



# 10 Jahre Logistikwerkstatt

Tagungsband 2022; Graz, 24.05.2022

**10 Jahre Logistikwerkstatt**  
**Logistikwerkstatt Graz 2022**  
**24.05.2022**

**Editor:**

Institut für Technische Logistik, Technische Universität Graz  
Christian Landschützer

**Layout:**

Katja Lindenthal

**Editorial Office:**

Christian Landschützer  
Petra Gasser

**Cover:**

Verlag der Technischen Universität Graz

**Cover Bilder:**

Grazer Uhrturm: Graz Tourismus - Harry Schiffer  
TU Graz: Lunghammer  
Sonstige: Pixabay.com / Kein Bildnachweis nötig

2022 Verlag der Technischen Universität Graz  
[www.tugraz-verlag.at](http://www.tugraz-verlag.at)

**Reihe:**

Logistik Werkstatt Graz / ISSN 2411-3735

**E-Book:**

ISBN 978-3-85125-871-4

DOI 10.3217/978-3-85125-870-7

**Printausgabe:**

ISBN 978-3-85125-870-7



Dieses Werk – ausgenommen das Cover und anders gekennzeichnete Teile – ist lizenziert unter einer Creative Commons Lizenz (CC BY-NC-ND). Nähere Informationen: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>

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.





## Wissenschaft trifft Wirtschaft



### Sehr geehrte Damen und Herren!

Nach 10 erfolgreichen Konferenzjahren widmet sich die diesjährige Logistikwerkstatt Graz heuer einem erweiterten Themenfeld und bezieht neben der Intralogistik auch die Produktionslogistik mit ein. Der Dialog aus Wissenschaft und Wirtschaft zeigt dabei Synergien und Transferpotenziale aus den verschiedenen Welten auf. Daraus wollen wir gemeinsam an der Veranstaltung Ideen und Inhalte für die nächsten 10 Jahre generieren, um mit unserem „Werkstattcharakter“ weiter dafür zu sorgen, dass wenn Wissenschaft Wirtschaft trifft Spannendes und Visionäres entsteht!

### Bereit sein für die Herausforderungen

Moderne Technologien in Form von Geräten, Prozessen und Software sind unabdingbare Kernelemente in der Erfüllung der logistischen Höchstleistungen von heute. Bedingt durch den e-commerce Boom wächst der Distanzhandel durch effiziente Distributionstechnologien und KEP-Netze und vor allem durch technologische Unterstützung.

Ebenso ist die Produktion physischer Güter an Liefernetzwerke gekoppelt, die momentan nie dagewesenen Einflüssen unterliegen und die nicht nur Höchstleistung, sondern vielmehr noch maximale Flexibilität fordern.

Dies hat enormen Einfluss auch auf die intralogistische Versorgung der Produktion, der sich mit technologischer Unterstützung planen, abschätzen und beherrschen lässt. In der Distribution ist die Standardisierung der Systeme bereits sehr weit fortgeschritten. Prozesse, die das Lagermanagement schneller und gleichzeitig flexibler machen, werden automatisiert.

In der Produktionslogistik besteht noch mehr Potential für entsprechende Verbesserungen, wenn es um die Erhöhung der Produktivität, eine flexiblere Fertigung, kürzere Fertigungszeiten, die Erleichterung der menschlichen Arbeit, eine Kostensenkung und um Qualitätssteigerung geht.

Führende Wissenschaftler und Praktiker berichten von Ihren Erfahrungen mit diesen Herausforderungen und zeigen Synergien und Transferpotenziale in ihre eigenen Bereiche auf.

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme, um einen möglichst breiten Diskurs zu starten. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sollen von den Vorträgen und Diskussionen profitieren und wertvolle Anregungen für ihre Tätigkeiten mitnehmen.

Vieles davon, inklusive einer Retrospektive auf 10 Jahre Logistikwerkstatt Graz, können Sie im vorliegenden Tagungsband nachlesen.

Herzliche Grüße

Ihr  
Christian Landschützer  
Institut für Technische Logistik, TU Graz  
Vorstand VNL – Region Süd





# Sponsoren



**SIEMENS**







# Programm

## 24.05.2022

08:30	<b>Empfang der Teilnehmerinnen und Teilnehmer</b>
09:00	<b>Begrüßung</b> <i>Prof. Christian Landschützer, Institut für Technische Logistik, TU Graz, Vorstand VNL – Region Süd</i>
09:10	<b>01 Forschung und Industrie: das Beste aus beiden Welten</b> <i>Prof. Johannes Fottner, Professur für Technische Logistik, Technische Universität München, fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik</i>
09:40	<b>02 Früher war (nicht) alles besser - ein Blick zurück und nach vorn</b> <i>Jan Kaulfuhs-Berger, Chefredakteur „Technische Logistik“, Huss Medien Berlin</i>
10:00	<b>03 Herausforderungen und Konzepte in der Produktionslogistik</b> <i>Prof. Helmut Zsifkovits, Lehrstuhl für Industrielogistik, Montan Universität Leoben</i>
10:20	<b>Kaffeepause u. networking</b>
10:40	<b>04 TGW mitThermoplan</b> <i>Michael Schedlbauer, Industry Manager Grocery, TGW Logistics</i>
	<b>05 Sortieranlagen im Doppelstock – platzsparende und erweiterbare Anlagen für wachsende Unternehmen</b> <i>Tomas Veigl, Geschäftsführer, BOWE AUSTRIA</i>
	<b>06 VarioPick @ Die Schweizerische Post – Einsatz von Robotern für das »Culling« von Kleinsendungen</b> <i>Domenik Prims, R&amp;D Project Manager, Siemens Parcel Logistics GmbH</i>
	<b>07 Die Intralogistik im Wandel – modulare und mobile Einheiten im Einsatz</b> <i>Peter Totz, Head of Global Business Development, Products &amp; Equipment, SSI SCHÄFER IT SOLUTIONS GMBH</i>
11:40	<b>08 Q &amp; A „Distributionslogistik“</b>
11:50	<b>09 Smart Production: Verzahnung von Intralogistik und Produktion dank autonomer Transportroboter</b> <i>Valentin Mader, Sales / Engineering, KNAPP Industry Solutions GmbH</i>
	<b>10 Produktionsversorgung, platzsparend und zuverlässig: Lagerautomatisierung mit AutoStore</b> <i>Florian Sattler, Intralogistics allrounder, AutoStore System AT GmbH</i>
	<b>11 Resilienz der Intralogistik für Produktionsbetriebe</b> <i>Daniel Bell, Head of Intralogistics Solutions, Linde Material Handling Austria GmbH</i>
12:50	<b>12 Q &amp; A „Produktionslogistik“</b>
13:00	<b>Mittagspause</b>
14:00	<b>13 Aufbruch in die Silicon Economy (online)</b> <i>Prof. Michael ten Hompel, Geschäftsführender Institutsleiter, Fraunhofer-Institut Materialfluss und Logistik</i>
14:30	<b>14 Diskussion</b> Diskurs Wissenschaft und Wirtschaft: <b>wer steht wo und worin liegen Transferpotenziale?</b>
15:45	<b>Schneller Kaffee</b>
16:00	<b>15 Ausblick – Zukunftswerkstatt:</b> think bigger: Logistikwerkstatt Graz „Die nächsten 10 Jahre“  think continuously: VNL-Expertenrunde „Die besten Logistiksysteme“
16:30	<b>Veranstaltungsende, Ausklang mit Logistikkbier</b>

