data-Driven Economy*. Switzerland: Springer, pp. 29-38.
- Gilchrist A. (2016) *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Thailand: Apress.
- Gudehus, T. and Herber, K. (2012) *Comprehensive Logistics*. Heidelberg: Springer.
- Hwang, G., Lee, J., Park, J. and Chang, T. (2017) 'Developing performance measurement system for Internet of Things and smart factory environment', *International Journal of Production Research*, 55 (9), pp. 2590-2602.
- Lee, J., Bagheri, B. and Kao, H. (2015) 'A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems', *Manufacturing Letters*, 3, pp. 18-23.
- Rowley, J. (2007) 'The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy', *Journal of Information Science*, 33 (2), pp. 163-180.
- Sanislav, T. and Miclea, L. (2012) 'Cyber-Physical Systems - Concept, Challenges and Research Areas', *Journal of Control Engineering and Applied Informatics*, 14 (2), pp. 28-33.

Physical Internet in der Stückgutlogistik - Entwicklung eines zukünftigen Anwendungsfalls

Thomas Gutmann, BSc.; DI Florian Ehrentraut



Einleitung

Die Logistikbranche hat bis zum heutigen Tag einen bemerkenswerten Wandel hinsichtlich Komplexität und Leistungsfähigkeit vollzogen. Steigendem Warenaufkommen im Transport konnte bisher mit ständiger Vergrößerung und Weiterentwicklung hierarchisch aufgebauter Netzwerke wie in Abbildung 1 begegnet werden. Vor allem reine Kapazitätserweiterungen stoßen jedoch durch gegebene Einschränkungen wie verstopfte Verkehrswege, Mangel an qualifizierten Arbeitskräften und steigenden Kosten schnell an ihre Grenzen. Um den gegebenen Anforderungen dennoch gerecht zu werden, sucht das Physical Internet (PI) neue Wege, die durch umfassende Vernetzung aller Teilnehmer sowohl Effizienz als auch Nachhaltigkeit bestehender Transportnetze steigern (vgl. [1]).

Um den Wandel von statischen Netzwerken hin zu digitalisierten und flexiblen Systemen zu bewerkstelligen, sollen Warenbewegungen ähnlich wie der Transport von Daten im digitalen Internet von einem Knotenpunkt (Hub) zum nächsten erfolgen. Dies ermöglicht effizientes Routing der Waren, was hinsichtlich Transportzeiten und -kosten eine optimale Nutzung der Ressourcen ermöglicht (vgl. [2]). Das Schema eines solchen offenen Netzwerks ist in Abbildung 2 dargestellt. Dabei stützt sich das Konzept des PI auf drei Säulen (vgl. [1]):

- Modulare PI-Container
- PI-Protokolle
- PI-Hubs

Diese Arbeit betrachtet mit dem PI-Hub eine dieser drei Säulen. Dieses hat den effizienten Umschlag modularer PI-Container zum Ziel. Weiter dient es als Bindeglied zwischen verschiedenen Verkehrswegen, was ein multimodales Transportnetzwerk ermöglicht.

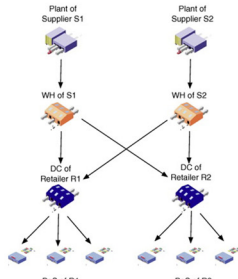


Abbildung 1: Klassisches, hierarchisch aufgebautes Distributionsnetzwerk [4]

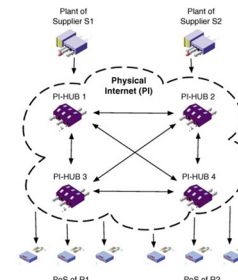


Abbildung 2: Offenes Distributionsnetzwerk im PI [4]

Szenarien

Gewählte Lösungsansätze werden mit Hilfe einer Nutzwertanalyse hinsichtlich ihrer PI-Tauglichkeit bewertet. Die durchgeführten Nutzwertanalysen betrachten:

- Strichcodes sowie RFID zur Identifikation von Objekten
- RFID-Transponder
- 1D- sowie 3D-Messsysteme zur Volumenerfassung
- RFID, Bluetooth Low Energy und Ultra-Wideband zur Positionsbestimmung

Tabelle 1 zeigt beispielhaft das Ergebnis der Nutzwertanalyse für die Beurteilung von Strichcode und RFID.

Tabelle 1: Bewertung von Strichcode und RFID

Kriterium	Gewichtung in %	Strichcode Beurt.	RFID Beurt.	RFID Wert
1. Investitionskosten	15	4	4,64	1,33
2. Anpassungsgrad	2,5	5	0,195	0,05
3. Benutzerfreundlichkeit/Arbeitschutz	5	5	0,25	0,125
4. Datensicherheit	5	5	0,25	0,125
5. Beständigkeit gegen Störeinflüsse	10	5	0,5	0,2
6. Publizierbarkeit	20	0	0	-1
7. Lebensdauer	5	3	0,15	0,075
8. Speicherfähigkeit	5	1	0,05	0,125
9. Oberflächeneindeutigkeit	10	1	0,1	0,1
10. Standardisierung	5	5	0,25	0,125
11. Lesungstiefe	10	3	0,3	0,3
12. Kommunikationsschritte	7,5	1	0,075	0,3
Summe der Gewichtungsbeiträge	100	2,465	1,895	

Nachdem verschiedene Lösungsansätze mittels Nutzwertanalyse bewertet wurden, werden diese in Szenarien eingebettet. Die Szenarien beziehen sich auf kleine Bereiche aktueller Hubs, für die Umsetzungsschritte in Richtung Road PI-Hub dargestellt werden. Das in Abbildung 4 abgebildete Szenario bezieht sich auf einen kleinen Ausschnitt eines Blocklagers, in dem die Auffindung vorgegebener Positionen durch RFID-Technologie im Lager ermöglicht wird.

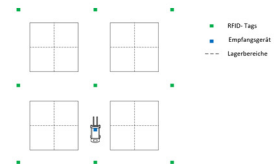


Abbildung 4: Blocklager mit RFID-Tags an den Kreuzungen

Während in diesem Szenario nur die Orientierung zwischen bzw. das Auffinden von Blöcken dargestellt ist, zeigt Abbildung 6 die Identifikation einzelner Stellplätze in Regalgassen und die dafür notwendigen RFID-Transponder.

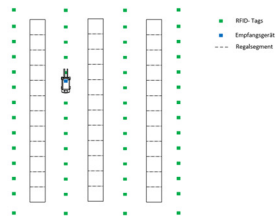


Abbildung 5: Identifikation von Stellplätzen

Die Abbildung von Technologien und Systemen für PI-Umsetzungsschritte in Szenarien ermöglicht vor allem das Abschätzen des Aufwands, der für die Umsetzung betrieben werden muss.

Ziele der Arbeit

Neben hohen Kostendruck haben gerade mittelständische Unternehmen in der Transportbranche das Problem, dass notwendiges Knowhow für die technische Neuerungen im eigenen Unternehmen nicht vorhanden ist. Die Umsetzung neuer Technologien und Systeme für Datenerfassung und Identifikation von Waren, die als Grundlage für das PI dienen können, werden deshalb nur sehr zögerlich umgesetzt. Aus diesem Grund hat diese Masterarbeit zum Ziel, für eben diese mittelständischen Hubbetreiber Möglichkeiten

sich dem PI anzunähern zu entwickeln und auch zu bewerten. Die Zielsetzung dieser Masterarbeit kann mit folgenden Punkten zusammengefasst werden:

- Ermittlung von im PI-Hub einsetzbarer Technologien zur Datenerfassung und Identifikation
- Möglichkeiten und Nutzen durch Umsetzungsschritte in Richtung PI
- Abgeben von Handlungsempfehlungen in Richtung PI und Bewertung von deren Nutzen für mittelständische Unternehmen

Bewertung und Ausblick

Die Bewertung der Szenarien zeigt den Nutzen dieser bei Anwendung in mittelständischen Unternehmen, die Hubs betreiben. Neben dem unmittelbar entstehenden Nutzen für aktuelle Prozesse, wird hier vor allem der Nutzen der Szenarioumsetzung für das zukünftige PI bewertet. Dieser ist in Abbildung 6 den jeweiligen Szenarien zugeordnet.

Die Vorgehensweise dieser Arbeit hinsichtlich der Bewertung von Technologien kann auch als Vorlage für andere, hier nicht behandelte, Bereiche des PI wie die Entwicklung der PI-Container genutzt werden. Neben den technischen Aspekten der Umsetzungsschritte wird in Zukunft auch die Finanzierung dieser betrachtet werden müssen. Gehen PI-Umsetzungsschritte über einzelne Prozesse in abgegrenzten Bereichen wie Hubs hinaus, müssen dafür auch die richtigen Partner in der

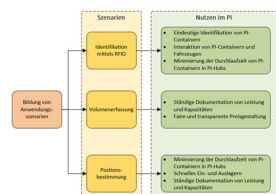


Abbildung 6: Nutzen der Anwendungsszenarien für das PI

Wirtschaft gefunden werden. Sollen beispielsweise PI-Container flächendeckend eingesetzt werden, wird es auch darum gehen die richtigen Unternehmen aus Branchen wie der Automobilindustrie dafür zu gewinnen.

Methodik

Mit Hilfe der angewandten Methoden werden, wie in Abbildung 3 dargestellt, Wege gesucht, die eine Annäherung aktuell genutzter Hubs an PI-Hubs erlauben.

- Angewandte Methoden:
- Recherche
 - Expertengespräche
 - Nutzwertanalyse
 - Bildung von Anwendungsszenarien

In den Anforderungen für PI-Umsetzungsschritte fließen neben PI-Anforderungen auch Erwartungen von Unternehmen an neue Technologien ein. So wird gewährleistet, dass entwickelte PI-Umsetzungsschritte auch zeitnah umgesetzt werden können. Anhand dieser werden notwendige Daten sowie Lösungsansätze, um diese zu ermitteln, gewählt. Diese Lösungsansätze werden schlussendlich hinsichtlich ihrer PI-Tauglichkeit bewertet und in Szenarien dargestellt.

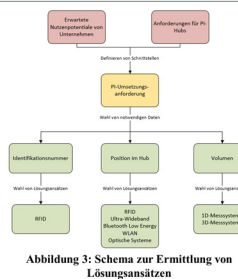


Abbildung 3: Schema zur Ermittlung von Lösungsansätzen

sätze werden schlussendlich hinsichtlich ihrer PI-Tauglichkeit bewertet und in Szenarien dargestellt.

Literatur

[1] Ballot, Eric; Montreuil, Benoit; Meller, Russel D.: The Physical Internet, The Network of Logistics Networks; Paris, 2014 – ISBN 978-2-110-09865-8

[2] Montreuil, Benoit: Toward a Physical Internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge; 2011

[3] Modular Logistics Unit in shared Co-modal Networks: Projekt-Homepage, URL <http://modulushca.eu> - Abrufdatum: 23.11.2018

[4] Pan, Shenle; Nigrelli, Michele; Ballot, Eric; Sarraj, Rochdi; Yang, Yanyan: Perspectives of inventory control models in the Physical Internet: A simulation study



Einleitung

Die Logistikbranche hat bis zum heutigen Tag einen bemerkenswerten Wandel hinsichtlich Komplexität und Leistungsfähigkeit vollzogen. Steigendem Warenaufkommen im Transport konnte bisher mit ständiger Vergrößerung und Weiterentwicklung hierarchisch aufgebauter Netzwerke wie in Abbildung 1 begegnet werden. Vor allem reine Kapazitätserweiterungen stoßen jedoch durch gegebene Einschränkungen wie verstopfte Verkehrswege, Mangel an qualifizierten Arbeitskräften und steigenden Kosten schnell an ihre Grenzen. Um den gegebenen Anforderungen dennoch gerecht zu werden, sucht das Physical Internet (PI) neue Wege, die durch umfassende Vernetzung aller Teilnehmer sowohl Effizienz als auch Nachhaltigkeit bestehender Transportnetze steigert (vgl. [1]).

Um den Wandel von statischen Netzwerken hin zu digitalisierten und flexiblen Systemen zu bewerkstelligen, sollen Warenbewegungen ähnlich wie der Transport von Daten im digitalen Internet von einem Knotenpunkt (Hub) zum nächsten erfolgen. Dies ermöglicht effizientes Routing der Waren, was hinsichtlich Transportzeiten und -kosten eine optimale Nutzung der Ressourcen ermöglicht (vgl. [2]). Das Schema eines solchen offenen Netzwerks ist in Abbildung 2 dargestellt. Dabei stützt sich das Konzept des PI auf drei Säulen (vgl. [1]):

- Modulare PI-Container
- PI-Protokolle
- PI-Hubs

Diese Arbeit betrachtet mit dem PI-Hub eine dieser drei Säulen. Dieses hat den effizienten Umschlag modularer PI-Container zum Ziel. Weiter dient es als Bindeglied zwischen verschiedenen Verkehrswegen, was ein multimodales Transportnetzwerk ermöglicht.

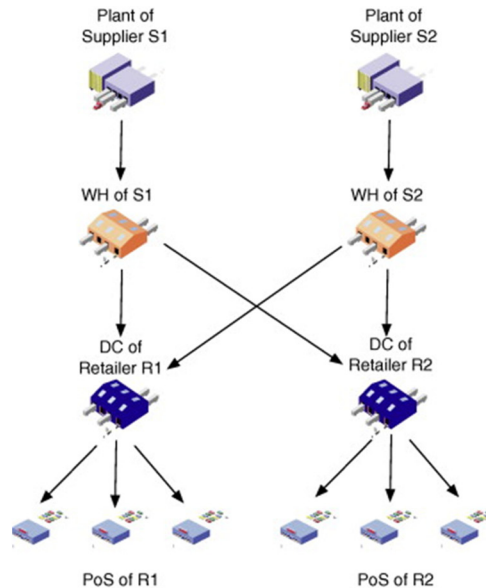


Abbildung 1: Klassisches, hierarchisch aufgebautes Distributionsnetzwerk [4]

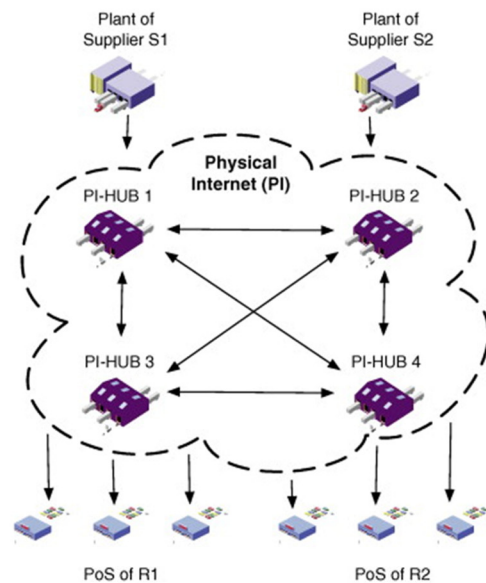


Abbildung 2: Offenes Distributionsnetzwerk im PI [4]

Ziele der Arbeit

Neben hohem Kostendruck haben gerade mittelständische Unternehmen in der Transportbranche das Problem, dass notwendiges Knowhow für die technische Neuerung im eigenen Unternehmen nicht vorhanden ist. Die Umsetzung neuer Technologien und Systeme für Datenerfassung und Identifikation von Waren, die als Grundlage für das PI dienen können, werden deshalb nur sehr zögerlich umgesetzt. Aus diesem Grund hat diese Masterarbeit zum Ziel, für eben diese mittelständischen Hubbetreiber Möglichkeiten

sich dem PI anzunähern zu entwickeln und auch zu bewerten. Die Zielsetzung dieser Masterarbeit kann mit folgenden Punkten zusammengefasst werden:

- Ermittlung von im PI-Hub einsetzbarer Technologien zur Datenerfassung und Identifikation
- Möglichkeiten und Nutzen durch Umsetzungsschritte in Richtung PI
- Abgeben von Handlungsempfehlungen in Richtung PI und Bewertung von deren Nutzen für mittelständische Unternehmen

Methodik

Mit Hilfe der angewandten Methoden werden, wie in Abbildung 3 dargestellt, Wege gesucht, die eine Annäherung aktuell genutzter Hubs an PI-Hubs erlauben.