# Inhaltsverzeichnis

1.	10 Jahre Logistikwerkstatt Graz .....	1
	<i>Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Landschützer</i>	
2.	Forschung und Industrie: das Beste aus beiden Welten .....	15
	<i>Prof. Dr.-Ing. Johannes Fottner</i>	
3.	Früher war (nicht) alles besser - ein Blick zurück und nach vorn - .....	31
	<i>Jan Kaulfuhs-Berger</i>	
4.	Herausforderungen und Konzepte in der Produktionslogistik.....	49
	<i>Univ. Prof. Mag. Dr. Helmut Zsifkovits</i>	
5.	Thermoplan mit TGW .....	65
	<i>Dr. Michael Schedlbauer</i>	
6.	VarioPick @ Die Schweizerische Post Einsatz von Robotern für das »Culling« von Kleinsendungen.....	75
	<i>Dr.-Ing. Domenik Prims</i>	
7.	Die Intralogistik im Wandel – Modulare und mobile Einheiten im Einsatz .....	85
	<i>Peter Totz</i>	
8.	Smart Production Verzahnung von Intralogistik und Produktion mittels autonomer Transportroboter.....	97
	<i>Dr. Valentin Mader</i>	
9.	E Produktionsversorgung, platzsparend und zuverlässig? .....	105
	<i>Florian Sattler</i>	
10.	Resilienz der Intralogistik in Produktionsbetrieben .....	121
	<i>Daniel Bell</i>	
11.	Aufbruch in die Silicon Economy .....	131
	<i>Prof. Dr. Dr. h. c. Michael ten Hompel</i>	
12.	Transforming Industrial Composting Plants towards Standards of Industry 4.0	153
	<i>Cichocki Max, M.Sc.</i>	
13.	Beitrag zur Beschreibung des Bewegungsverhaltens von Kleinsendungen und Polybags mit Hilfe von Regressionsmodellen.....	159
	<i>Dipl.-Ing. Patrick Kröpfl</i>	
14.	Simulation des Bewegungsverhaltens von Polybags .....	165
	<i>Dipl.-Ing. Michael Schedler, Dipl.-Ing. Patrick Kröpfl</i>	



15. Erstellung eines Interaktiven Tools zur Modellierung von Intralogistischen Systemen für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Paketen..... 171  
*Dipl.-Ing. Gerald Mahringer*
16. Konzepte zur Umsetzung der Parametric Modeling Method in einer web-basierten Umgebung..... 179  
*Dipl.-Ing. Alexander Ortner-Pichler, Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Landschützer*
17. Classifying Small Consignments by Means of Industrial Artificial Intelligence .. 185  
*Dipl.-Ing. Michael Schadler, Dipl.-Ing. Dominik Stadthanner*
18. Bewertung des Energie- und Flächenbedarfs des FreeFallSorters (FFS) auf Basis eines Vergleichs zu einem bestehenden System..... 191  
*Dipl.-Ing. Michael Schedler*
19. Entwicklung eines erweiterten KBE-Systems der neuartigen Sortieranlage FreeFallSorter ..... 199  
*Dipl.-Ing. Harald Steinkellner*
20. Bewertung der Nachhaltigkeit in der Logistik .....207  
*Dipl.-Ing. Anto Zelić*





# 10 Jahre Logistikwerkstatt Graz

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Landschützer



Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.

## Christian Landschützer

- Professor für Fördertechnik
- Stellvertretender Institutsleiter des Instituts für Technische Logistik der Technischen Universität Graz



## **Daten und Fakten:**

- ...76 wissenschaftliche Vorträge
- ...58 wirtschaftliche Vorträge
- ...65 Stunden Vortragszeit
- ...36 Werkstätten und Workshops
- ...34 Stunden Diskussion
- ...2014 Seiten Tagungsband in 9 Ausgaben
- ...720 Teilnehmer\*innen







## 2012 Ressourceneffizienz in der Technischen Logistik

### Vorträge:

- **Ein Jahr Effizienzcluster LogistikRuhr** – Ein Resümee aus Sicht der Wissenschaft - Univ.-Prof. Dr. Michael ten Hompel (TU Dortmund)
- **The Physical Internet** - Prof. Dr. Russell D. Meller (College of Engineering, University of Arkansas, USA)
- **Effizienzsteigerung in den Verkehrsknoten der Logistiknetze** - Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen - (Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik)
- **"smartSTORE – Innovative Depotkonzepte der Intralogistik zur Steigerung der Attraktivität des öffentlichen Personenverkehrs** – Prof.(FH) Dipl.-Ing. Hans Christian Graf (LOGISTIKUM)
- **Forschung und Innovationen als Grundlage effizienter Technik in der Logistik** - Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking (Universität Stuttgart)
- **Grundlagen zum Effizienzvergleich in der Materialflusstechnik** – Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Jodin (ITL TU Graz)
- **Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit als Herausforderung für die Industrie** - Univ.-Prof. Dr. Rupert Baumgartner (Universität Graz)
- **Effizienzpotenziale in der Stahlwerklogistik** - Dipl.-Ing. Mag. (FH) Peter Karner (voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG)
- **Effizienz in der Vertriebslogistik** - Dipl.-Ing. Dr.techn. Rainer Leitgelb (Böhler Edelstahl GmbH & Co KG)
- **Carbon Footprint für ein Logistikcenter** - Dipl.-Ing. Rainer H. Buchmann (SSI Schäfer Peem GmbH)
- **Shuttle Systeme als Weg zum effizienten Lager** - Dipl.-Ing. Heinrich Amminger (YLOG GmbH)
- **Marke Grün** - Dipl.-Ing. (FH) Roman Schnabl (KNAPP AG)
- **eMobility im ÖPNV** - Dipl.-Ing. R. Schmied (e-mobility Graz GmbH)



## 2013 Solution Day Logistik Technologie

### Vorträge:

- **Optimierung von logistischen Prozessen in Verschieberegalen –** Bettina Gröstlinger (Universität Graz)
- **Umwelteinflüsse von Fördertechnik der Intralogistik –** DI Matthias Amberger (TU München)
- **Energieeffizienzsteigerung von Fördermitteln der Intralogistik –** DI Meike Braun (KIT Karlsruhe)
- **Technologie-Nutzwertanalyse zur Unterstützung der Investitionsentscheidung für die Intralogistik -** Heimo Seiner (Sappi) und Martin Wallner (FH JOANNEUM)
- **Effiziente Personaleinsatzplanung in manuellen Person-zur-Ware-Kommissionier-systemen -** Matthew Stinson (Universität Stuttgart)
- **Beitrag zur modularisierten und automatisierten Grobplanung von Logistikzentren -** Michael Schmidt (TU Dortmund)
- **Integration einer Packbild-Software in ein Warehouse Management System und Bewertung der Berechnungsergebnisse -** Erik Himmelsbach (Montanuniversität Leoben)
- **SSI AutoCruiser – Genial einfach, einfach genial –** Max Winkler (SSI Schäfer Peem GmbH)
- **Die Berechnung von Treibhausgasemissionen als Grundlage von Effizienzsteigerungen in Containerterminals -** Laura Döring (TU Dortmund)
- **Prozessgenaue Lagerlogistik: Das Warehouse Management System in nur 8 Wochen -** Martin Weiglhofer (ISA GmbH)



## 2014 Ressourceneffizienz vs. Leistung?!

### Vorträge:

- **Leistung und Effizienz – zwangsläufig ein Widerspruch?** - Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Schmidt (Technische Universität Dresden)
- **Energieeffiziente Fördertechnik in der Intralogistik** - Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Nendel (Technische Universität Chemnitz)
- **Textile Maschinenelemente in fördertechnischen Anwendungen** - Prof. Dr.-Ing. Markus Michael (Technische Universität Chemnitz)
- **Energieverbrauch von Lagersystemen – Einfluss der Technik und Einfluß des Betriebs** - Prof. Dr.-Ing. Kai Furmans (KIT Karlsruhe)
- **Verringerung des Energiebedarfs von Regalbediengeräten durch energiebasierte Lagerbetriebsstrategien** - Prof. Dr.-Ing. Hartmut Zadek (Universität Magdeburg)
- **Ansätze zur Effizienzsteigerung im innerbetrieblichen Materialfluss** - Univ.-Prof. Mag. et Dr. rer. soc. oec. Helmut Zsifkovits (Montanuniversität Leoben)
- **Energieeffizienz im Logistik – Center** - Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Jodin (Institut für Technische Logistik (ITL))
- **Innovation Ladungsträger** - Stefan Jakoby (CHEP)
- **Denipro – Rollende Fördertechnik im Prozess** - Jens Kirchhoff (WRH Marketing AG)
- **Intralogistik 4.0 - Ressourceneffizienz im Fokus –** DI (FH) Roman Schnabl (KNAPP AG)
- **IT in der Intralogistik** - Dr. Max Winkler (SSI Schaefer-Peem)



## 2015 Intralogistik 4.0

### Vorträge:

- **Industrie 4.0 – Ortsbestimmung, Bedeutung für die Logistik, Trends für das Management** - Prof. Dr. habil. Michael Henke (TU Dortmund)
- **Versand- und Retourenmanagement – Anforderungen und Systeme im Versandhandel** - Dr. Jürgen Schieleit (Hermes Fulfilment GmbH)
- **Lebensmittel-Onlinehandel – Erfahrungen aus einem Pilotprojekt in Oberösterreich** - Mag. Karina Osterkorn (Österreichische Post AG ), Daniel Friesenecker (Pfeiffer New Solutions GmbH)
- **Multichannel Software und Gerätetechnik für flexible und dynamische Logistikzentren** - DI Peter Totz (Salomon Automation)
- **Dezentrale, verteilte Steuerung flächiger Fördersysteme für den innerbetrieblichen Materialfluss** - Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer (Universität Hannover)
- **Autonome Fahrzeuge in der Intralogistik Nischenlösungen oder wegweisende Technologie der Zukunft? Einsatzbeispiele, Trends und Visionen** - Mag. Gregor Lebernegg (KNAPP AG)
- **Evolution der Shuttle-Technologie im IML Testfeld** - DI Guido Follert, Dr. Sören Kerner (Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik)
- **Shuttle systems in material handling** – Dr. Toine Ketelaars, Bruno van Wijngaarden (Vanderlande Industries B.V.)
- **Logistiktechnologie – Trends aus Sicht der Fachpresse** - DI Rainer Wesselowski (Herausgeber Fachmagazin fördern + heben)
- **Drei in einem – Vollständige Datenerfassung mit DWS-Systemen** - Dipl.-Inf. (FH) Maciej Zakrzewski (VITRONIC Dr.-Ing.Stein Bildverarbeitungssysteme GmbH)
- **Grenzen des Wachstums für Distributionszentren** - Dr. Max Winkler (SSI Schäfer Peem GmbH )



## 2017 4th International Physical Internet Conference (IPIC

### Vorträge:

- **Logistic Challenges of CPG Companies** - Ruediger Hagedorn (The Consumer Goods Forum)
- **Sustainability and competitiveness - is the Physical Internet an answer?** – Benoit Montreuil (Professor Georgia Tech)
- **Retail and E-Commerce** - Pierre G. Bélanger (Clear Destination)
- **IT and Digitalization** - Andreas Pichler (Gebrüder Weiss GmbH)
- **Synchromodality and PI systems** - Carlo Borghini (Shift2rail)
- **Role of Intralogistics in the Physical Internet** - Rod Franklin (Kühne Logistics University – KLU)
- **Intralogistics and hub design** - René de Koster (Rotterdam School of Management – RSM)
- **Physical Internet - Challenges and opportunities for a 3PL** - Pablo Gomez (FM Logistic)
- **Supply chain and Industry 4.0** - Michael Henke (Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics)
- **Horizontal collaboration and modularization** - Bart Vannieuwenhuysse (TRI-VIZOR NV, Belgium)
- **Logistic Challenges of CPG Companies** - Ruediger Hagedorn (The Consumer Goods Forum)
- **Sustainability and competitiveness - is the Physical Internet an answer?** - Benoit Montreuil (Professor Georgia Tech)
- **Collaboration in freight transportation - IT and digitalization as an enabler** – Pierre G. Bélanger (Clear Destination Inc, Canada)
- **Rail in the Physical Internet - perspective of the EC for synchromodality** – Carlo Borghini (Shift2rail)
- **Technology in Physical Internet hubs Warehousing 4.0** – Markus Winkler (TGW Logistics Group GmbH)
- **PI readiness of warehouse technology** - Max Winkler (SSI SCHÄFER)
- **PI and airport logistics** - Vincent Kwaks (VANDERLANDE INDUSTRIES)



## 2018 Energiebedarf und Effizienz in der Intralogistik

### Vorträge:

- **Auswirkungen der Elektromobilität auf den Betrieb von Logistikzentren** – M.Sc. David Pflieger (Universität Stuttgart)
- **Smart Transport Optimization** – DI Uwe Brunner, DI Johannes Dirnberger (FH Joanneum Kapfenberg)
- **Mikrodepots und Lastenräder zur innerstädtischen Güterlieferung** – Mag. Alexandra Anderluh (Wirtschaftsuniversität Wien)
- **Industrielle Energieeffizienz – Mythen, Wahrheiten, Lösungen** – DI Dr. Uwe Trattning (FH Joanneum Kapfenberg)
- **ProtoPi** – Martin Schwaiger (Satiama)
- **PI** – Prof. Eric Ballot (Mines Paris Tech)
- **Die Zukunft des Straßengüterverkehrs** – Franz Weinberger (MAN Truck & Bus GmbH)
- **Hungarian logistic landscape** – Prof. Bela Illes (Universität Miskolc)
- **Entscheidungsfaktoren bei Intralogistikinvestitionen** – DI Dr. Martin Schmid (ECONSULT)
- **Energiebedarf in der Intralogistik** – DI Thomas Stöhr (ITL TU Graz)
- **Die Digitalisierung in der Intralogistik** – DI Peter Totz (SSI Schäfer)
- **Optimierung der Intralogistik in der fertigen Industrie durch Big Data** – MSc. Bernhard Bauer (Technische Hochschule Deggendorf)
- **OSR Shuttle – Evo** – DI Christoph Gailberger (KNAPP AG)
- **Trends in der Intralogistik** – DI Markus Winkler (TGW Group)
- **Energieeffizienz am Beispiel Regalbediengerät** – MSc. Andreas Rücker (TU München)



## 2019 Solution Day „update“

### Vorträge:

- **E-Commerce Omnichannelstrategien** - Andreas Pesenhofer (ACL advanced commerce labs GmbH)
- **making complexity simple** - Bernhard Pürschl (KNAPP AG)
- **Künstliche Intelligenz - nächste Evolutionsstufe** - Martin Weiglhofer (Jungheinrich Systemlösungen GmbH)
- **Ecommerce -Handling - Fluch und Segen zugleich** - Rieka Saucke, Domenik Prims (Siemens Logistics GmbH)
- **Vollautomatisches System zur Einzelstückkommisionierung** – Sascha Hroh (TGW Robotics GmbH)
- **Was IT schon heute Besser macht** - Markus Klug (SSI Schäfer)
- **Entwicklung eines Systems zur Beschleunigungsmessung an Regalbediengeräten auf Arduino Basis** - Lukas Karzel, Andreas Rücker (TU München)
- **Schadensanalyse von HM-HT-Faserseilen in laufenden Anwendungen** - Annett Schmieder (TU Chemnitz)
- **DEM-Modellierung von Be- und Entladezyklen in Festbett-Wärmespeichern** -Thomas Mitterlehner (TU Wien)
- **Der Dreiklang** - (nicht nur) in der (technischen) Logistik - Jan Kaufhuß-Berger (Technische Logistik / Huss Medien GmbH)