Angewandte Methoden:

- Recherche
- Expertengespräche
- Nutzwertanalyse
- Bildung von Anwendungsszenarien

In die Anforderungen für PI-Umsetzungsschritte fließen neben PI-Anforderungen auch Erwartungen von Unternehmen an neue Technologien ein. So wird gewährleistet, dass entwickelte PI-Umsetzungsschritte auch zeitnah umgesetzt werden können. Anhand dieser werden notwendige Daten sowie Lösungsansätze, um diese zu ermitteln, gewählt. Diese Lösungsansätze

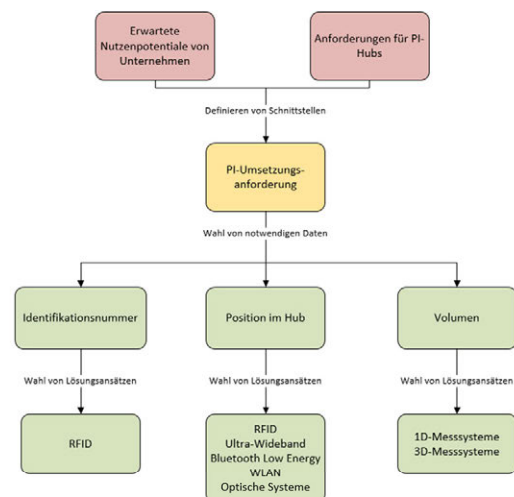


Abbildung 3: Schema zur Ermittlung von Lösungsansätzen

sätze werden schlussendlich hinsichtlich ihrer PI-tauglichkeit bewertet und in Szenarien dargestellt.

Szenarien

Gewählte Lösungsansätze werden mit Hilfe einer Nutzwertanalyse hinsichtlich ihrer PI-Tauglichkeit bewertet. Die durchgeführten Nutzwertanalysen betrachten:

- Strichcodes sowie RFID zur Identifikation von Objekten
- RFID-Transponder
- 1D- sowie 3D-Messsysteme zur Volumenerfassung
- RFID, Bluetooth Low Energy und Ultra-Wideband zur Positionsbestimmung

Tabelle 1 zeigt beispielhaft das Ergebnis der Nutzwertanalyse für die Beurteilung von Strichcode und RFID.

Tabelle 1: Bewertung von Strichcode und RFID

Kriterium	Gewichtung in %	Strichcode		RFID	
		Beurt.	Wert	Beurt.	Wert
1. Investitionskosten	15	4	0,6	2	0,3
2. Anpassungsaufwand	2,5	5	0,125	2	0,05
3. Benutzerfreundlichkeit/Arbeitsschutz	5	5	0,25	3	0,15
4. Datensicherheit	5	5	0,25	3	0,15
5. Beständigkeit gegen Störeinflüsse	10	5	0,5	2	0,2
6. Pulkerfassung	20	0	0	5	1
7. Lebensdauer	5	3	0,15	5	0,25
8. Speicherfähigkeit	5	1	0,05	3	0,15
9. Objektgeschwindigkeit	10	1	0,1	4	0,4
10. Standardisierung	5	5	0,25	2	0,1
11. Lesegenauigkeit	10	3	0,3	5	0,5
12. Kommunikationsreichweite	7,5	1	0,075	4	0,3
Summe der Gewichtsprozente	100		2,65		3,55

Nachdem verschiedene Lösungsansätze mittels Nutzwertanalyse bewertet wurden, werden diese in Szenarien eingebettet. Die Szenarien beziehen sich auf kleine Bereiche aktueller Hubs, für die Umsetzungsschritte in Richtung Road PI-Hub dargestellt werden.

Das in Abbildung 4 abgebildete Szenario bezieht sich auf einen kleinen Ausschnitt eines Blocklagers, in dem die Auffindung vorgegebener Positionen durch RFID-Technologie im Lager ermöglicht wird.

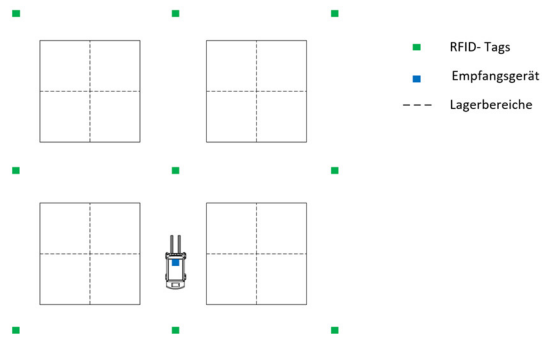


Abbildung 4: Blocklager mit RFID-Tags an den Kreuzungen

Während in diesem Szenario nur die Orientierung zwischen bzw. das Auffinden von Blöcken dargestellt ist, zeigt Abbildung 6 die Identifikation einzelner Stellplätze in Regalgassen und die dafür notwendigen RFID-Transponder.

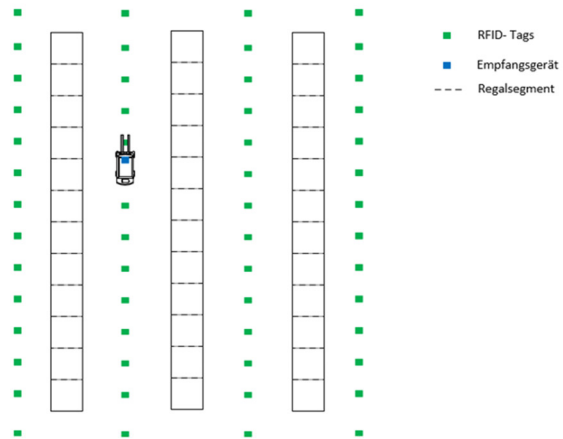


Abbildung 5: Identifikation von Stellplätzen

Bewertung und Ausblick

Die Bewertung der Szenarien zeigt den Nutzen dieser bei Anwendung in mittelständischen Unternehmen, die Hubs betreiben. Neben dem unmittelbar entstehenden Nutzen für aktuelle Prozesse, wird hier vor allem der Nutzen der Szenarioumsetzung für das zukünftige PI bewertet. Dieser ist in Abbildung 6 den jeweiligen Szenarien zugeordnet.

Die Vorgehensweise dieser Arbeit hinsichtlich der Bewertung von Technologien kann auch als Vorlage für andere, hier nicht behandelte, Bereiche des PI wie die Entwicklung der PI-Container genutzt werden. Neben den technischen Aspekten der Umsetzungsschritte wird in Zukunft auch die Finanzierung dieser betrachtet werden müssen. Gehen PI-Umsetzungsschritte über einzelne Prozesse in abgegrenzten Bereichen wie Hubs hinaus, müssen dafür auch die richtigen Partner in der

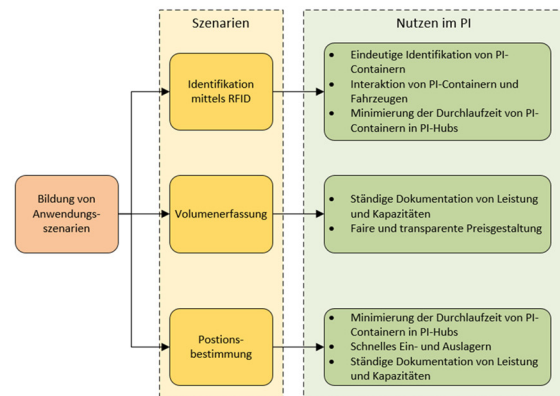


Abbildung 6: Nutzen der Anwendungsszenarien für das PI

Wirtschaft gefunden werden. Sollen beispielsweise PI-Container flächendeckend eingesetzt werden, wird es auch darum gehen die richtigen Unternehmen aus Branchen wie der Automobilindustrie dafür zu gewinnen.

Literatur

[1] Ballot, Eric; Montreuil, Benoit; Meller, Russel D.: The Physical Internet, The Network of Logistics Networks; Paris, 2014 – ISBN 978-2-110-09865-8

[2] Montreuil, Benoit: Toward a Physical Internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge; 2011

[3] Modular Logistics Unit in shared Co-modal Networks: Projekt-Homepage, URL <http://modulushca.eu> - Abrufdatum: 23.11.2018

[4] Pan, Shenle; Nigrelli, Michele; Ballot, Eric; Sarraj, Rochdi; Yang, Yanyan: Perspectives of inventory control models in the Physical Internet: A simulation study

Towards an Autonomous Vision-based Inventory Drone

J. Pestana, M. Maurer, F. Fraundorfer and H. Bischof

pestana@icg.tugraz.at ; fraundorfer@icg.tugraz.at ; aerial@lists.icg.tugraz.at



Abstract

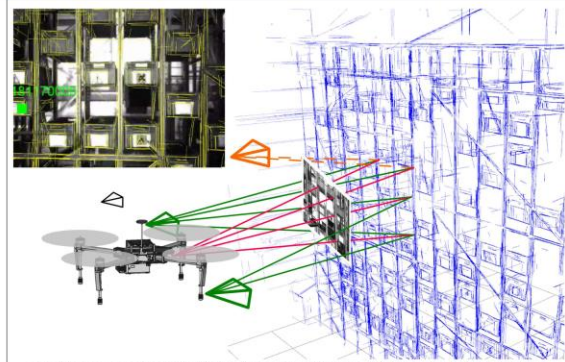
Inventory tracking is a time and cost intensive task in industry. Great expense is dedicated to performing inventory checks. To reduce this effort we present an inventory drone prototype [1] developed to demonstrate the feasibility of vision-based navigation inside industrial warehouses with highly repetitive visual structure.

In contrast to using LIDAR [2], we utilize model-based visual localization against a precomputed map of the environment [3,4] to estimate and compensate the drift of a commercially available odometry sensor [5] and achieve cm-accurate navigation. Our experiments showcase the capabilities of our prototype for vision-based precise indoor navigation and autonomous inventory. All computations are performed on-board the drone.

Motivation

- Allow frequent inventory checks and reduce their cost
- Drone deployed by an operator
- Our estimates:
 - 60-80% cost reduction - compared to manual operation
 - The inventory-check service takes ~1 hour for a facility of 12.000 m² refurbished with 6 shelf storage racks
 - For the client there are no high-cost bottlenecks, such as: equipment acquisition (drones), employee training or specialized maintenance
- Extract information periodically from the images acquired by the drones: empty slots, create precise and dense 3D models, track changes in the warehouse, etc.

Technology



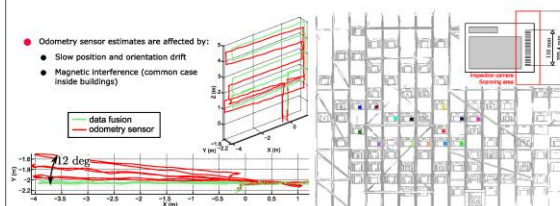
Vision based real-time localization and image processing

- Cameras are light-weight sensors
- Achieve cm-accurate navigation using small drones
- Extract additional information periodically

Prototype test at the ITL



Inventory drone prototype during flight



(left) Drift compensation (right) Inventory check experiment

- Achieved cm-accurate trajectory tracking, with an error of $\sigma=0.81$ cm (0.125 m/s) and $\sigma=1.30$ cm (at 0.55 m/s speed)
- We distributed 15 inventory tags with barcodes and performed 5 flights². Our inventory drone prototype was able to decode 73 out of 75 barcodes successfully.
- Achieved inventory tag positioning accuracy, $\sigma=1.92$ cm.

² Video: <https://files.icg.tugraz.at/f/17869e064fc44326a6e0/>

Literature

- [1] Maurer, Pestana, Fraundorfer and Bischof "Towards an Autonomous Vision-based Inventory Drone" in the Workshop "Robotics for logistics in warehouses and environments shared with humans", IEEE/RSJ IROS2018.
- [2] Beul, [...] & Behnke, "Fast Autonomous Flight in Warehouses for Inventory Applications," IEEE RA-L 2018.
- [3] Rumpler et al. "Evaluations on multiscale camera networks for precise and geo-accurate reconstructions from aerial and terrestrial images with user guidance," Computer Vision & Image Understanding (CVIU), 2016
- [4] M. Hofer, M. Maurer, and H. Bischof, "Efficient 3D scene abstraction using line segments" CVIU 2017.
- [5] Zhou et al. "Guidance: A Visual Sensing Platform For Robotic Applications" in IEEE CVPR Workshops, 2015.

Abstract

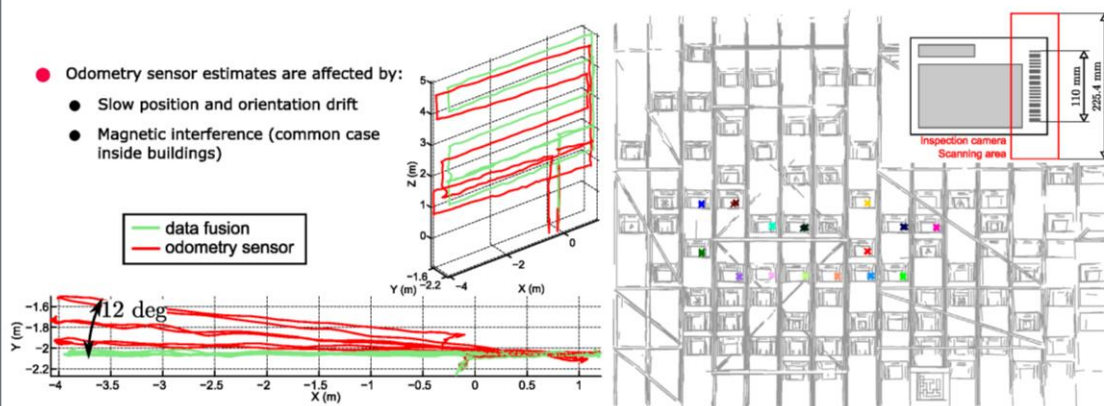
Inventory tracking is a time and cost intensive task in industry. Great expense is dedicated to performing inventory checks. To reduce this effort we present an inventory drone prototype [1] developed to demonstrate the feasibility of vision-based navigation inside industrial warehouses with highly repetitive visual structure.

In contrast to using LIDAR [2], we utilize model-based visual localization against a precomputed map of the environment [3,4] to estimate and compensate the drift of a commercially available odometry sensor [5] and achieve cm-accurate navigation. Our experiments showcase the capabilities of our prototype for vision-based precise indoor navigation and autonomous inventory. All computations are performed on-board the drone.