## 2020 Nachhaltige Logistik (online)

### Vorträge:

- **PhysICAL: Physical Internet through cooperative Austrian Logistics - Leitprojekt des BMK** - Sandra Stein (Fraunhofer Austria Research GmbH)
- **Skalierbare offene Warenaustausch-Systeme als Beitrag zur nachhaltigen City-Logistik** - Karl Hofer (TU Graz)
- **Recycling von Kunststoffgleitketten** - Marcus Bona (TU Chemnitz)
- **Experimentelle Analyse der Ursachen von Gurtschieflauf –** Lisa Wonner (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg)
- **Visualisierung von Ökobilanzergebnissen** - Lynn Lüdemann (TU Chemnitz)
- **Physical Internet and its impact on sustainability** - Eric Ballot (Mines Paris Tec)
- **Nachhaltige Technik bei KNAPP** - Samuel Krauser (KNAPP AG)
- **Mit Daten zu nachhaltiger Logistik** - Marcus Kottinger (Axians ICT Austria GmbH)
- **Nachhaltige Technik bei SSI Schäfer** - Peter Totz (SSI Schäfer GmbH)
- **Optimierung von Fahrerlosen Transportsystemen und deren Energieeffizienz durch Multi-Parameter-Optimierung** - Domenik Prims (Siemens Logistics GmbH)
- **Teaser zur Kunstinstallation „tracingspaces“** - Michael Hieslmair, Michael Zinganel (Architekten)





## 2021 e-commerce: Gerätetechnik, Software, Organisation, Geschäftsmodelle

### Vorträge:

- **Markt-/Geräte- u. Systemdynamik – Ein Technologieüberblick –** Thorsten Schmidt (TU Dresden)
- **Automatisierte Entladung von Paketen im Pulk – Erfahrungen eines StartUps** - Matthias Fritz, Andreas Wolfschluckner (PHS Logistiktechnik)
- **Logistik Herausforderungen im Omni-Channel Handel –** Eustachius Kreimer (Kastner & Öhler Service GmbH)
- **Condition Monitoring von Gurtförderanlagen mit IoT-Tragrollen zur Erkennung von Heißläufern und Ausrichtungsproblemen –** Andre Katterfeld (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg)
- **Kommissioniersysteme und mobile Robotik** - Dirk Kauke (TU München)
- **Autonomes Fahren: Stand, Herausforderungen und Perspektiven für die Logistik** - Gerhard Greiner (ALP.Lab GmbH)
- **E-Commerce – eine Frage der Flexibilität?** - Robert Schulz, Daniel Mezger (Universität Stuttgart)
- **Intralogistik weiterdenken mit Digitalisierung** - Domenik Prims (Siemens Logistics GmbH), Michael Kaspar (Siemens AG)
- **Robotics und AI in der Intralogistik** - Roman Schnabl (KNAPP AG)
- **E-Commerce – Chancen aus der Perspektive der Österreichischen Post** - Andrea Pilz-Kapfinger (Österreichische Post AG)
- **Amazon Logistics** - Markus Neumayer (MEU South Amazon Logistics)
- **E-Commerce – Anforderungen der Betreiber und Antworten der MHE-Anbieter** - Peter Totz (SSI Schäfer)
- **Mut zum Wandel ... oder was wir alle längst schon (zu) wissen (glauben)**  
Jan Kaulfuhs-Berger ( „Technische Logistik“ Berlin)
- **The 7+Rs of Omnichannel Grocery** - Michael Schedlbauer (TGW)
- **Niceshops E-Commerce Logistics Insights** - Florian Flock (Datenkraft niceshops GmbH)







# **Forschung und Industrie: das Beste aus beiden Welten**

Prof. Dr.-Ing. Johannes Fottner

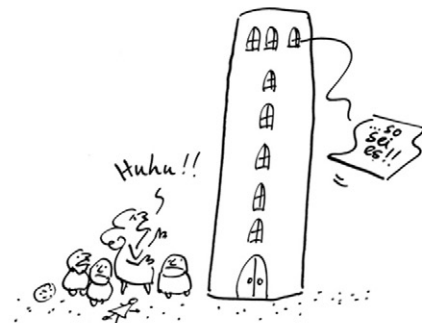
Prof. Dr.-Ing.

## Johannes Fottner

- Professur für Technische Logistik / Professorship Logistics Engineering
- Vice-Dean Talent Management & Diversity der TUM School of Engineering and Design
- Sprecher/Speaker Graduate Center der TUM School of Engineering and Design

2

Woher kommt Innovation?



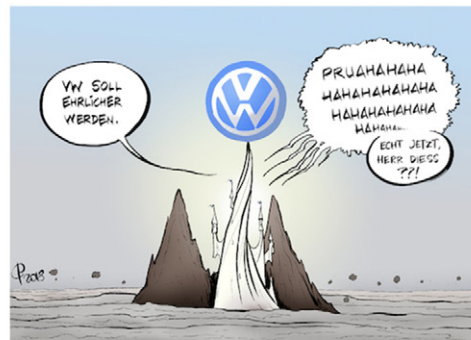
Dialog mit dem Wissenschaftlichen Elfenbeinturm

Quelle: Müller, Michael Fink Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes am Master entfernen (dieses keine als das TU-Graz-Logo und Patchhalter (blaues Rechteck) am Master löschen) Hier könnte Ihr Logo stehen

Forschung und Wissenschaft spielt sich in einem Elfenbeinturm ab, fernab von Realität, Praxis und Kundenbedürfnissen – so hört man es immer noch gelegentlich. Ist dem so?

3

Woher kommt Innovation?



Quelle: Paolo Calleri Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes am Master entfernen (dieses keine als das TU-Graz-Logo und Patchhalter (blaues Rechteck) am Master löschen) Hier könnte Ihr Logo stehen

Auch der Industrie spricht man gelegentlich die Nähe zum Kunden und damit zur Praxis ab. Tatsächlich gehören Industrie, Praxis, Forschung, Kunden und Wissenschaft zusammen. Sie müssen Hand in Hand gehen!

4

## Das beste aus beiden Welten

### We want the best of both worlds

We want it slow and hot  
We like to taste revenge, yeah  
But we can't waste the shot

### We want to see from both sides

We like it cool and fast  
We want to get it over  
We like to make it last



Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes am Master einfügen (auch beliebig die TU Graz Logo und Platzhalter (blauer Rechteck) am Master löschen)

Hier könnte die Logo stehen

Nur dann werden wir das Optimum erzielen – Das Beste aus beiden Welten, wie es schon Robert Palmer erfolgreich – allerdings in anderem Kontext – besungen hat.

5

## Industrie 4.0

**Andreas Syska** und **Philippe Lièvre** in *Illusion 4.0 – Deutschlands naiver Traum von der smarten Fabrik:*

„Zudem basiert Industrie 4.0 auf dem Denkfehler, dass ein nicht lineares und soziales System wie eine Fabrik mit Algorithmen steuerbar ist. Das hat noch nie funktioniert und dies wird auch dieses Mal so sein.“



Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes am Master einfügen (auch beliebig die TU Graz Logo und Platzhalter (blauer Rechteck) am Master löschen)

Hier könnte die Logo stehen

Kaum hat man über die Digitalisierung der industriellen Welt im Rahmen der Industrie 4.0 begonnen zu diskutieren und beschreiben, da wurden bereits Bücher verfasst, warum das Konzept misslingen MUSS!

6

## Industrie 4.0

**Prof. Dr. Michael ten Hompel**, Geschäftsführender Institutsleiter, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, Dortmund

*„Der Begriff ‚Industrie 4.0‘ stand ursprünglich für die Automatisierung der Logistik im Sinne eines ‚Internet der Dinge‘. Inzwischen ist die vierte industrielle Revolution zum Synonym der allgemeinen Digitalisierung geworden. Wer heute nicht über die Digitalisierung seiner Supply Chain nachdenkt, riskiert seine Existenz. Es werden diejenigen gewinnen, die Apps und neue Geschäftsmodelle entwickeln, deren Kundennutzen sich intuitiv erschließt.“*



Logo bei Bedarf innerhalb des braunen Feldes am Mader anfügen (sprich Wiener als das TU Graz-Logo und Patzhofer (blaues Rechteck) am Mader löschen)

Hier könnte Ihr Logo stehen

Dabei war die Ursprungsidee eben nicht, die Welt als perfekten Algorithmus zu sehen, sondern die Robustheit und Resilienz von Systemen durch dezentrales Reagieren auf Störungen und Prozessabweichungen zu erhöhen. Kein stupider Algorithmus, sondern im Gegenteil: Das Akzeptieren einer Fehleranfälligkeit und das Lösen durch fast gesellschaftliche Verfahren. Das Lösen von Problemen im näheren Umfeld.

7

## Woher kommt Innovation

Filics  
TUM



MAGAZINO



Logo bei Bedarf innerhalb des braunen Feldes am Mader anfügen (sprich Wiener als das TU Graz-Logo und Patzhofer (blaues Rechteck) am Mader löschen)

Hier könnte Ihr Logo stehen

Viele scheinbar industrielle Entwicklungen kamen mit diesen neuen Technologien hervor. Man konnte es sich schlicht nicht mehr leisten, dass erst die Forschung über Jahre aktiv ist und erst dann deren Ergebnisse in der industriellen Praxis umgesetzt werden. Eine Vielzahl von Beispielen zeigt das frühe Zusammenwirken von Forschung und Praxis.



8

### Woher kommt Innovation

**SEW**  
**EURODRIVE**



**C&S**  
Wholesale  
Grocers



**symbotic**

**DEMATIC**

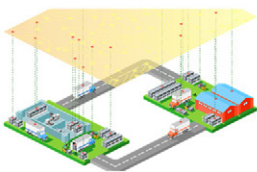
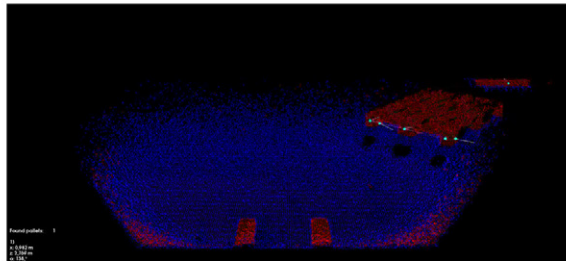
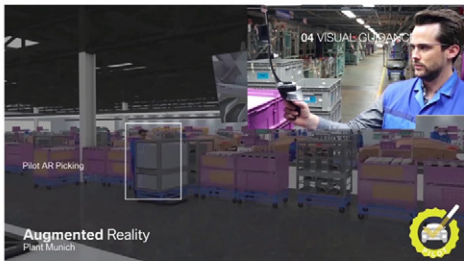


Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes am Master einfügen (auch kleiner als das TU-Graz-Logo und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen

Hier könnte Ihr Logo drüben

9

### Die Logistik als Pilot neuer Technologien



Quelle: BMW, SEW, blik, Audi, fmi

Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes am Master einfügen (auch kleiner als das TU-Graz-Logo und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen

Hier könnte Ihr Logo drüben

Dabei ist es seit vielen Jahrzehnten fast schon gängige Praxis, dass neue Technologien eben nicht in Luft- und Raumfahrt oder dem Bereich Automotive erstmals erfolgreich eingesetzt werden, sondern in der technischen Logistik. Autonome Fahrzeuge gibt es hier spätestens seit den 1970er Jahren, kabellose Datenübertragung und Automatisierte Systeme seit den 1980er Jahren. Heute ist Bilderkennung (Computer Vision), der Einsatz künstlicher Intelligenz und vieler anderer neuer Technologien viel genutzt in der täglichen Praxis.

10

### Die Logistik als Pilot neuer Technologien



Quelle: BMW

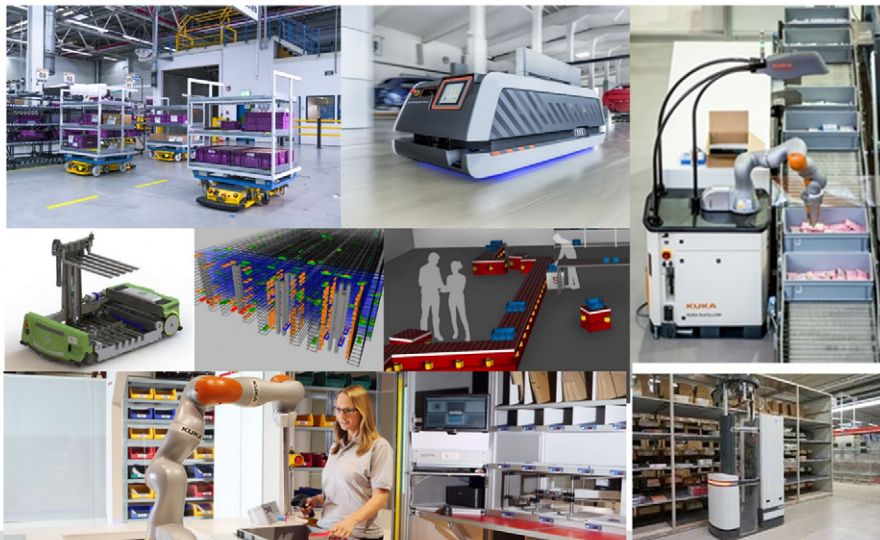
Logo bei Bedarf innerhalb des braunen Feldes am Master entfernen (siehe Master der TU Graz Logo und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen)

Hier könnte Ihr Logo stehen

Auch Brennstoffzellen-betriebene Fahrzeuge sind in größeren Flotten alltagstauglich im Einsatz!

11

### Neue Technologien



Source: Audi AG, Swislog, KUKA, Magazino, BMW, Symbolic

Logo bei Bedarf innerhalb des braunen Feldes am Master entfernen (siehe Master der TU Graz Logo und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen)

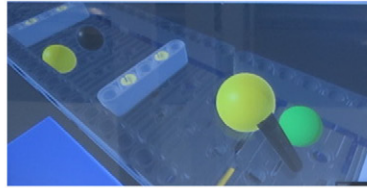
Hier könnte Ihr Logo stehen

12

## Virtual Reality



Quelle: Fraunhofer Future Work Lab, 25.08.2017



Simulation der Arbeitsumgebung  
Dynamisch, mit realistischer  
3D-Vision und Interaktivität  
hier: HTC Vive

Quelle: Fraunhofer Future Work Lab, 25.08.2017

Logo bei Bedarf innerhalb des Haupt-Feldes  
am Master einfügen (diesch keine als das TU Graz-Logo  
und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen

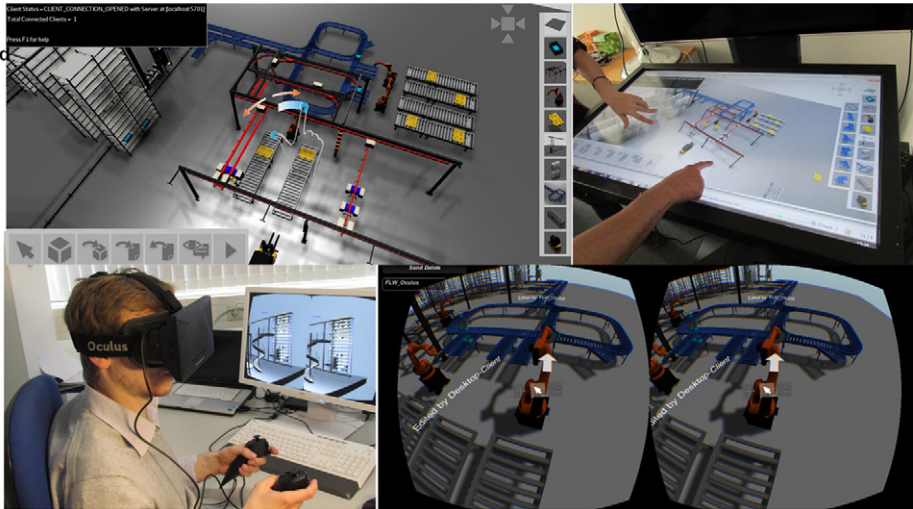
Hier könnte Ihr Logo drüben

13

## Virtual Reality in der Logistikplanung

### CoDeMat

Collaborative planning and  
Development of  
heterogeneous,  
decentrally controlled  
Material flow systems



Source fmi

Logo bei Bedarf innerhalb des Haupt-Feldes  
am Master einfügen (diesch keine als das TU Graz-Logo  
und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen

Hier könnte Ihr Logo drüben

14

## Augmented Reality



Joachim Henkel, 25.08.2017, aufgenommen im Fraunhofer Future Work Lab, Stuttgart.