Prototype test at the ITL



Inventory drone prototype during flight



(left) Drift compensation (right) Inventory check experiment

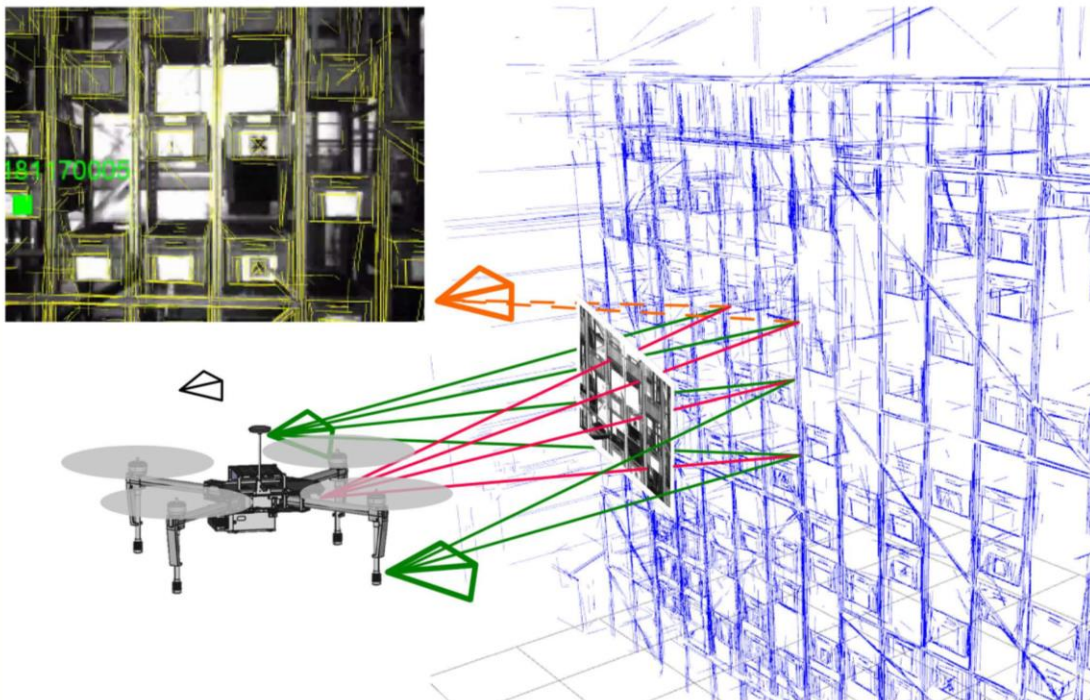
- Achieved cm-accurate trajectory tracking, with an error of $\sigma=0.81$ cm (0.125 m/s) and $\sigma=1.30$ cm (at 0.55 m/s speed)
- We distributed 15 inventory tags with barcodes and performed 5 flights². Our inventory drone prototype was able to decode 73 out of 75 barcodes successfully.
- Achieved inventory tag positioning accuracy, $\sigma=1.92$ cm.

² Video: <https://files.icg.tugraz.at/f/17869e064fc44326a6e0/>

Motivation

- Allow frequent inventory checks and reduce their cost
- Drone deployed by an operator
- Our estimates:
 - 60-80% cost reduction - compared to manual operation
 - The inventory-check service takes ~1 hour for a facility of 12.000 m² refurbished with 6 shelf storage racks
 - For the client there are no high-cost bottlenecks, such as: equipment acquisition (drones), employee training or specialized maintenance
- Extract information periodically from the images acquired by the drones: empty slots, create precise and dense 3D models, track changes in the warehouse, etc.

Technology



Vision based real-time localization and image processing

- Cameras are light-weight sensors
- Achieve cm-accurate navigation using small drones
- Extract additional information periodically

Literature

- [1] Maurer, Pestana, Fraundorfer and Bischof "Towards an Autonomous Vision-based Inventory Drone" in the Workshop "Robotics for logistics in warehouses and environments shared with humans", IEEE/RSJ IROS2018.
- [2] Beul, [...] & Behnke, "Fast Autonomous Flight in Warehouses for Inventory Applications," IEEE RA-L 2018.
- [3] Rumpler et al. "Evaluations on multiscale camera networks for precise and geo-accurate reconstructions from aerial and terrestrial images with user guidance," Computer Vision & Image Understanding (CVIU), 2016
- [4] M. Hofer, M. Maurer, and H. Bischof, "Efficient 3D scene abstraction using line segments" CVIU 2017.
- [5] Zhou et al. "Guidance: A Visual Sensing Platform For Robotic Applications" in IEEE CVPR Workshops, 2015.



Masterarbeit - Entwicklung eines leistungsoptimierten Designs einer Kompostwendewalze



STADLTHANNER Dominik, SCHEDLER Michael

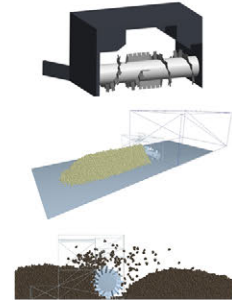
Einleitung

Kompostwender werden in offenen Kompostieranlagen eingesetzt, um über eine rotierende Walze das Schüttgut umzusetzen und dadurch für eine ausreichende Durchmischung und Sauerstoffzufuhr zu sorgen. Diese Arbeit untersucht und optimiert einen elektrisch betriebenen Kompostwender der Pusch & Schinnerl GmbH [1] hinsichtlich Energieeffizienz und Umsetzqualität durch Verwendung von Diskrete Elemente Simulationen (DEM) und statistischer Versuchsplanung (DoE).



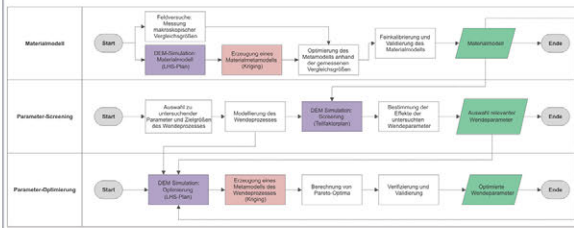
3. Screening und Optimierung

- Variation von Geometrie- und Prozessparametern
- Trennung von wichtigen und unwichtigen Wendeparametern
- Erstellung eines Metamodells mittels Kriging aus simulierten Stützpunkten zur Optimierung der wichtigen Parameter
- Ermittlung Pareto-optimaler Punkte über einen Evolutionären Algorithmus (EA)

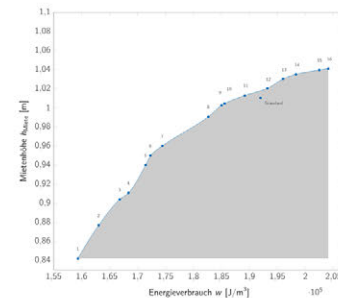


Ablauf

Das folgende Ablaufdiagramm zeigt ein dreistufiges Verfahren zum Ablauf der Simulationsstudie. Im ersten Schritt wird ein Materialmodell für die DEM-Simulation kalibriert. Anschließend werden wichtige Geometrie- und Prozessparameter des Wendevorgangs (Wendeparameter) ermittelt. Im dritten Schritt erfolgt die Optimierung der Wendeparameter, mit dem Ziel den Energieverbrauch zu minimieren und gleichzeitig die Umsetzqualität (quantifiziert durch Höhe der Kompostmiete) zu maximieren.



Resultate

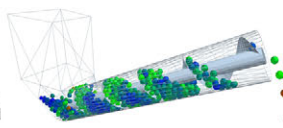


Die obenstehende Abbildung zeigt eine Reihe von Pareto-optimalen Punkten 1 bis 16, die einen Kompromiss aus Energieeffizienz und Umsetzqualität (Mietenhöhe) darstellen. Zu jedem Punkt gibt es eine entsprechende Wendeparameterkombination. Die Punkte wurden über einen Evolutionären Algorithmus basierend auf einem Kriging-Metamodell berechnet.

Methode

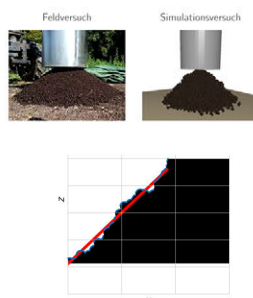
1. Theorie: Diskrete Elemente Methode (DEM) [2]

- Simulation von Schüttgütern
- Große Anzahl an Partikeln
- Interaktion von Partikeln mit anderen Partikeln und Umgebung



2. Kalibrierung des Materialmodells über Vergleichsversuche (vgl. [3, 4, 5])

- Variation von Materialkennwerten (z.B. Dichte, Reibungskoeffizienten, etc.) über Simulation
- Vergleich makroskopischer Eigenschaften (z.B. Schüttdichte, Schüttwinkel, etc.)



Ausblick

Folgende weiterführenden Projekte sind geplant:

- Validierung der Ergebnisse am realen Kompostwender
- Simulation weiterer Kompostarten (Zusammensetzung, Rottefortschritt, etc.)
- Berücksichtigung weiterer Qualitätsmerkmale (z.B. Mischgüte)
- Entwicklung eines dynamischen Energiemodells

Literatur

[1] Thomas Pusch und Richard Schinnerl. eWender. url: <http://www.pusch-schinnerl.com/e-wender/> (besucht am 29.04.2019)

[2] Peter A Cundall und Otto DL Strack. »A Discrete Numerical Model for Granular Assemblies«. In: geotechnique 29.1 (1979)

[3] Michael Rackl u.a. »Efficient Calibration of Discrete Element Material Model Parameters Using Latin Hypercube Sampling and Kriging«. In: Proceedings of the VII European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (2016)

[4] Michael Rackl. »Verifikation eines methodischen Kalibrierungsverfahrens für Diskrete-Elemente-Methode-Parameter unter Einbeziehung des Rayleigh-Zeitschritts«. Unter Mitarb. von Technische Universität München. OCLC: 1037843806. München: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss, Logistik, 2018

[5] Michael Rackl und Willibald A Günthner. »Effiziente Kalibrierung von DEM-Materialmodell-Parametern«. In: 21. Fachtagung Schüttgutförderertechnik (2016)



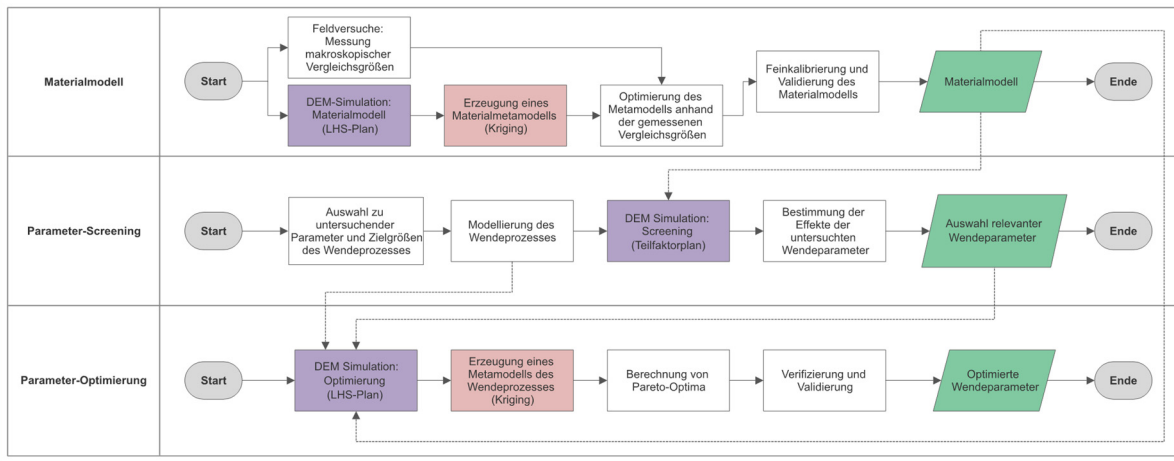
Einleitung

Kompostwender werden in offenen Kompostieranlagen eingesetzt, um über eine rotierende Walze das Schüttgut umzusetzen und dadurch für eine ausreichende Durchmischung und Sauerstoffzufuhr zu sorgen. Diese Arbeit untersucht und optimiert einen elektrisch betriebenen Kompostwender der Pusch & Schinnerl GmbH [1] hinsichtlich Energieeffizienz und Umsetzqualität durch Verwendung von Diskrete Elemente Simulationen (DEM) und statistischer Versuchsplanung (DoE).



Ablauf

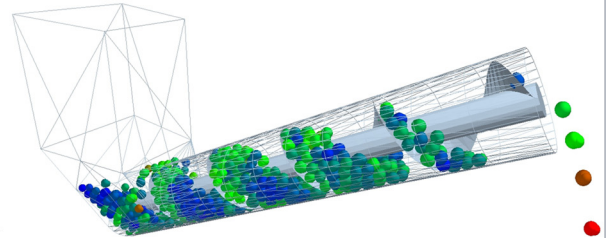
Das folgende Ablaufdiagramm zeigt ein dreistufiges Verfahren zum Ablauf der Simulationsstudie. Im ersten Schritt wird ein Materialmodell für die DEM-Simulation kalibriert. Anschließend werden wichtige Geometrie- und Prozessparameter des Wendevorgangs (Wendeparameter) ermittelt. Im dritten Schritt erfolgt die Optimierung der Wendeparameter, mit dem Ziel den Energieverbrauch zu minimieren und gleichzeitig die Umsetzqualität (quantifiziert durch Höhe der Kompostmiete) zu maximieren.



Methode

1. Theorie: Diskrete Elemente Methode (DEM) [2]

- Simulation von Schüttgütern
- Große Anzahl an Partikeln
- Interaktion von Partikeln mit anderen Partikeln und Umgebung



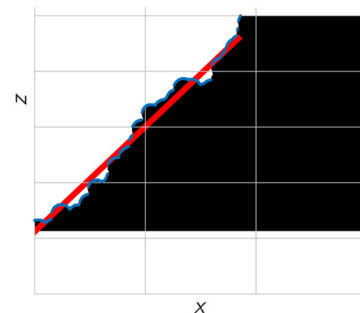
2. Kalibrierung des Materialmodells über Vergleichsversuche (vgl. [3, 4, 5])

- Variation von Materialkennwerten (z.B. Dichte, Reibungskoeffizienten, etc.) über Simulation
- Vergleich makroskopischer Eigenschaften (z.B. Schüttdichte, Schüttwinkel, etc.)

Feldversuch

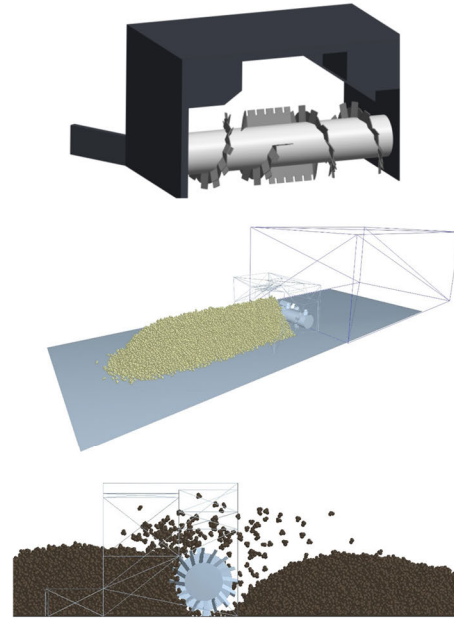


Simulationsversuch

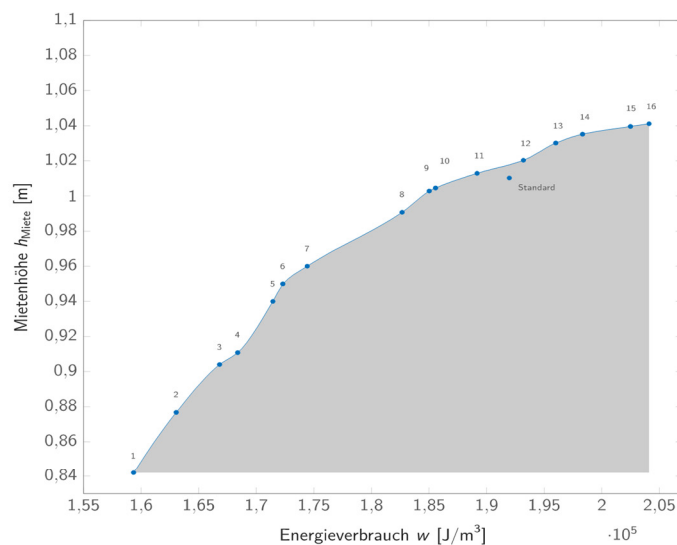


3. Screening und Optimierung

- Variation von Geometrie- und Prozessparametern
- Trennung von wichtigen und unwichtigen Wendeparametern
- Erstellung eines Metamodells mittels Kriging aus simulierten Stützpunkten zur Optimierung der wichtigen Parameter
- Ermittlung Pareto-optimaler Punkte über einen Evolutionären Algorithmus (EA)



Resultate



Die obenstehende Abbildung zeigt eine Reihe von Pareto-optimalen Punkten 1 bis 16, die einen Kompromiss aus Energieeffizienz und Umsetzqualität (Mietenhöhe) darstellen. Zu jedem Punkt gibt es eine entsprechende Wendeparameterkombination. Die Punkte wurden über einen Evolutionären Algorithmus basierend auf einem Kriging-Metamodell berechnet.