Joachim Henkel, 26.08.2017, Bild wurde im Fraunhofer Future Work Lab zu...

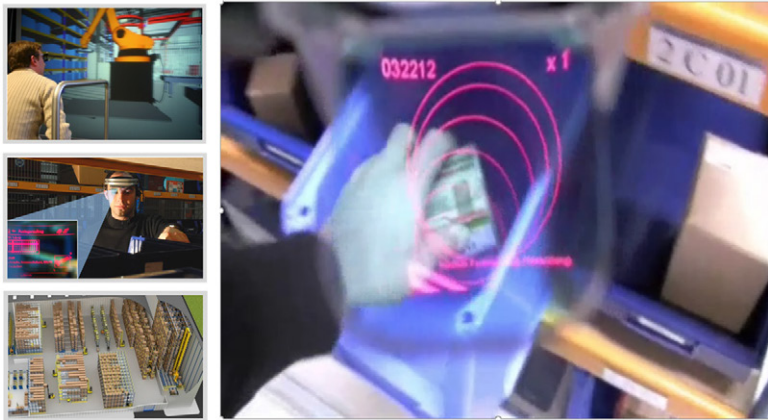
Anreicherung der realen Welt mit  
virtuellen Elementen  
(wie bei Pokémon GO)  
Dynamisch, mit realistischer  
3D-Vision und Interaktivität  
hier: Microsoft HoloLens

Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes  
am Master einfügen (obwohl kleiner als das TU-Logo und  
Pitzhaller (blaues Rechteck) am Master löschen

Hier könnte Ihr Logo stehen

15

## Augmented Reality in der Kommissionierung – Pick-by-Vision



Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes  
am Master einfügen (obwohl kleiner als das TU-Logo und  
Pitzhaller (blaues Rechteck) am Master löschen

Hier könnte Ihr Logo stehen

16

### Logistiksysteme - Ganz nach Bedarf...



am Master befinden sich zwei kleine als das TU Graz-Logo und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master Köcher  
Hier könnte Ihr Logo drüben

17

### Mensch und Maschine - ist das möglich?



Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes  
am Master befinden sich zwei kleine als das TU Graz-Logo und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master Köcher  
Hier könnte Ihr Logo drüben

## Schlüsselkriterien in der Logistik

Um Zukunftslogistiksysteme zu definieren, müssen einige Schlüsselkriterien erfüllt werden:

- Effizienz
- Effektivität
- Robustheit
- Notwendige Flexibilität
- Notwendige Verfügbarkeit
- Notwendige Anpassungsfähigkeit

Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes  
am Master einfügen (sonst keine als das TU-Logo-Logo  
und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen

Hier könnte Ihr Logo stehen

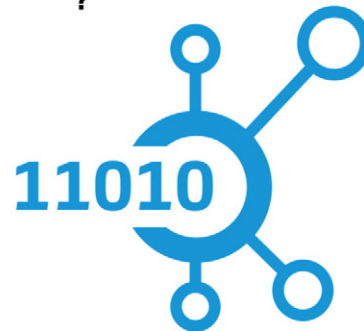
## Was ist das Ziel?

### Flexibilität?



### Digitalisierung

?



Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes  
am Master einfügen (sonst keine als das TU-Logo-Logo  
und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen

Hier könnte Ihr Logo stehen

Was ist das Ziel?

**Flexibilität**



**Das Ergebnis wird sein:**

- Anpassungsfähigkeit
- Reaktionsfähigkeit
- **Effizienz** bei unterschiedlichen Arbeitsbelastungen
- Unsicherheitsmanagement
- Behandlung von Artikelvarianten

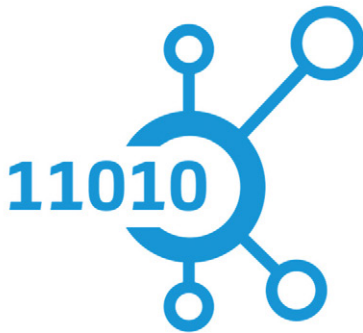
**Aber:**

Verursacht Kosten, verringert die Effizienz

Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes am Master einfügen (auch kleiner als das TU-Graz-Logo und Platzhalter (blauer Rechteck) am Master löschen) [Hier könnte Ihr Logo stehen](#)

Was ist das Ziel?

**Digitalisierung**



**Das Ergebnis wird sein:**

- **Transparenz** auf mehreren Ebenen des Überwachungsausschusses
- Reaktionsfähigkeit
- **Effizienz** bei variablen Prozessen
- Unsicherheitsmanagement
- Behandlung von Artikelvarianten

**Aber:**

Verursacht Kosten und braucht Zeit

Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes am Master einfügen (auch kleiner als das TU-Graz-Logo und Platzhalter (blauer Rechteck) am Master löschen) [Hier könnte Ihr Logo stehen](#)

## Ist Transparenz das Ziel?

**“If you can't measure it, you can't manage it”**  
Peter Drucker

**If You Can't Measure It, You Can't Improve It**  
(William Thomson, Lord Kelvin)

Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes am Master einfügen (schicht kleiner als das TU-Logo und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen

Hier könnte Ihr Logo stehen

## Die Ziele, den Kunden und das Unternehmen zufrieden zu stellen

**Zeit- und Ressourceneffizienz**

z



**Produktivität**



Quelle: Eurotransport

Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes am Master einfügen (schicht kleiner als das TU-Logo und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen

Hier könnte Ihr Logo stehen



## Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

**Johannes Fottner**

**Technical University of Munich**  
Department of Mechanical Engineering  
**fml** – Chair of Materials Handling, Material Flow, Logistics

Boltzmannstr. 15  
85748 Garching  
Tel +49 89 289 15929  
mobile +49 174 9373 629  
E-Mail: j.fottner@tum.de

Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes  
am Master einfügen (auch kleiner als das TU Graz-Logo  
und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen

Hier könnte Ihr Logo stehen

## Zur Person Johannes Fottner

- Studium Maschinenwesen (Dipl. Ing., 1997) und anschließende Promotion zum Dr. Ing. (2002) an der Technischen Universität München
- 2002 - 2008 verschiedene Managementfunktionen bei der Swisslog AG
- 2008 - 2016 CEO MIAS Group, seit 2015 Teil des Managementteams Jungheinrich Logistiksysteme
- Seit 2016 Professor für Logistics Engineering und Inhaber des Lehrstuhls für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München
- Darüber hinaus ist Prof. Fottner seit 2015 stellvertretender Vorsitzender der VDI Gesellschaft für Produktion

Logo bei Bedarf innerhalb des blauen Feldes  
am Master einfügen (auch kleiner als das TU Graz-Logo  
und Platzhalter (blaues Rechteck) am Master löschen

Hier könnte Ihr Logo stehen







# **Früher war (nicht) alles besser - ein *Blick zurück und nach vorn* -**

Jan Kaulfuhs-Berger

## Jan Kaulfuhs-Berger

- Chefredakteur, Zeitschrift Technische Logistik - Hebezeuge Fördermittel
- Gründer „elements of journalism“
- praktizierender Journalist



# Früher war (nicht) alles besser

*- ein Blick zurück und nach vorn -*

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**

Hebezeuge  
Fördermittel

# Früher war (nicht) alles besser

*- ein Blick zurück und nach vorn -*

## Versuch einer Strukturierung

**Logistik / Intralogistik**

**Marketing / Öffentlichkeitsarbeit**

**Der Versuch einer Zusammenführung**

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**

Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Logistik und Marketing

war irgendwie schon immer da  
kann eigentlich jeder  
hat schon immer Geld gekostet

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

Technische  
Logistik  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Seit je her vorhanden



[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

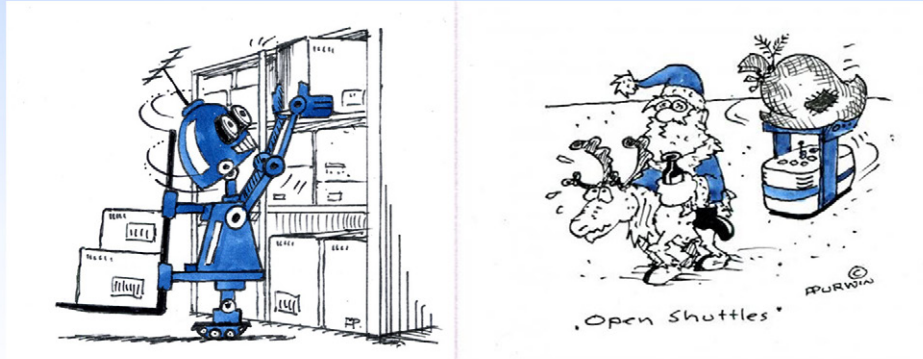
Technische  
Logistik  
Hebezeuge  
Fördermittel



# Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

## Beherrscht jeder



[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

Technische  
Logistik

Hebezeuge  
Fördermittel

# Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

## Kostenfaktor



[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

Technische  
Logistik

Hebezeuge  
Fördermittel



## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Die Sache mit der Logistik

**unter dem Radar**

**in der Finanzabteilung angesiedelt**

**Analogie zum Marketing**

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Auf dem Weg zur Intralogistik

**Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer (VDMA)**

**Arbeitskreis Fördertechnik**

**die Sache mit der Kette, dem Seil und dem Haken**

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**  
Hebezeuge  
Fördermittel



## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Auf dem Weg zur Intralogistik

**neue Besen kehren gut oder eine Umbenennung**

**Google-Treffer und eine Frage**

**heute über 3.500.000 Treffer in 0,49 Sekunden**

**huss** HUSS-MEDIEN GmbH  
technik\_bauwesen\_wirtschaft

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Auf dem Weg zur Intralogistik

#### Definition des VDMA

Steuerung, Durchführung und Organisation des Materialflusses innerhalb eines Lagerbetriebes. Darunter fällt der Warentransport innerhalb eines Lagers- oder Betriebsgeländes.

**huss** HUSS-MEDIEN GmbH  
technik\_bauwesen\_wirtschaft

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

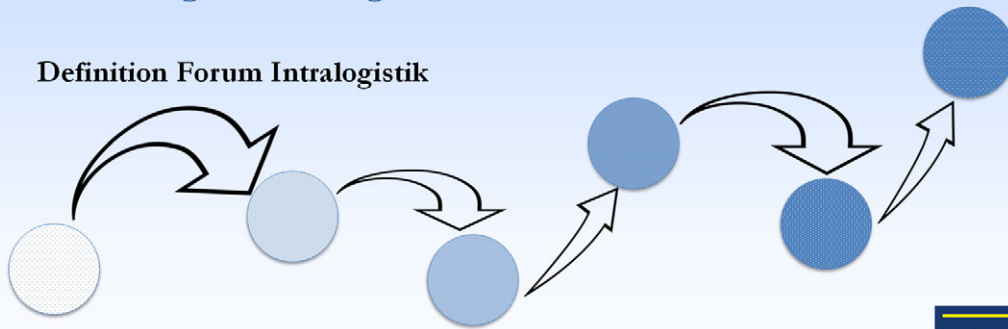
**Technische  
Logistik**  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Auf dem Weg zur Intralogistik

#### Definition Forum Intralogistik



[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Auf dem Weg zur Intralogistik

#### Definition Wikipedia

Als Intralogistik bezeichnet man die logistischen Material- und Warenflüsse, die sich innerhalb eines Betriebsgeländes abspielen. Der Begriff wurde definiert, um eine Abgrenzung zum Warentransport außerhalb eines Werkes zu schaffen, zum Beispiel durch eine Spedition.

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**  
Hebezeuge  
Fördermittel



## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Entwicklung zur Intralogistik

branchenfremde Unternehmen

brancheninterne Unternehmen

branchennahe Unternehmen

**huss** HUSS-MEDIEN GmbH  
technik\_bauwesen\_wirtschaft

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

Technische  
Logistik  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Ausgewählte Beispiele

KNAPP AG, Hart bei Graz

Jungheinrich AG, Hamburg

viastore SYSTEMS GmbH, Stuttgart

**huss** HUSS-MEDIEN GmbH  
technik\_bauwesen\_wirtschaft

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

Technische  
Logistik  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Ausgewählte Beispiele (Knapp)

Spezialmaschinenhersteller (Krapfenabfüllung etc.)

1960/70er Jahre: Automatisierungsschub speziell in der Pharmaindustrie

IT / Software / Steuerung

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

Technische  
Logistik  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Ausgewählte Beispiele (Knapp)

Hersteller für Intralogistiklösungen

und Systeme im Bereich

Lagerlogistik und Lagerautomation



[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

Technische  
Logistik  
Hebezeuge  
Fördermittel



## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

**huss** HUSS-MEDIEN GmbH  
technik\_bauwesen\_wirtschaft

### Viele innovative Shuttle am Markt (Auszug)

**Swisslog** (Lagershuttlesystem für Paletten)

**Gebhardt** (Shuttle Plattform)

**Dambach** (Compact Shuttle)



[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

Technische  
Logistik

Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

**huss** HUSS-MEDIEN GmbH  
technik\_bauwesen\_wirtschaft

### Ausgewählte Beispiele (Jungheinrich)

vom Kleinunternehmer mit zehn Mitarbeitern

über innovativen Flurförderzeughersteller

zum führenden Anbieter auf dem Gebiet der innerbetrieblichen Logistik

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

Technische  
Logistik

Hebezeuge  
Fördermittel

# Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

## Ausgewählte Beispiele (Jungheinrich)

Unternehmen in der Flurförderzeug-  
Lager- und Materialflusstechnik //  
Lösungsanbieter in der Intralogistik



Technische  
Logistik  
Hebezeuge  
Fördermittel

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

# Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

## Viele innovative FFZ etc. am Markt (Auszug)

Still



Clark



Toyota



Technische  
Logistik  
Hebezeuge  
Fördermittel

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022



## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

Viele innovative FFZ etc. am Markt (Auszug)

Still



Jungheinrich



Toyota



Technische  
Logistik

Hebezeuge  
Fördermittel

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

Ausgewählte Beispiele (viastore SYSTEMS)

vom Schlosserei-Betrieb

über Maschinen- und Anlagenbau

Systemintegrator und Softwarehouse

**huss** HUSS-MEDIEN GmbH  
technik\_bauwesen\_wirtschaft

Technische  
Logistik

Hebezeuge  
Fördermittel

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022



## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Ausgewählte Beispiele (viastore)

**führender internationaler  
Anbieter von Intralogistik-Systemen,  
Intralogistik-Software und Service**



[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Viele innovative Systemanbieter am Markt (Auszug)

**SSI Schäfer** (Paletten-Fördertechnik)

**Klinkhammer** (Frischedienst Walter)

**TGW** (Stingray Shuttle)



[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**  
Hebezeuge  
Fördermittel



## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Ausgewählte Beispiele (viastore)

**Unterzeichnung einer Vereinbarung zur Veräußerung  
sämtlicher Anteile an der Gesellschaft (viastore SYSTEMS)  
an die Toyota Industries Coproration (TICO)**

**huss** HUSS-MEDIEN GmbH  
technik\_bauwesen\_wirtschaft

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Ausgewählte Beispiele (viastore)