Ausblick

Folgende weiterführenden Projekte sind geplant:

- Validierung der Ergebnisse am realen Kompostwender
- Simulation weiterer Kompostarten (Zusammensetzung, Rottefortschritt, etc.)
- Berücksichtigung weiterer Qualitätsmerkmale (z.B. Mischgüte)
- Entwicklung eines dynamischen Energiemodells

Literatur

[1] Thomas Pusch und Richard Schinnerl. eWender. url: <http://www.pusch-schinnerl.com/e-wender/> (besucht am 29.04.2019)

[2] Peter A Cundall und Otto DL Strack. »A Discrete Numerical Model for Granular Assemblies«. In: geotechnique 29.1 (1979)

[3] Michael Rackl u.a. » Efficient Calibration of Discrete Element Material Model Parameters Using Latin Hypercube Sampling and Kriging«. In: Proceedings of the VII European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (2016)

[4] Michael Rackl. » Verifikation eines methodischen Kalibrierungsverfahrens für Diskrete-Elemente-Methode-Parameter unter Einbeziehung des Rayleigh-Zeitschritts«. Unter Mitarb. von Technische Universität München. OCLC: 1037843806. München: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss, Logistik, 2018

[5] Michael Rackl und Willibald A Günthner. »Effiziente Kalibrierung von DEM-Materialmodell-Parametern«. In: 21. Fachtagung Schüttgutfördertechnik (2016)

Physical Internet Pallet system



Mahringer Gerald, Ehrentraut Florian

Introduction

The idea of Physical Internet (PI) gains more and more attention in transport and logistic sector. Due to changing conditions according to omnipresent challenges (e.g. climate change, overnight delivery, ...) transports and logistics processes will be forced to be as efficient as possible in near future [1]. That guiding principle of gaining more efficiency is the central background of the PI philosophy. Figure 1 shows a roadmap including all relevant areas of research PI addresses.

Using standardised PI containers and a efficient, global transport network consisting of PI hubs allows to transport goods more efficient and effective within wide distances [2]. This master's thesis, titled "Physical Internet pallet system", investigates potential of design and introduction of an PI compatible pallet system which could give the opportunity to strengthen the PI philosophy

within the sector of transportation in this network especially at the area of first-mile and last mile transportation.

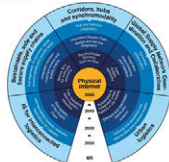


Figure 1 roadmap to Physical Internet [5]

Combined with other megatrends (e.g. microtransportations, digitalisation,...) this will lead to more efficiency in transportation and logistics branch.

Results

Executing the steps of methodical design process including iterate loops and the creating basic concept of PI Pallet lead to the next step of conceptual designing a PI compatible pallet system. The pallet system was designed by CAD, including 6 variants of the pallet systems of differing in 6 dimensions (1200x1200mm, 1200x800mm, 1200x400mm, 800x800mm, 800x400mm, 400x400mm) Figure 7 shows the virtual prototype of a PI Pallet with dimensions 1200x800mm. The focus of this design process was the simple manufacturability with state of the art manufacturing methods.

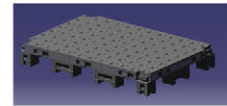


Figure 7 function table PI Pallet

the handling of the pallet with a fork lift from all four sides. Fixation elements on all sides allow a simple lock process of the pallet during transportation.

The middle part allows interconnectivity between pallets. By operate a simple mechanism two or more pallets can be fast and easy combined to form a pallet unit. The base for that connection is a formfitting mechanism.

The third element of the PI pallet system is the upper part. By using standardised patterns PI containers can be added and locked on the top of the pallet easy and fast in many different positions. The design process was defined by the basic concept of MODULUSCA project in order to be suitable with MODULUSCA boxes [6]. This upper part can easy be redesigned in order to be suitable with other patterns and PI technologies.

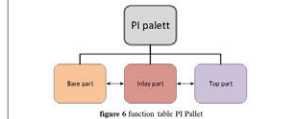


Figure 6 function table PI Pallet

Objectives

Modularity, flexibility, interconnectivity and automation are the main approaches in order to reach the goal of efficiency within the PI transportation network [3]. During preceding projects the opportunities and strengths of modular and interconnectable PI Container has been shown. In order to reach more acceptance of PI technology especially in area of first mile transportation and last mile delivery as well as to create a tool which allow to introduce a widely accessible to the PI technology within a broad target group in logistics branch, the objective of this project was to transfer the basic concepts

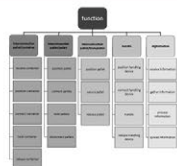


Figure 5 function table PI Pallet

of modularity and interconnectability from PI containers to a PI compatible pallet system. Figure 3 shows the basic functions and features of an PI Pallet. The resulting modular dimensions and interconnectability between PI Pallets, transport unit (e.g. trucks) as well as PI containers, as shown in figure 2, combined with simple operability enables an optimised transportation process of encapsulated goods within the transportation network which is the root of efficiency.

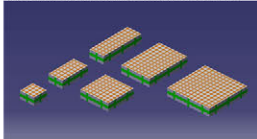


Figure 2 concept modular and interconnectable PI Pallet

Outlook

As the result of this project is virtual prototype, the next step is creating a physical prototype following the design of this virtual prototype. Testing the functions as well as the interaction with other PI elements (e.g. PI containers) is a crucial aspect in order to design a roadmap for implementation and field test under real conditions. Due to find out the optimal conditions and material the virtual prototype will be further simulated and visualized by using FEM methods. This enables the finding of optimal geometrical

boundary conditions and optimises the manufacturing process. Figure 8 shows exemplary the possible outcome of such a simulation.

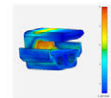


Figure 6: simulation of the structure of one part on PI Pallet

Methodology

PI compatible pallets need to meet requirements from PI approaches as well as needs from industry and end users of this potential tool.

In order to create a suitable product which fulfill this requirements and needs as good as possible, the design process follows the basic steps of methodical design according to VDI 2221 to VDI 2223, as shown in figure 4, combined with other methodical approaches (e.g. scenario writing, ...) Basic of the design process is the definition of the task, which is done by finding 3 special scenarios and use-cases which are:

- First mile transportation from manufacturer to PI hub
- Last mile delivery from PI to consumer
- Special transportations (e.g. heavy good transportations, ...)

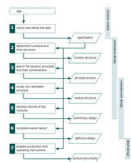


Figure 4 methodical design steps according to VDI 2221[4]

Figure 5 shows exemplarily a flowchart of use case 1 representing first mile transportation

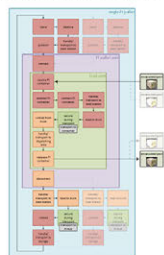


Figure 5 usecase 1 representing first mile transportation

Based on this scenarios and tasks the list of requirements has been created, consisting of needs from industry as well as requirements from PI.

Following the steps of methodical design according to figure 4, including several iteration loops, the result was a virtual prototype of a pallet system which meets the requirements the best.

Conclusion

PI is on the move. The usage of modular and interconnectable PI Container as well a flexible high performance transportation network are crucial for success of PI approaches.

PI compatible pallet systems allows to connect the benefit from nowadays technologies with the innovative PI vision by transferring knowledge from previous PI projects to this well established logistics element.

The transportation of goods in times of climate

change, overnight deliveries and many other challenges forces engineers to create more efficient and effective methods and variants. PI delivers answers to many of todays important questions which needs to be answered. By creation of a big portfolio of PI tools like PI Pallets and PI Containers and clever and flexible combination of them, transport and logistics branch can be lead to an promising future.

Literature

[1] ERIC BALLOT, BENOIT MONTREUIL, RUSSELL D. MELLER: The Physical Internet : The Network of Logistics Networks. Paris : La Documentation française, 2014, p13
 [2] Montreuil B. (2011): Towards a Physical Internet: Meeting the Global Logistics Sustainability Grand Challenge, Logistics Research, v3, p78f
 [3] Montreuil, B.; Ballot, E.; Tremblay2017): Modular Design of Physical Internet Transport, Handling and Packaging Containers, HAL archives-ouvertes.fr, p2ff
 [4] VDI 2221 Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, 1983
 [5] <https://www.etp-logistics.eu> , 29.04.2019
 [6] <http://www.modulusca.eu/>, 29.04.2019



Introduction

The idea of Physical Internet (PI) gains more and more attention in transport and logistic sector. Due to changing conditions according to omnipresent challenges (e.g. climate change, overnight delivery, ...) transports and logistics processes will be forced to be as efficient as possible in near future [1]. That guiding principle of gaining more efficiency is the central background of the PI philosophy. Figure 1 shows a roadmap including all relevant areas of research PI addresses.

Using standardised PI containers and a efficient, global transport network consisting of PI hubs allows to transport goods more efficient and effective within wide distances [2]. This master's thesis, titled "Physical Internet pallet system", investigates potential of design and introduction of an PI compatible pallet system which could give the opportunity to strengthen the PI philosophy

within the sector of transportation in this network especially at the area of first-mile and last mile transportation.

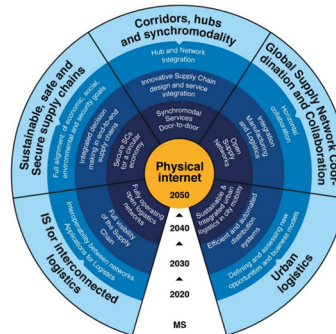


figure 1 roadmap to Physical Internet [5]

Combined with other megatrends (e.g. microtransportations, digitalisation,...) this will lead to more efficiency in transportation and logistics branch.

Objectives

Modularity, flexibility, interconnectivity and automation are the main approaches in order to reach the goal of efficiency within the PI transportation network [3]. During preceding projects the opportunities and strengths of modular and interconnectable PI Container has been shown. In order to reach more acceptance of PI technology especially in area of first mile transportation and last mile delivery as well as to create a tool which allow to introduce a widely accessible to the PI technology within a broad target group in logistics branch, the objective of this project was to transfer the basic concepts

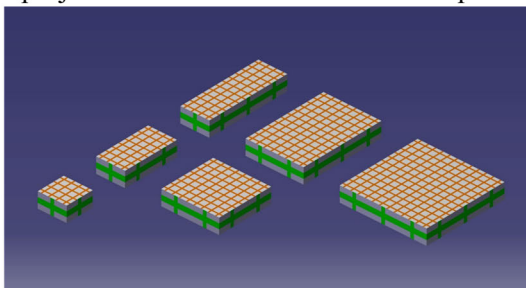


figure 2 concept modular and interconnectable PI Pallet

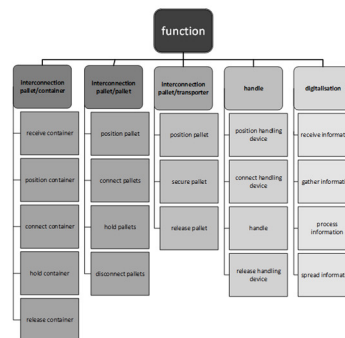


figure 5 function table PI Pallet

of modularity and interconnectability from PI containers to a PI compatible pallet system. Figure 3 shows the basic functions and features of an PI Pallet. The resulting modular dimensions and interconnectability between PI Pallets, transport unit (e.g. trucks) as well as PI containers, as shown in figure 2, combined with simple operability enables an optimised transportation process of encapsulated goods within the transportation network which is the root of efficiency.

Methodology

PI compatible pallets need to meet requirements from PI approaches as well as needs from industry and end users of this potential tool.

In order to create a suitable product which fulfill this requirements and needs as good as possible, the design process follows the basic steps of methodical design according to VDI 2221 to VDI 2223, as shown in figure 4, combined with other methodical approaches (e.g. scenario writing, ...) Basic of the design process is the definition of the task, which is done by finding 3 special scenarios and use-cases which are:

- First mile transportation from manufacturer to PI hub
- Last mile delivery from PI to consumer
- Special transportations (e.g. heavy good transportations, ...)

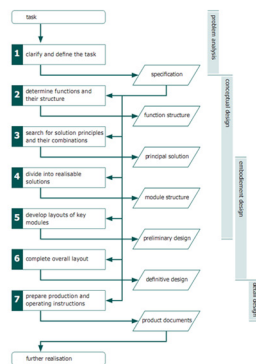


figure 4 methodical design steps according to VDI 2221[4]

Figure 5 shows exemplarily a flowchart of use case 1 representing first mile transportation

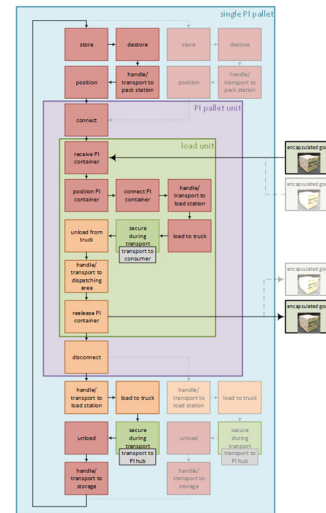


figure 5 usecase last mile delivery

Based on this scenarios and tasks the list of requirements has been created, consisting of needs from industry as well as requirements from PI.

Following the steps of methodical design according to figure 4, including several iteration loops, the result was a virtual prototype of a pallet system which meets the requirements the best.

Results

Executing the steps of methodical design process including iterate loops and the creating basic concept of PI Pallet lead to the the next step of conceptual designing a PI compatible pallet system. The pallet system was designed by CAD, including 6 variants of the pallet systems of differing in 6 dimensions (1200x1200mm, 1200x800mm, 1200x400mm, 800x800mm, 800x400mm, 400x400mm) Figure 7 shows the virtual prototype of a PI Pallet with dimensions 1200x800mm.. The focus of this design process was the simple manufacturability with state of the art manufacturing methods.

The virtual prototype consists 3 main elements base part, inlay part and top part, as showed in figure 6, which can get easy separated and connected.

The lower part is the base of the pallet system and includes mounting elements for middle part and upper part. Standardised dimensions allows

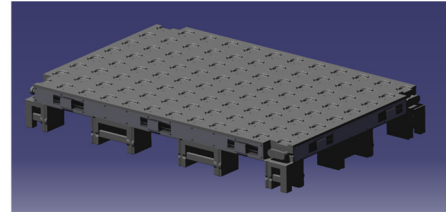


figure 7 function table PI Pallet

the handling of the pallet with a fork lift from all four sides. Fixation elements on all sides allow a simple lock process of the pallet during transportation.

The middle part allows interconnectivity between pallets. By operate an simple mechanism two or more pallets can be fast and easy combined to form a pallet unit. The base for that connection is a formfitting mechanism.

The third element of the PI pallet system is the upper part. By using standardised patters PI containers can be added and locked on the top of the pallet easy and fast in many different positions The design process was defined by the basic concept of MODULUSCA project in order to be suitable with MODULUSHCA boxes [6]. This upper part can easy be redesigned in order to be suitable with other patterns and PI technologies.

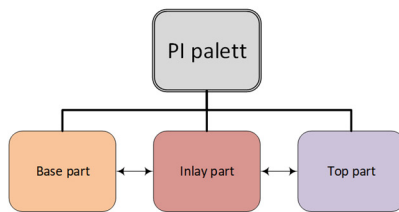


figure 6 function table PI Pallet

Outlook

As the result of this project is virtual prototype, the next step is creating a physical prototype following the design of this virtual prototype. Testing the functions as well as the interaction with other PI elements (e.g PI containers) is a crucial aspect in order to design a roadmap for implementation and field test under real conditions. Due to find out the optimal conditions and material the virtual prototype will be further simulated and visualized by using FEM methods. This enables the finding of optimal geometrical

boundary conditions and optimises the manufacturing process. Figure 8 shows exemplary the possible outcome of such a simulation.

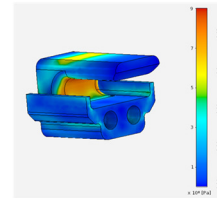


figure 6: simulation of the structure of one part on PI Pallet

Conclusio

PI is on the move. The usage of modular and interconnectable PI Container as well a flexible high performance transportation network are crucial for success of PI approaches.

PI compatible pallet systems allows to connect the benefit from nowadays technologies with the innovative PI vision by transferring knowledge from previous PI projects to this well established logistics element.

The transportation of goods in times of climate

change, overnight deliveries and many other challenges forces engineers to create more efficient and effective methods and variants. PI delivers answers to many of todays important questions which needs to be answered. By creation of a big portfolio of PI tools like PI Pallets and PI Containers and clever and flexible combination of them, transport and logistics branch can be lead to an promising future.

Literature

[1] ERIC BALLOT, BENOIT MONTREUIL, RUSSELL D. MELLER: The Physical Internet : The Network of Logistics Networks. Paris : La Documentation fran-çaise, 2014, p13

[2] Montreuil B. (2011): Towards a Physical Internet: Meeting the Global Logistics Sustainability Grand Challenge, Logistics Research, v3, p78f

[3] Montreuil, B.; Ballot, E.; Tremblay(2017): Modular Design of Physical Internet Transport, Handling and Packaging Containers, HAL archives-ouvertes.fr, p2ff

[4] VDI 2221 Methodik zum Entwickeln und Konstrieren technischer Systeme und Produkte, 1983

[5] <https://www.etp-logistics.eu> , 29.04.2019

[6] <http://www.modulushca.eu/>, 29.04.2019

Simulation des elastischen Verhaltens von Polybags

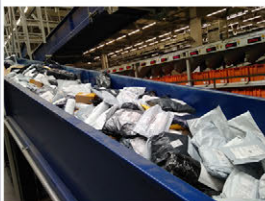


ROTH Stefan, SCHEDLER Michael

Einleitung

Die Verpackungsform Polybag innerhalb der KEP (Kurier-Express-Paket) löst speziell im asiatischen Raum, aber auch immer mehr in Europa den klassischen Karton ab. Ein Hauptgrund für diese Entwicklung ist vor allem die bessere Raumnutzung von Sendungen dieser Art während des Transportes im Pulk. Dies ist hauptsächlich auf das elastische Verhalten bzw. die Kompressibilität dieser Sendungen zurückzuführen. Diese Eigenschaft ist jedoch bei der Verarbeitung in Logistiksystemen, im speziellen bei vereinzelt Sendungen ein Problem, da sich die

physikalischen Eigenschaften von Polybags stark von klassischen Kartonverpackungen unterscheiden und es somit immer wieder zu Problemen und somit zu Durchsatzverringerungen kommt. Aus diesem Grund wurde am ITL eine Untersuchung gestartet, bei der im Speziellen die Elastizität von Einzelsendungen und deren Folgen im Prozess innerhalb von Simulationsmodellen nachgebildet wird, um so die Grundlage für mögliche Optimierungen an bestehenden Logistikzentren zu schaffen. Die Arbeit ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen.



Polybags im Pulk



Sortierprozess von Polybags

Ziel der Untersuchung

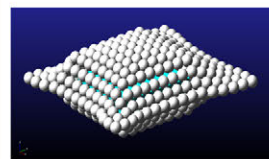
Aufgrund der hohen Variantenvielfalt an Sendungseigenschaften von Polybags (Abmessungen, Gewicht, Verpackungsmaterial, usw.) sind Simulationen von einzelnen Typen von Polybags nur wenig zielführend. Aus diesem Grund wird untersucht, ob und mit welchen Einschnitten ein Extrapolationsmodell (z.B. Metamodell) aufgebaut werden kann, um mit einem vertragbaren Simulationsaufwand dennoch Ergebnisse über ein breites Spektrum an Sendungsvariationen zu erhalten. Dazu sollen verschiedene Ansätze aus der Statistischen Versuchsplanung herangezogen werden (z.B. Latin-Hypercube-Sampling).

Die resultierenden Extrapolationsmodelle sollen dann in weiterer Folge anhand einfacher praktischer Vergleichsversuche validiert werden. Die Erkenntnisse der Arbeit, insbesondere die Vorgehensweise der Erstellung von Einzelmodellen bis hin zum dementsprechenden Extrapolationsmodell, können dann in weiterer Folge für verschiedenste logistische Tätigkeiten (z.B. Einschleusprozesse bei Sortieranlagen usw.) angewendet. Dadurch kann eine Auslegung solcher Prozesse unter Berücksichtigung der starken Diversität der Sendungen berücksichtigt werden.

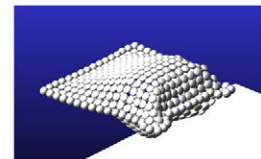
Modellbildung

Als Grundmaterial eines Polybags wird Luftpolsterfolie eingesetzt. Bei genauerer Betrachtung der Struktur dieses Materials kann erkannt werden, dass dieses aus einer Vielzahl aneinandergereihter, mit Luft gefüllter Ellipsen besteht. Auf Basis dieser Beobachtung wurde die Idee abgeleitet, diese Folie mittels Kugeln nachzubilden, welche über nahezu masselose Stäbe miteinander verbunden sind. Zwischen den Stäben und den Kugeln kommen Bushings zum Einsatz, welche wie ein Kugelgelenk mit rotatorischem Drehwiderstand wirken. Dies ist notwendig, um ein realitätsgetreues Verformungsverhalten des Grundmaterials, das jenem eines Blatt Papiers stark ähnelt, zu gewährleisten.

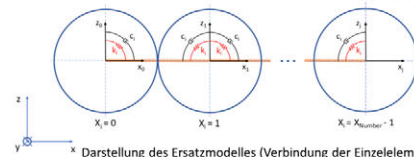
Durch Verbindung zweier zuvor genannter Kugelschichten kann ein Polybag nachgebildet werden. Im Inneren des Sackes befindet sich noch ein starrer Quader, welcher die Befüllung des Paketes repräsentiert. Ferner kommen zwischen Quader und Beutel reibungsbehaftete Kontakte zum Einsatz. Diese sorgen für die Fixierung der Ware innerhalb des Beutels und ermöglichen ggf. auch ein Verrutschen innerhalb des Sackes bei zu hohen Beschleunigungen. Das Modell wird skriptbasiert erstellt und somit können damit beliebige Varianten hinsichtlich Abmessung, Gewicht etc. erstellt werden.



Modell eines Polybags mittels Kugelverbund



Modell eines Polybags mittels Ellipsoidenverbund



Darstellung des Ersatzmodelles (Verbindung der Einzelelemente)

Kurzbewertung und Ausblick

Mit Hilfe des zuvor vorgestellten Modells, kann das doch meist sehr unvorhersehbare dynamische Verformungsverhalten in verschiedensten Szenarien während des Umschlages simuliert und bewertet werden. Derzeitiges Einsatzgebiet ist die Beobachtung von Umlenkvorgängen solcher Polybags.

Da die Simulationszeit aufgrund der hohen Anzahl an Einzelkomponenten sehr lange ist, wird versucht dieses Verhalten mit Metamodellen zu beschreiben um in Zukunft rascher Ergebnisse zu erhalten. Ferner müssen noch Testversuche zur Verifizierung dieser Metamodelle durchgeführt werden.

Literatur

- V Roshan Joseph und Ying Hung. »Orthogonal-Maximin Latin Hypercube Designs«. In: Statistica Sinica (2008)
- Jiju Antony. Design of Experiments for Engineers and Scientists Oxford ; Burlington, MA: Butterworth-Heinemann, 2003.



Einleitung

Die Verpackungsform Polybag innerhalb der KEP (Kurier-Express-Paket) löst speziell im asiatischen Raum, aber auch immer mehr in Europa den klassischen Karton ab. Ein Hauptgrund für diese Entwicklung ist vor allem die bessere Raumnutzung von Sendungen dieser Art während des Transportes im Pulk. Dies ist hauptsächlich auf das elastische Verhalten bzw. die Kompressibilität dieser Sendungen zurückzuführen. Diese Eigenschaft ist jedoch bei der Verarbeitung in Logistiksystemen, im speziellen bei vereinzelt Sendungen ein Problem, da sich die

physikalischen Eigenschaften von Polybags stark von klassischen Kartonverpackungen unterscheiden und es somit immer wieder zu Problemen und somit zu Durchsatzverringerungen kommt. Aus diesem Grund wurde am ITL eine Untersuchung gestartet, bei der im Speziellen die Elastizität von Einzelsendungen und deren Folgen im Prozess innerhalb von Simulationsmodellen nachgebildet wird, um so die Grundlage für mögliche Optimierungen an bestehenden Logistikzentren zu schaffen. Die Arbeit ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen.



Polybags im Pulk



Sortierprozess von Polybags

Ziel der Untersuchung

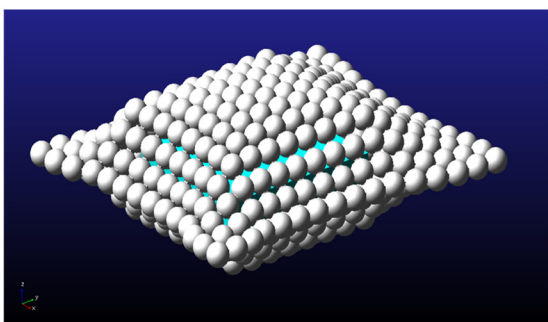
Aufgrund der hohen Variantenvielfalt an Sendungseigenschaften von Polybags (Abmessungen, Gewicht, Verpackungsmaterial, usw.) sind Simulationen von einzelnen Typen von Polybags nur wenig zielführend. Aus diesem Grund wird untersucht, ob und mit welchen Einschnitten ein Extrapolationsmodell (z.B. Metamodell) aufgebaut werden kann, um mit einem vertragbaren Simulationsaufwand dennoch Ergebnisse über ein breites Spektrum an Sendungsvariationen zu erhalten. Dazu sollen verschiedene Ansätze aus der Statistischen Versuchsplanung herangezogen werden (z.B. Latin-Hypercube-Sampling).

Die resultierenden Extrapolationsmodelle sollen dann in weiterer Folge anhand einfacher praktischer Vergleichsversuche validiert werden. Die Erkenntnisse der Arbeit, insbesondere die Vorgehensweise der Erstellung von Einzelmodellen bis hin zum dementsprechenden Extrapolationsmodell, können dann in weiterer Folge für verschiedenste logistische Tätigkeiten (z.B. Einschleusprozesse bei Sortieranlagen usw.) angewendet. Dadurch kann eine Auslegung solcher Prozesse unter Berücksichtigung der starken Diversität der Sendungen berücksichtigt werden.

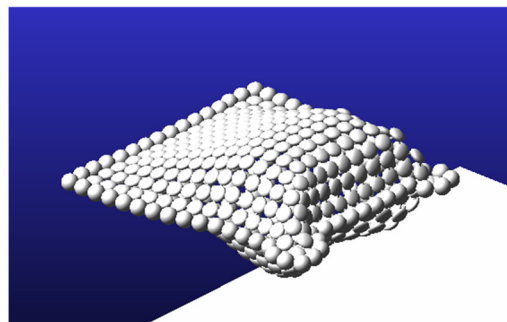
Modellbildung

Als Grundmaterial eines Polybags wird Luftpolsterfolie eingesetzt. Bei genauerer Betrachtung der Struktur dieses Materials kann erkannt werden, dass dieses aus einer Vielzahl aneinandergereihter, mit Luft gefüllter Ellipsen besteht. Auf Basis dieser Beobachtung wurde die Idee abgeleitet, diese Folie mittels Kugeln nachzubilden, welche über nahezu masselose Stäbe miteinander verbunden sind. Zwischen den Stäben und den Kugeln kommen Bushings zum Einsatz, welche wie ein Kugelgelenk mit rotatorischem Drehwiderstand wirken. Dies ist notwendig, um ein realitätsgetreues Verformungsverhalten des Grundmaterials, das jenem eines Blatt Papiers stark ähnelt, zu gewährleisten.

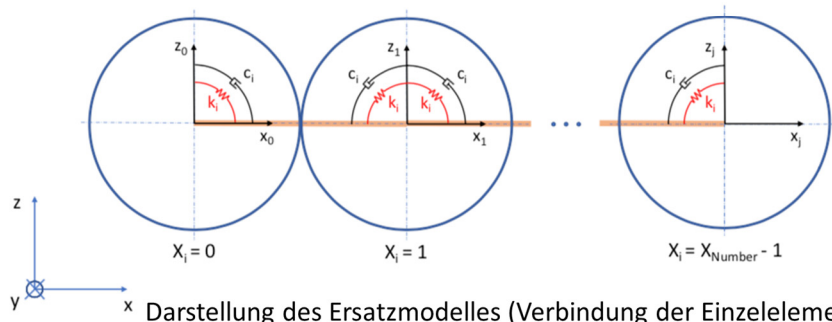
Durch Verbindung zweier zuvor genannter Kugelschichten kann ein Polybag nachgebildet werden. Im Inneren des Sackes befindet sich noch ein starrer Quader, welcher die Befüllung des Paketes repräsentiert. Ferner kommen zwischen Quader und Beutel reibungsbehaftete Kontakte zum Einsatz. Diese sorgen für die Fixierung der Ware innerhalb des Beutels und ermöglichen ggf. auch ein Verrutschen innerhalb des Sackes bei zu hohen Beschleunigungen. Das Modell wird skriptbasiert erstellt und somit können damit beliebige Varianten hinsichtlich Abmessung, Gewicht etc. erstellt werden.



Model eines Polybags mittels Kugelverbund



Model eines Polybags mittels Ellipsoidenverbund



Darstellung des Ersatzmodelles (Verbindung der Einzelemente)

Kurzbewertung und Ausblick

Mit Hilfe des zuvor vorgestellten Modells, kann das doch meist sehr unvorhersehbare dynamische Verformungsverhalten in verschiedensten Szenarien während des Umschlags simuliert und bewertet werden. Derzeitiges Einsatzgebiet ist die Beobachtung von Umlenkvorgängen solcher Polybags.

Da die Simulationszeit aufgrund der hohen Anzahl an Einzelkomponenten sehr lange ist, wird versucht dieses Verhalten mit Metamodellen zu beschreiben um in Zukunft rascher Ergebnisse zu erhalten. Ferner müssen noch Testversuche zur Verifizierung dieser Metamodelle durchgeführt werden.

Literatur

- V Roshan Joseph und Ying Hung. »Orthogonal-Maximin Latin Hypercube Designs«. In: Statistica Sinica (2008)
- Jiju Antony. Design of Experiments for Engineers and Scientists Oxford ; Burlington, MA: Butterworth-Heinemann, 2003.



Entwicklung einer analytischen Berechnungsvorschrift unter Berücksichtigung von Seildehnung und Durchhang der inversen Kinematik am Beispiel Seilroboter



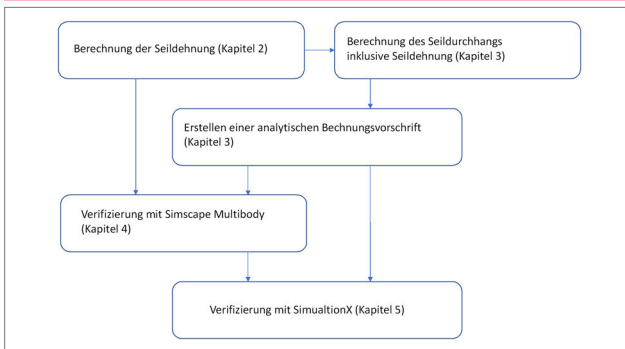
PUSCH Johannes, SCHEDLER Michael

Aufgabenstellung

Ein möglicher Einsatz von Seilrobotern wurde bereits in den unterschiedlichsten Anwendungen innerhalb der technischen Logistik untersucht. All diese Anwendungen haben jedoch den Nachteil, dass der Arbeitsraum verhältnismäßig klein und zudem die Transportmasse meist eher gering ausfällt. Gründe dafür sind die schwer zu handhabenden physikalischen Eigenschaften des Seilroboters (z.B. Seildehnung, Seildurchhang)

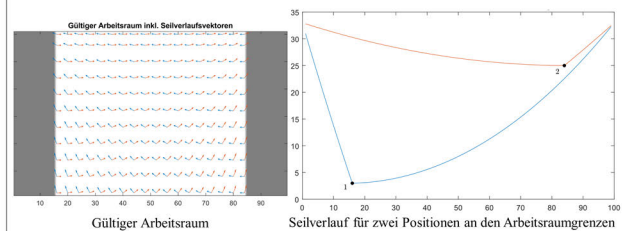
und die daraus entstehenden Probleme (z.B. ungenügende Positioniergenauigkeit). Aus diesem Grund hat das ITL eine Arbeit gestartet, welche die vorherrschende Physik eines Seilroboters (**2D, Arbeitsraum 30x100m, 1000kg Nutzlast**) analytisch erfassen soll, um dann mit Hilfe der inversen Kinematik Effekte wie Seildurchhang und -dehnung bereits im Vorfeld ausgleichen zu können (ohne komplexe Regelungstechnik).

Aufbau der Arbeit

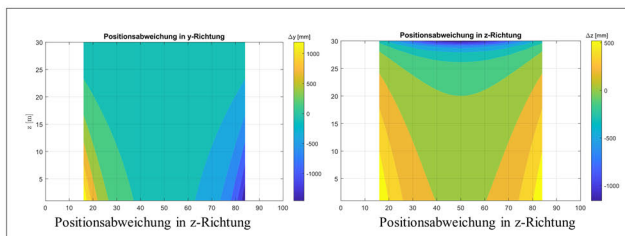


Arbeitsraum und Seilverlauf

Der Arbeitsraum wird so weit eingeschränkt, bis die Seile an jeder Position oberhalb des Manipulators verlaufen (beide Seilrichtungsvektoren zeigen nach oben).

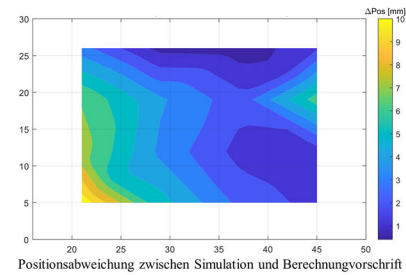


Einfluss Seildehnung und Durchhang



Verifizierung

Systematisch ausgewählte Positionen werden mit dem 2D-Modell in SimulationX® zur Verifizierung der Berechnungsvorschrift angefahren.



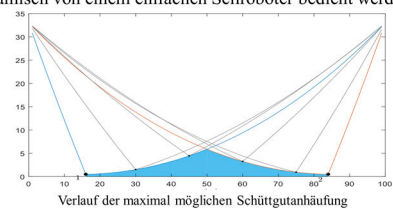
Die Positionsabweichung erweist sich als vernachlässigbar klein.

- $\Delta Pos_{max} = 11.6mm$
- **Standardabweichung** $s = 2.9mm$

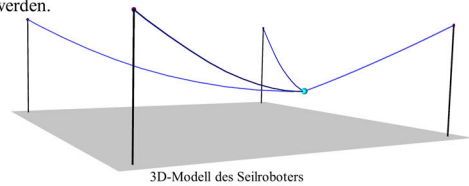
Kurzbewertung und Ausblick

Mit Hilfe der entwickelten analytischen Berechnungsvorschrift kann der Seilroboter mit relativ geringem Rechenaufwand hervorragend im Raum positioniert werden.

Eine mögliche Anwendung ist die **Handhabung von Schüttgut**, dabei kann eine große Fläche energieeffizient und hochdynamisch von einem einfachen Seilroboter bedient werden.



Die Berechnungsvorschrift für die inverse Kinematik eines **3D-Seilroboters** kann basierend auf der des 2D-Modells entwickelt werden.



Literatur

- Tobias Bruckmann. "Auslegung und Betrieb redundanter paralleler Seilroboter" Diss. Universität Duisburg-Essen, 2010.
- Werner Kraus. "Force Control of Cable-Driven Parallel Robots" Diss. Fraunhofer Institut, 2015.
- Han Yuan. "Static and dynamic stiffness analysis of cable-driven parallelrobots" Diss. INSA Rennes, 2015.

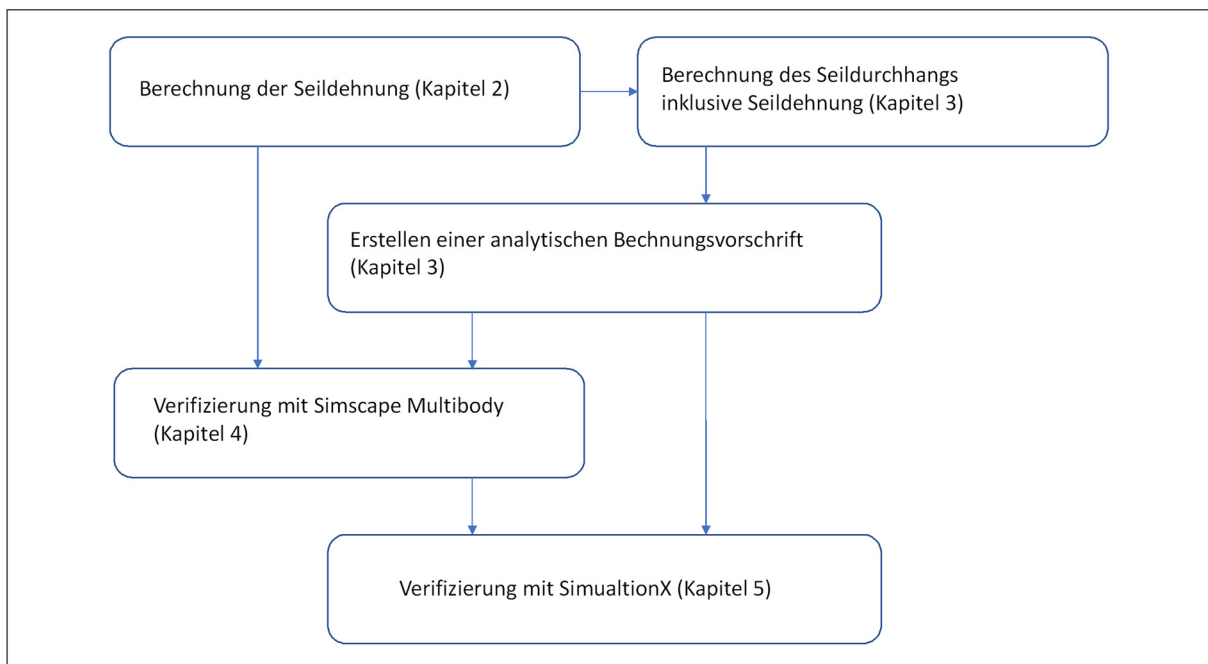


Aufgabenstellung

Ein möglicher Einsatz von Seilrobotern wurde bereits in den unterschiedlichsten Anwendungen innerhalb der technischen Logistik untersucht. All diese Anwendungen haben jedoch den Nachteil, dass der Arbeitsraum verhältnismäßig klein und zudem die Transportmasse meist eher gering ausfällt. Gründe dafür sind die schwer zu handhabenden physikalischen Eigenschaften des Seilroboters (z.B. Seildehnung, Seildurchhang)

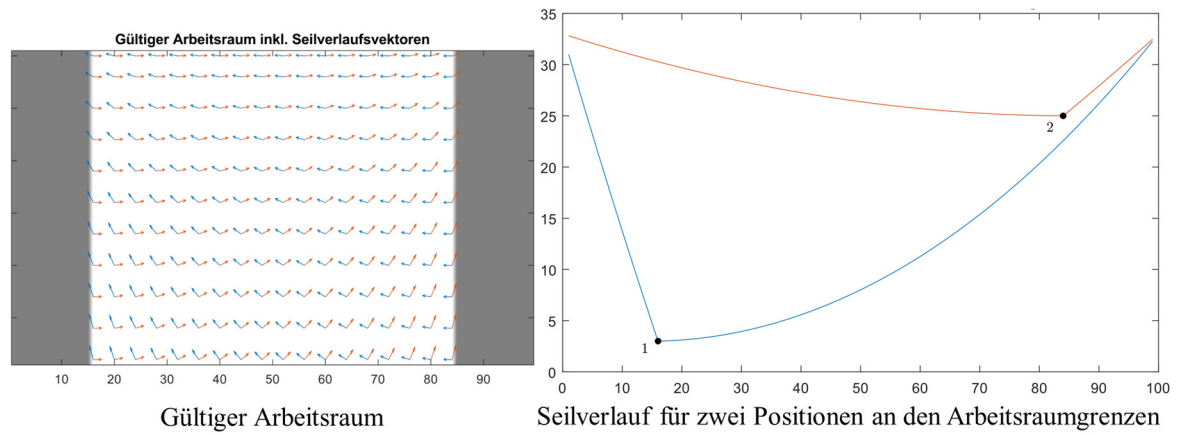
und die daraus entstehenden Probleme (z.B. ungenügende Positioniergenauigkeit). Aus diesem Grund hat das ITL eine Arbeit gestartet, welche die vorherrschende Physik eines Seilroboters (**2D, Arbeitsraum 30x100m, 1000kg Nutzlast**) analytisch erfassen soll, um dann mit Hilfe der inversen Kinematik Effekte wie Seildurchhang und –dehnung bereits im Vorfeld ausgleichen zu können (ohne komplexe Regelungstechnik).

Aufbau der Arbeit

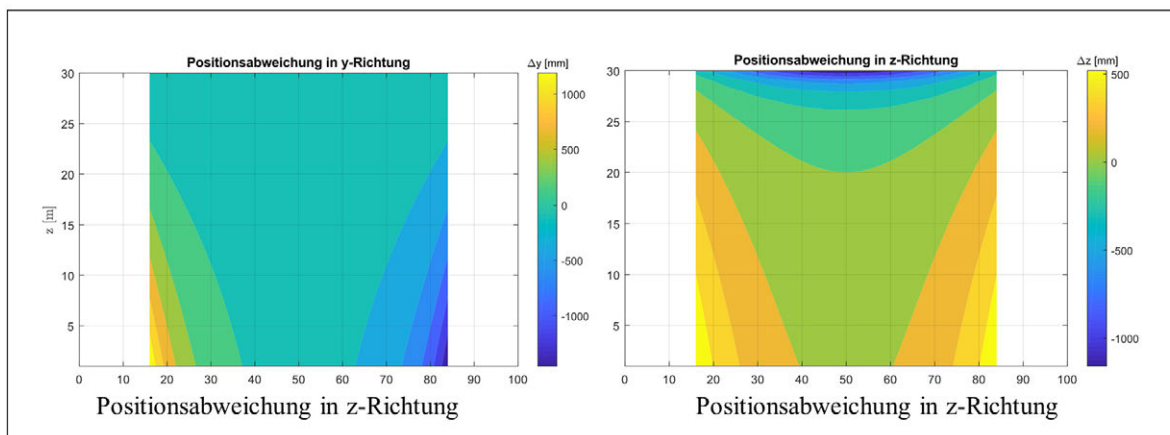


Arbeitsraum und Seilverlauf

Der Arbeitsraum wird so weit eingeschränkt, bis die Seile an jeder Position oberhalb des Manipulators verlaufen (beide Seilrichtungsvektoren zeigen nach oben).

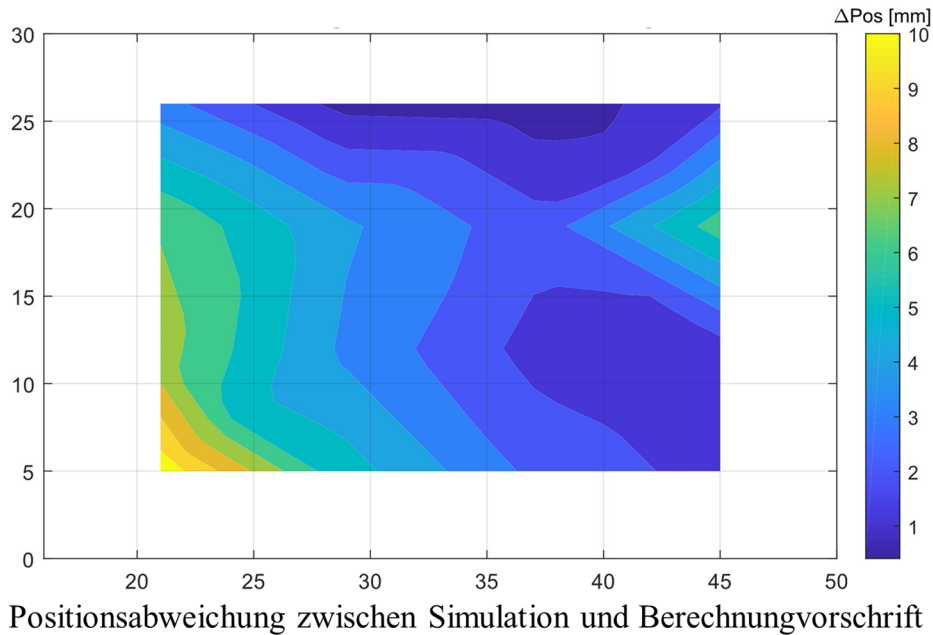


Einfluss Seildehnung und Durchhang



Verifizierung

Systematisch ausgewählte Positionen werden mit dem 2D-Modell in SimulationX® zur Verifizierung der Berechnungsvorschrift angefahren.



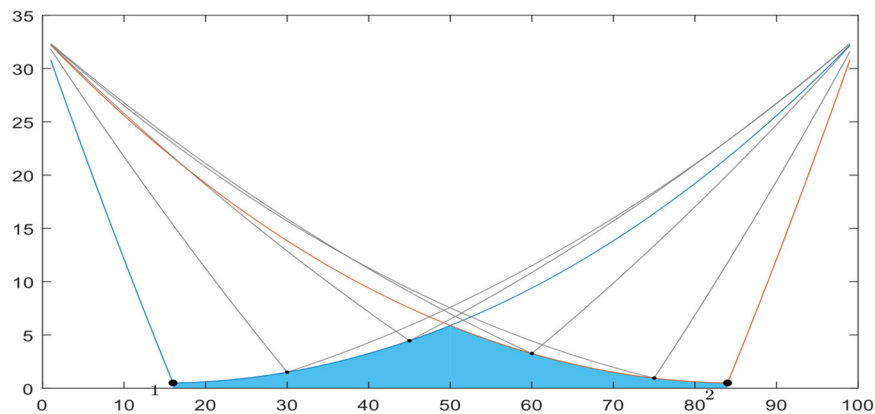
Die Positionsabweichung erweist sich als vernachlässigbar klein.

- $\Delta\text{Pos}_{\text{max}} = 11.6\text{mm}$
- **Standardabweichung** $s = 2.9\text{mm}$

Kurzbewertung und Ausblick

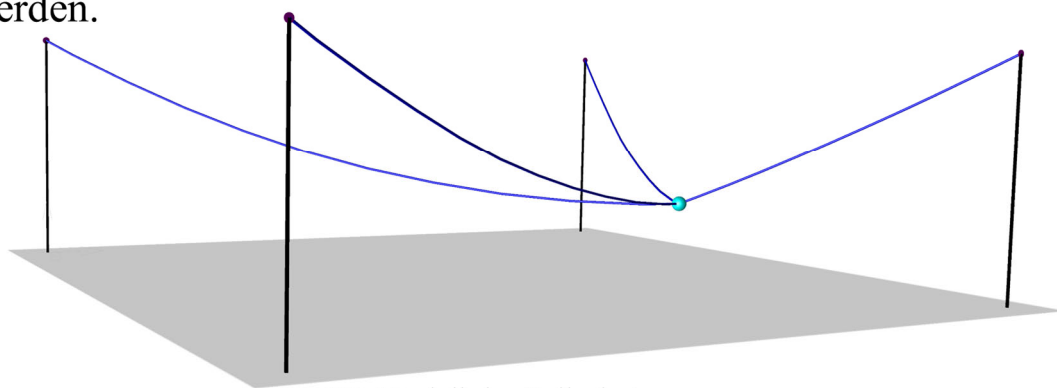
Mit Hilfe der entwickelten analytischen Berechnungsvorschrift kann der Seilroboter mit relativ geringem Rechenaufwand hervorragend im Raum positioniert werden.

Eine mögliche Anwendung ist die **Handhabung von Schüttgut**, dabei kann eine große Fläche energieeffizient und hochdynamisch von einem einfachen Seilroboter bedient werden.



Verlauf der maximal möglichen Schüttgutanhäufung

Die Berechnungsvorschrift für die inverse Kinematik eines **3D-Seilroboters** kann basierend auf der des 2D-Modells entwickelt werden.



3D-Modell des Seilroboters

Literatur

- Tobias Bruckmann. “Auslegung und Betrieb redundanter paralleler Seilroboter“ Diss. Universität Duisburg-Essen, 2010.
- Werner Kraus. “Force Control of Cable-Driven Parallel Robots” Diss. Fraunhofer Institut, 2015.
- Han Yuan. “Static and dynamic stiffness analysis of cable-driven parallelrobots” Diss. INSA Rennes, 2015.



Physical Internet – readiness of Material Handling Technology



Icázar Soto García, BSc; Florian Ehrentraut, Dipl-Ing

Introduction

Logistics as it is known today, it is neither economically, socially nor ecologically sustainable. Prof. Benoit Montreuil has therefore defined global unsustainability symptoms and as a response to those symptoms, he proposed a new global logistics system: The Physical Internet (PI). Together with the professors Russell D. Meller and Eric Ballot, Montreuil defined the main idea behind the PI as the interconnection of networks, which turns into a network of networks. This proposed network of networks uses the Digital Internet as a metaphor, mainly its way of creating an interconnection of IT networks by standardizing the connections, using an addressing system and an intermediate protocol layer. [1], [2]

The PI is a wide field with numerous researchers working on its realization. The work conducted in the Master thesis presented in this poster focuses on the PI Hubs which are the nodes of the PI.

Objectives of the Master thesis

The focus of this Master thesis is to analyze and evaluate the material handling equipment currently available in the market and used in present logistics facilities and its readiness to be used in the PI. To achieve this objective, three research goals were defined:

1. Identification of material handling equipment used in the present logistics facilities.
2. Investigation of processes inside PI Hubs and the material handling equipment used.
3. Identification of technological gaps between present material handling equipment and PI Systems.

Methodology

To analyse the material handling equipment in the present hubs, first it was necessary to identify the processes inside the present hubs. For that purpose, the Distribution Centre Reference Model (DCRM) was chosen [3]. For this thesis only 4 processes were relevant: Receiving, Storage and Picking, Consolidation and Packing, and Shipping.

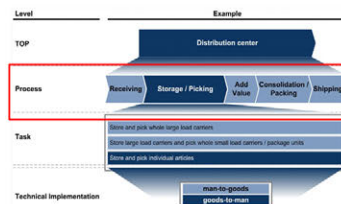
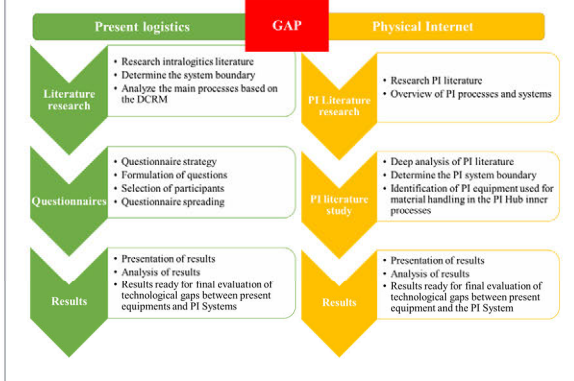


Figure 1. DCRM processes [3]

Based on this model, various research steps are presented in Table 1.

Table 1. Main research steps



Results

The outcome of this thesis can be divided in two different results. The first result illustrated in Table 2 is the level of accordance between the material handling equipment used in the consulted facilities and the PI equipment, and the second one illustrated in Table 3 is the level of accordance between the existing technology for material handling (which was covered by an additional investigation on the topic) and the PI technologies. For this purpose a scale has been set up to rate the readiness between the equipment used in the consulted facilities and the PI Systems and the readiness between existing material handling equipment and the PI Systems.

Table 2. Results of PI readiness.

Rating corresponding to PI readiness between material handling equipment used in the consulted hubs and PI Systems. Poor: none or minor similarities; Fair: Some similarities; Good: Major similarities.

Equipment used in the inner processes	Readiness between equipment used in the consulted facilities and PI Systems
Unit load composition	Poor
Loading/unloading goods	Poor
Store of goods	Poor
Sorting goods	Poor
Moving & Transporting goods	Poor

Table 3. Results of PI readiness.

Rating corresponding to readiness between existing material handling equipment used in present hubs and PI Systems. Poor: none or minor similarities; Fair: Some similarities; Good: Major similarities.

Equipment used in the processes	Readiness between existing material handling equipment and PI Systems
Unit load composition	Good
Loading/unloading goods	Fair
Store of goods	Fair
Sorting goods	Good
Moving & Transporting goods	Fair

Conclusion and further work

Some main features of the PI are already implemented in some of the assessed hubs and they have reached already high level of automation. Despite this, the key element around which the whole PI structure is organized has still to be developed: The PI Container. It won't be possible to develop PI Containers without developing suitable material handling equipment and vice versa as it is mandatory to consider the main features of the PI Containers when designing new handling systems. PI requirements play an important role in the design and development of both of them, but PI requirements might be modified by the technological advances, which means, the whole PI will be experimenting an unpredictable status. The overall rating of PI readiness was low according to the equipment used in contacted facilities, but as the additional investigation's results has shown, there is already equipment available on the market that is fulfilling some features from the PI. Therefore, as a final conclusion, it is possible to affirm that logistics is slowly developing in the direction of PI, adopting some of its features, but there are still many points to discuss and investigate regarding material handling equipment in the PI.

Literature

- [1] Montreuil B (2011): Towards a Physical Internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge. In: Logistic Research (2011). doi: 10.1007/d12159-011-0045-x
- [2] Ballot, Eric; Montreuil, Benoit; D. Meller, Russell: The Physical Internet -The Network of Logistics Networks. Paris, 2014.
- [3] Warehouse excellence: URL: <http://en.warehouse-excellence.de/homepage/dcrm/> - Accessed: 02.04.2019



Introduction

Logistics as it is known today, it is neither economically, socially nor ecologically sustainable. Prof. Benoit Montreuil has therefore defined global unsustainability symptoms and as a response to those symptoms, he proposed a new global logistics system: The Physical Internet (PI). Together with the professors Russell D. Meller and Eric Ballot, Montreuil defined the main idea behind the PI as the interconnection of networks, which turns into a network of networks. This proposed network of networks uses the Digital Internet as a metaphor, mainly its way of creating an interconnection of IT networks by standardizing the connections, using an addressing system and an intermediate protocol layer. [1], [2]

The PI is a wide field with numerous researchers working on its realization. The work conducted in the Master thesis presented in this poster focuses on the PI Hubs which are the nodes of the PI.

Objectives of the Master thesis

The focus of this Master thesis is to analyze and evaluate the material handling equipment currently available in the market and used in present logistics facilities and its readiness to be used in the PI. To achieve this objective, three research goals were defined:

- 1. Identification of material handling equipment used in the present logistics facilities.**
- 2. Investigation of processes inside PI Hubs and the material handling equipment used.**
- 3. Identification of technological gaps between present material handling equipment and PI Systems.**

Methodology

To analyse the material handling equipment in the present hubs, first it was necessary to identify the processes inside the present hubs. For that purpose, the Distribution Centre Reference Model (DCRM) was chosen [3]. For this thesis only 4 processes were relevant: Receiving, Storage and Picking, Consolidation and Packing, and Shipping.

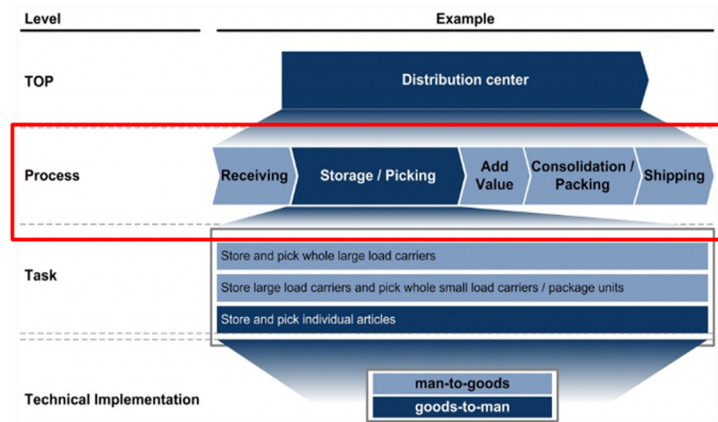
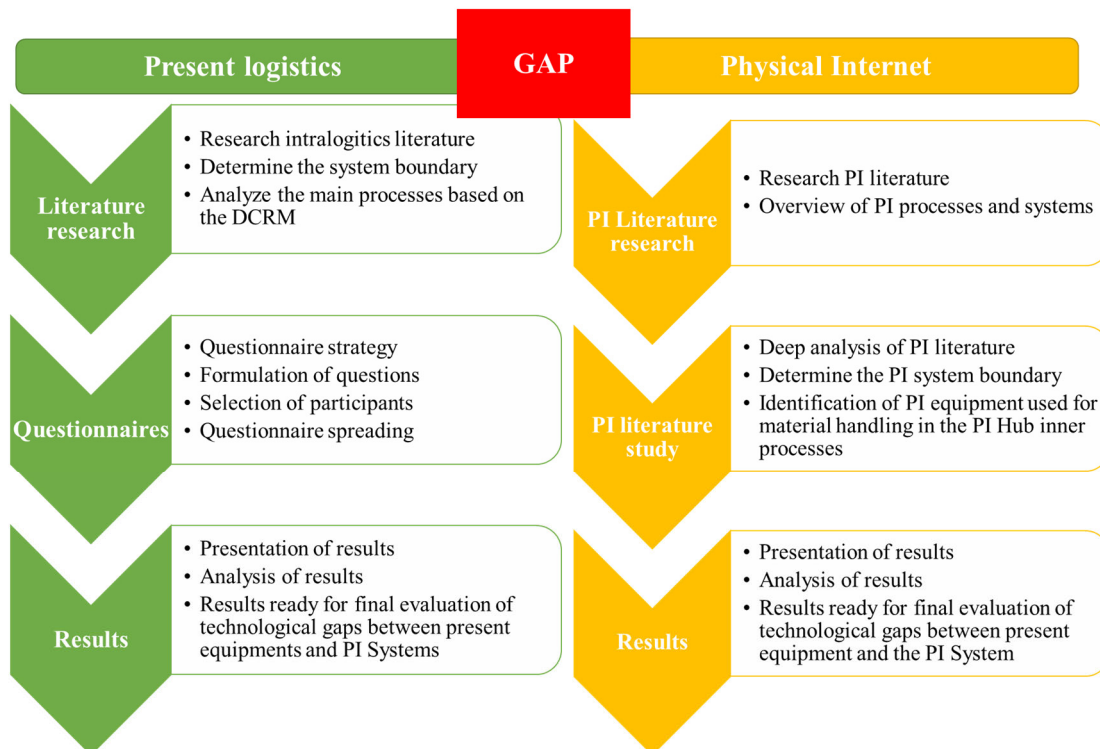


Figure 1. DCRM processes [3]

Based on this model, various research steps are presented in Table 1.

Table 1. Main research steps



Results

The outcome of this thesis can be divided in two different results. The first result illustrated in Table 2 is the level of accordance between the material handling equipment used in the consulted facilities and the PI equipment, and the second one illustrated in Table 3 is the level of accordance between the existing technology for material handling (which was covered by an additional investigation on the topic) and the PI technologies. For this purpose a scale has been set up to rate the readiness between the equipment used in the consulted facilities and the PI Systems and the readiness between existing material handling equipment and the PI Systems.

Table 2. Results of PI readiness.

Rating corresponding to PI readiness between material handling equipment used in the consulted hubs and PI Systems. Poor: none or minor similarities; Fair: Some similarities; Good: Major similarities.

Equipment used in the inner processes	Readiness between equipment used in the consulted facilities and PI Systems
Unit load composition	Poor
Loading/unloading goods	Poor
Store of goods	Poor
Sorting goods	Poor
Moving & Transporting goods	Poor

Table 3. Results of PI readiness.

Rating corresponding to readiness between existing material handling equipment used in present hubs and PI Systems. Poor: none or minor similarities; Fair: Some similarities; Good: Major similarities.

Equipment used in the processes	Readiness between existing material handling equipment and PI Systems
Unit load composition	Good
Loading/unloading goods	Fair
Store of goods	Fair
Sorting goods	Good
Moving & Transporting goods	Fair

Conclusion and further work

Some main features of the PI are already implemented in some of the assessed hubs and they have reached already high level of automation. Despite this, the key element around which the whole PI structure is organized has still to be developed: The PI Container. It won't be possible to develop PI Containers without developing suitable material handling equipment and vice versa as it is mandatory to consider the main features of the PI Containers when designing new handling systems. PI requirements play an important role in the design and development of both of them, but PI requirements might be modified by the technological advances, which means, the whole PI will be experimenting an unpredictable status. The overall rating of PI readiness was low according to the equipment used in contacted facilities, but as the additional investigation's results has shown, there is already equipment available on the market that is fulfilling some features from the PI. Therefore, as a final conclusion, it is possible to affirm that logistics is slowly developing in the direction of PI, adopting some of its features, but there are still many points to discuss and investigate regarding material handling equipment in the PI.

Literature

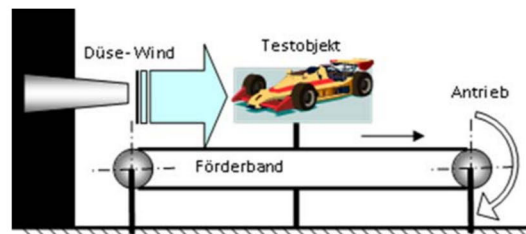
- [1] Montreuil B (2011): Towards a Physical Internet: meeting the global logistics sustainability grand challenge. In: Logistic Research (2011). doi: 10.10007/d12159-011-0045-x
- [2] Ballot, Eric; Montreuil, Benoit; D. Meller, Russell: The Physical Internet -The Network of Logistics Networks. Paris, 2014.
- [3] Warehouse excellence: URL. <http://en.warehouse-excellence.de/homepage/dcrm/> - Accessed: 02.04.2019

Themenbereich

Am Institut für Strömungslehre und Wärmeübertragung der Technischen Universität Graz, soll für Untersuchungen von Bodenströmungen im Bereich Automobilaerodynamik ein Bandförderer für den institutseigenen Windkanal umgebaut werden.

Der Hochgeschwindigkeitsbandförderer besteht bereits und kann Bandgeschwindigkeiten von bis zu 140 km/h erreichen. Aus sicherheitstechnischen Aspekten soll dieser jedoch mit einer

integrierten Bremse erweitert werden. Die Platzverhältnisse sind eingeschränkt, sodass Konstruktionsstudien mit Bauraumoptimierung vorzusehen sind. Des Weiteren müssen alle Komponenten neu ausgelegt und berechnet werden.



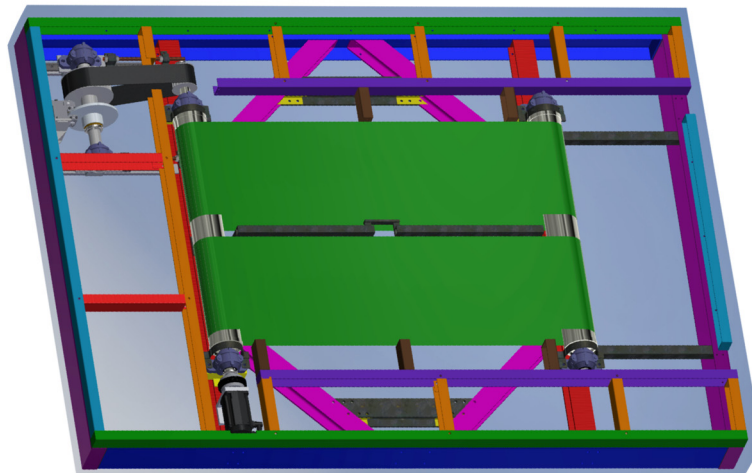
Aufgabenstellung

1. Einarbeitung in die Themenstellung
2. Aufnahme der bestehenden Anlage
3. Berechnung der bestehenden Komponenten und Auslegung der Zubauten, damit sie den auftretenden Belastungen bei der Bremsung standhalten
4. Detaillkonstruktion der Anlage mit einem CAD-Programm
5. Gesamtdokumentation bestehend aus Rechenbericht, Zeichnungen und Stückliste

Bestehende Anlage

Der bereits bestehende Hochgeschwindigkeits-bandförderer wurde vermessen und mit der Software “Autodesk Inventor Professional 2017” entstand aus den ermittelten Geometriedaten ein dreidimensionales CAD-Modell.

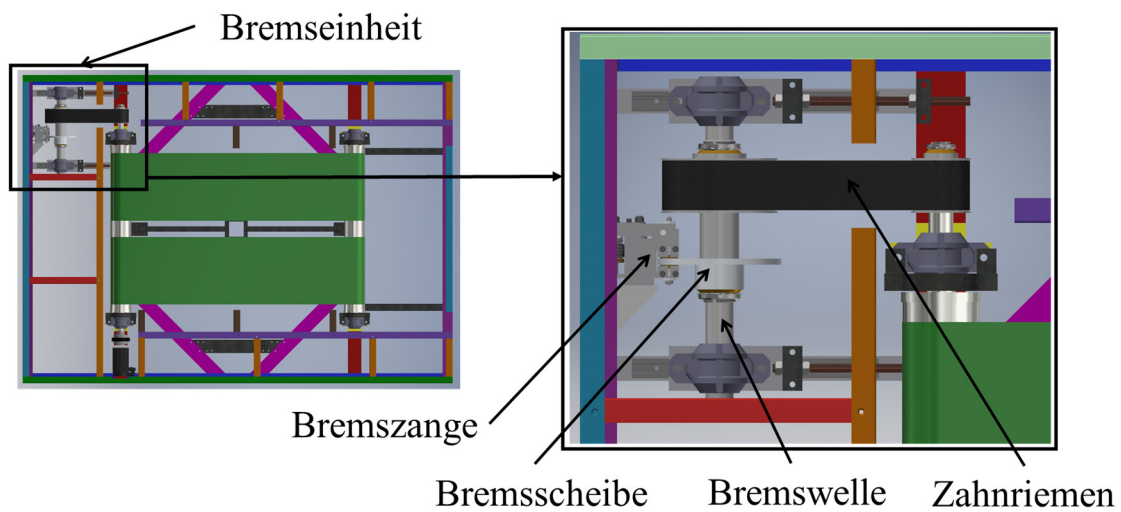
Die nachfolgenden konstruktiven Arbeiten wurden dadurch erheblich erleichtert, da aus dem Modell der Bauraum und die davon abgeleiteten Platzverhältnisse für alle weiteren Schritt ersichtlich waren.



Integrierte Bremse

Um das gesamte System in der geforderten Zeit zum Stillstand zu bringen, wurde eine zusätzliche Welle eingebracht, welche mit dem eigentlichen Bandförderer über einen Zahnriemen verbunden ist.

Gebremst wird durch eine elektromagnetisch betätigte Scheibenbremse, die das nötige Bremsmoment aufbringt, um das Gesamtsystem von 140 km/h Bandgeschwindigkeit in unter 5 Sekunden auf Stillstand zu bremsen.



Kurzbewertung und Ausblick

Durch die nachträglich hinzugefügte Bremse, kann der Hochgeschwindigkeitsbandförderer in Notsituationen schnell zum Stillstand gebracht werden. Damit verkleinert sich das Risiko, dass Mensch und Maschine während eines nicht vorhergesehenen Vorfalls durch bewegte Anlagenbauteile zu Schaden kommen könnten erheblich. Ausgelegt wurde das ganze System für das Worst-Case-Szenario, bei dem der Hochgeschwindigkeitsbandförderer seine Maximalbandgeschwindigkeit von 140 km/h erreicht und aus diesem Zustand alle bewegten

bzw. rotierenden Komponenten der Anlage voll abgebremst werden müssen. Bis dato waren Versuche für das Institut für Strömungslehre mit der maximalen Geschwindigkeit von 140km/h aufgrund sicherheitstechnischer Bedenken nur bedingt bzw. nur mit Hilfe einer Vielzahl an sicherheitstechnischen Zusatzeinrichtungen (wie Schutzzäune usw.) durchführbar. Mit Hilfe der nachträglich eingebauten Bremsenheit kann somit die Sicherheit bei der Durchführung von Versuchen dieser Art massiv gesteigert werden.

Literatur

- Herbert Wittel, Dieter Muhs, Dieter Jannasch, Joachim Voßiek: Roloff/Matek Maschinenelemente Normung · Berechnung · Gestaltung. Vieweg+Teubner Verlag, 2013
- Formelsammlung für Maschinenelemente I Rechenübungen (LV 310.047)

Intralogistikoptimierung durch Routenzugsysteme

Entwicklung eines Vorgehensmodells zur optimalen Dimensionierung eines Routenzugsystems

Sabine Rainer, BSc
DI (FH) Uwe Brunner | DI Johannes Dirnberger, BSc

1. Problemstellung

Unternehmen, die vor der Implementierung eines Routenzugsystems zur **Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses** stehen, sind mit mehreren Herausforderungen konfrontiert. Zum einen liegt dies darin, dass **standardisierte Vorgehensweisen zur Planung solcher Systeme fehlen**. Zum anderen erweisen sich die richtige **Dimensionierung** sowie die **Berechnung der Zykluszeiten als äußerst komplex**, vor allem dann, wenn das Unternehmen auf eine **flexible Routenführung** angewiesen ist. Vor diesem Hintergrund beschreibt die vorgestellte Bachelorarbeit die optimale Planung und Dimensionierung eines Routenzugsystems und beantwortet folgende Forschungsfrage:

Wie kann ein Routenzugsystem geplant und unter Berücksichtigung von vorliegenden Restriktionen dimensioniert werden?

2. Ziele der Arbeit

- Erarbeitung eines **Vorgehensmodells** zur Planung eines Routenzugsystems in einem produzierenden Industrieunternehmen
- Entwicklung eines **Berechnungstools** in MS Excel zur Unterstützung der Dimensionierung im Allgemeinen und der Zykluszeitberechnung im Speziellen
- Validierung** des Berechnungstools am Beispiel eines mittelständischen Industrieunternehmens

3. Methode und Vorgehensweise

Literaturanalyse

- Vergleich verschiedener intralogistischer Fördersysteme
- Technische Charakteristiken von Routenzugsystemen
- Gestaltungsmöglichkeiten des Routenzugprozesses

Modellentwicklung

- Vergleich verschiedener theoretischer Planungsmethoden
- Ableitung eines Planungsmodells
- Rechenmodelle als Grundlage zur Zykluszeitberechnung
- Entwicklung des Berechnungstools



Abbildung 1: Vergleich verschiedener theoretischer Planungsmodelle

Validierung: Überprüfung der Praxistauglichkeit des Berechnungstools am Beispiel eines Industriebetriebes (Austria Email AG)

6. Literatur

- MARTIN, HEINRICH: Transport- und Lagerlogistik: Systematik, Planung, Einsatz und Wirtschaftlichkeit, Springer Vieweg, Wiesbaden 2016.
- GÜNTHER, WILLIBALD A./DURCHHOLZ, JANINA/KLENK, EVA/BOPPERT, JULIA: Schlanke Logistikprozesse: Handbuch für den Planer, Springer-Verlag, Berlin 2013.
- PLÜMER, THOMAS/STEIFATT, EGBERT: Produktions- und Logistikmanagement, 2. Auflage, Walter de Gruyter GmbH, Berlin 2017.

4. Ergebnisse

3-phasesiges Planungsmodell

- Ableitung aus dem Vergleich von fünf theoretischen Planungsmodellen
- Fokussierung auf Phase zwei „Dimensionierung“



Abbildung 2: Planungsmodell zur Einführung eines Routenzuges

Berechnungstool

- Umsetzung in MS Excel
- Basierend auf der Stammdateneingabe (Technik, Route, Material) erfolgt die Dimensionierung im Allgemeinen sowie die Berechnung der Zykluszeit im Speziellen
- Berücksichtigung von Toren, Kreuzungen und Rampen

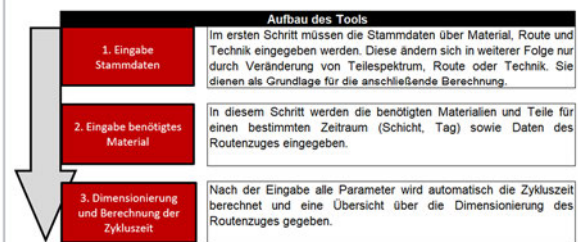


Abbildung 3: Aufbau des Berechnungstools

Schlepperdaten				Eingabefelder	
Schlepper	Höchstgeschwindigkeit in km/h	Maximale Zuglast in kg	Anhänger	Auswahl über Drop-Down	Automatisch ausgefüllt
	0	0	0		

Zu transportierendes Material					
Teilenummer	Stück	Bezeichnung	Route	Gewicht je Zug in kg	Status
				0	0
				0	0
				0	0

Abbildung 4: Auszug aus dem Tabellenblatt zur Dimensionierung und Berechnung der Zykluszeit

5. Fazit

Eine Standardisierung der Planung und Dimensionierung wird sich auch in Zukunft aufgrund der Planungskomplexität als schwierig erweisen.

Das entwickelte Berechnungstool unterstützt jedoch

- die grobe Dimensionierung vor der Anschaffung und die Auswahl des richtigen Schleppers
- die Abschätzung der Auswirkungen auf die Dimensionierung und Zykluszeit bei einer Veränderung einzelner Parameter
- die tägliche Routenplanung

1. Problemstellung

Unternehmen, die vor der Implementierung eines Routenzugsystems zur **Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses** stehen, sind mit mehreren Herausforderungen konfrontiert. Zum einen liegt dies darin, dass **standardisierte Vorgehensweisen zur Planung solcher Systeme fehlen**. Zum anderen erweisen sich die richtige **Dimensionierung sowie die Berechnung der Zykluszeiten als äußerst komplex**, vor allem dann, wenn das Unternehmen auf eine **flexible Routenführung** angewiesen ist. Vor diesem Hintergrund beschreibt die vorgestellte Bachelorarbeit die optimale Planung und Dimensionierung eines Routenzugsystems und beantwortet folgende Forschungsfrage:

Wie kann ein Routenzugsystem geplant und unter Berücksichtigung von vorliegenden Restriktionen dimensioniert werden?

2. Ziele der Arbeit

- Erarbeitung eines **Vorgehensmodells** zur Planung eines Routenzugsystems in einem produzierenden Industrieunternehmen
- Entwicklung eines **Berechnungstools** in MS Excel zur Unterstützung der Dimensionierung im Allgemeinen und der Zykluszeitberechnung im Speziellen
- **Validierung** des Berechnungstools am Beispiel eines mittelständischen Industrieunternehmens

3. Methode und Vorgehensweise

Literaturanalyse

- Vergleich verschiedener intralogistischer Fördersysteme
- Technische Charakteristiken von Routenzugsystemen
- Gestaltungsmöglichkeiten des Routenzugprozesses

Modellentwicklung

- Vergleich verschiedener theoretischer Planungsmethoden
- Ableitung eines Planungsmodells
- Rechenmodelle als Grundlage zur Zykluszeitberechnung
- Entwicklung des Berechnungstools

Phase	Allgemeine Planungsansätze			Planungsansätze Routenzug		
	Flussbahn	Balgen Läng	Mit Reserve Kilometer Tage	Leitbahnen	Absch	
1	<ul style="list-style-type: none"> • Transportwege • Transportzeiten • Transportkapazitäten • Transportkosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge und • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge
2	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge
3	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge
4	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge
5	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge
6	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge
7	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge • Fahrgänge

Abbildung 1: Vergleich verschiedener theoretischer Planungsmodelle

Validierung: Überprüfung der Praxistauglichkeit des Berechnungstools am Beispiel eines Industriebetriebes (Austria Email AG)

4. Ergebnisse

3-phasesiges Planungsmodell

- Ableitung aus dem Vergleich von fünf theoretischen Planungsmodellen
- Fokussierung auf Phase zwei „Dimensionierung“



Abbildung 2: Planungsmodell zur Einführung eines Routenzuges

Berechnungstool

- Umsetzung in MS Excel
- Basierend auf der Stammdateneingabe (Technik, Route, Material) erfolgt die Dimensionierung im Allgemeinen sowie die Berechnung der Zykluszeit im Speziellen
- Berücksichtigung von Toren, Kreuzungen und Rampen

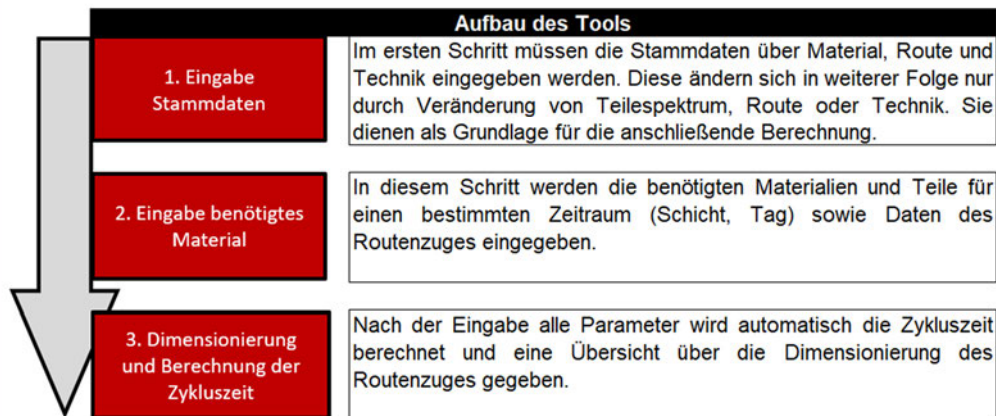


Abbildung 3: Aufbau des Berechnungstools

Schlepperdaten				Eingabefelder	
Schlepper	Höchstgeschwindigkeit in km/h	Maximale Zuglast in kg	Anhänger	Auswahl über Drop-Down	
	0	0	0	Automatisch ausgefüllt	

Zu transportierendes Material					
Teilenummer	Stück	Bezeichnung	Route	Gewicht je Zug in kg	Status
		0		0	0
		0		0	0
		0		0	0

Abbildung 4: Auszug aus dem Tabellenblatt zur Dimensionierung und Berechnung der Zykluszeit

5. Fazit

Eine Standardisierung der Planung und Dimensionierung wird sich auch in Zukunft aufgrund der Planungskomplexität als schwierig erweisen.

Das entwickelte Berechnungstool unterstützt jedoch

- die grobe Dimensionierung vor der Anschaffung und die Auswahl des richtigen Schleppers
- die Abschätzung der Auswirkungen auf die Dimensionierung und Zykluszeit bei einer Veränderung einzelner Parameter
- die tägliche Routenplanung

6. Literatur

- [1] MARTIN, HEINRICH: Transport- und Lagerlogistik: Systematik, Planung, Einsatz und Wirtschaftlichkeit, Springer Vieweg, Wiesbaden 2016.
- [2] GÜNTNER, WILLIBALD A./DURCHHOLZ, JANINA/KLENK, EVA/BOPPERT, JULIA: Schlanke Logistikprozesse: Handbuch für den Planer, Springer-Verlag, Berlin 2013.
- [3] PLÜMER, THOMAS/STEINFATT, EGBERT: Produktions- und Logistikmanagement, 2. Auflage, Walter de Gruyter GmbH, Berlin 2017.