**viastore SYSTEMS komplettiert mit seinen drei Geschäftsbereichen  
das Produkt- und Dienstleistungsangebot von TICO  
und ermöglicht ein durchgängiges Logistikangebot**

**huss** HUSS-MEDIEN GmbH  
technik\_bauwesen\_wirtschaft

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

### Ausgewählte Beispiele (viastore)

kundenspezifische Lösungen  
vom Gabelstapler bis zur  
vollautomatischen Sortieranlage



[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

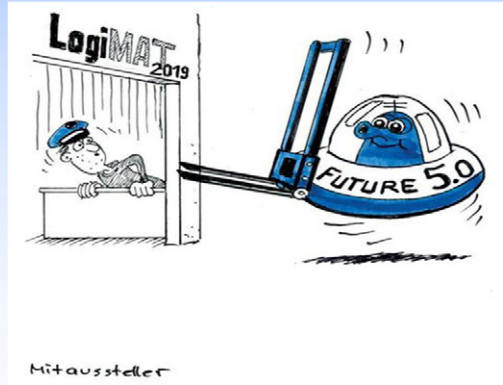
Logistikwerkstatt Graz 2022

Technische  
Logistik  
Hebezeuge  
Fördermittel

## Früher war (nicht) alles besser

- ein Blick zurück und nach vorn -

Wir sehen uns auf der  
**LogiMAT 2022**  
in Stuttgart (30.5-2.6.)!



[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

Technische  
Logistik  
Hebezeuge  
Fördermittel

# Vielen Dank ...

... für Ihre Aufmerksamkeit!

## Jan Kaulfuhs-Berger

*Technische Logistik*  
Am Friedrichshain 22  
10407 Berlin

+49 30 42151204

[www.technische-logistik.net](http://www.technische-logistik.net)  
[jan.kaulfuhs-berger@technische-logistik.net](mailto:jan.kaulfuhs-berger@technische-logistik.net)

*elements of journalism*  
Wappachweg 4  
82457 Bayenschi Gmain

+49 177 8797000

[contact@elements-of-journalism.de](mailto:contact@elements-of-journalism.de)  
[jankaulfuhsberger@gmail.com](mailto:jankaulfuhsberger@gmail.com)

[www.huss.de](http://www.huss.de)

Graz, 24. Mai 2022

Logistikwerkstatt Graz 2022

**Technische  
Logistik**  
Hebezeuge  
Fördermittel





# **Herausforderungen und Konzepte in der Produktionslogistik**

Univ. Prof. Mag. Dr. Helmut Zsifkovits



Univ. Prof. Mag. Dr.

**Helmut Zsifkovits**

- Montanuniversität Leoben
- Leiter Lehrstuhl für Industrielogistik
- Präsident, European Certification Board of Logistics
- Motto: „Neue Wege entstehen dadurch, dass man sie geht.“

## Herausforderungen und Konzepte in der Produktionslogistik

Univ. Prof. Mag. Dr. Helmut Zsifkovits  
Lehrstuhl für Industrielogistik  
Montanuniversität Leoben



## Univ.-Prof. Dr. Helmut Zsifkovits

Vorstand des Lehrstuhls für Industrielogistik an der Montanuniversität Leoben  
Präsident, European Certification Board for Logistics, (ECBL), Büssel  
Vizepräsident, Bundesvereinigung Logistik Österreich (BVL)  
Präsident, Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik Österreich (BMÖ)

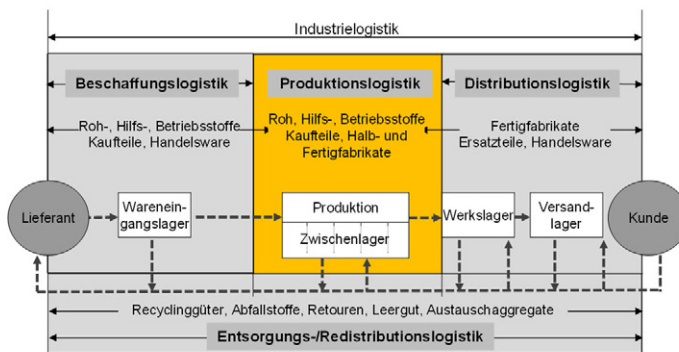
### Weitere berufliche Stationen:

- Universitätsassistent am Institut für Betriebswirtschaftslehre an der Karl-Franzens-Universität Graz
- Bereichsleiter für Industrie, Logistik und IT der Österreichischen Akademie für Führungskräfte (öaf)
- Geschäftsführender Gesellschafter, Systemlogistik GmbH & Co. KG
- Information Manager, UBG Ges.m.b.H. (Unternehmensbereich Geländewagen der DaimlerChrysler AG)
- Projektleiter, evolaris research lab





## Produktionslogistik



Produktionslogistik hat die Aufgabe, durch Planung, Steuerung und Implementierung aller notwendigen Strukturen und Prozesse eine **bedarfsgerechte und wirtschaftliche Bereitstellung der Einsatzgüter für die Produktion** zu gewährleisten und die Materialflussprozesse der Produktion hinsichtlich **Servicegrad, Durchlaufzeit und Kapitalbindung** möglichst optimal zu gestalten.

Der Fokus logistischer Analyse und Entwicklung liegt heute auf **überbetrieblichen Aspekten**, wie globalen Warenströmen, Transportkosten, logistischen Infrastrukturen, Supply-Chain-Risiken und der nachhaltigen Gestaltung von Strukturen und Prozessen. In den internen **Steuerungsansätzen und Materialflüssen der Fertigung** liegen nach wie vor hohe Potenziale für Leistungssteigerung und verbesserte Effizienz.

Göpfert et al. 2013; Zsifkovits 2012



- [1] I. Göpfert, D. Braun, M. Schulz (Hrsg.): Automobil-logistik - Stand und Zukunftstrends. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, S. 2-5, 2013.
- [2] H. Zsifkovits: Logistik. 1. Auflage, S. 108, 2012.
- [3] H. Zsifkovits: a.a.O., S. 66-68.
- [4] H.-O. Günther, H. Tempelmeier: Produktion und Logistik. 9. Auflage, S. 13, 2011.
- [5] H.-O. Günther, H. Tempelmeier: a.a.O., S. 122-123.
- [6] H. Wildemann: Entwicklungslinien der Produktions-systeme in der Automobilindustrie. In: I. Göpfert, D. Braun, M. Schulz (Hrsg.): Automobillogistik - Stand und Zukunftstrends. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, S. 136-137, 2013.
- [7] H. Wildemann, a.a.O., S. 138.
- [8] J. Mangan, Ch. Lalwani, T. Butcher: Global Logistics and Supply Chain Management, First Edition, S. 39, 2008.
- [9] H. Wildemann, a.a.O., S. 143-147.
- [10] E.M. Goldratt: What Is This Thing Called Theory of Constraints, 1990.
- [11] P. Nyhuis, H.-P. Wiendahl: Logistische Kennlinien: Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. 3. Auflage, 2012.
- [12] H. Zsifkovits: a.a.O., S. 166.
- [13] P. Nyhuis, H.-P. Wiendahl: a.a.O., S. 25.
- [14] H. Zsifkovits: a.a.O., S. 169.

## Herausforderungen an die industrielle Logistik

- Sicherstellung Produktionsversorgung angesichts globaler Krisen bzw. Absatzschwankungen
- Anforderungen an die Resilienz von Lieferketten
- Produktkomplexität und Variantenvielfalt
- Entwicklung einer build-to-order-Produktionsweise (Losgröße eins)
- Nutzung von Potentialen durch effizienten und effektiven Einsatz von (digitalen) Technologien
- Produktionsflexibilität der Werke
- Erfüllung der Vorgaben an die Nachhaltigkeit von Prozessen



Neuartige Logistikkonzepte für eine flexible Automobilproduktion ohne Band  
 Von der Fakultät 7: Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik der Universität  
 Stuttgart

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)  
 genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von Julian Popp

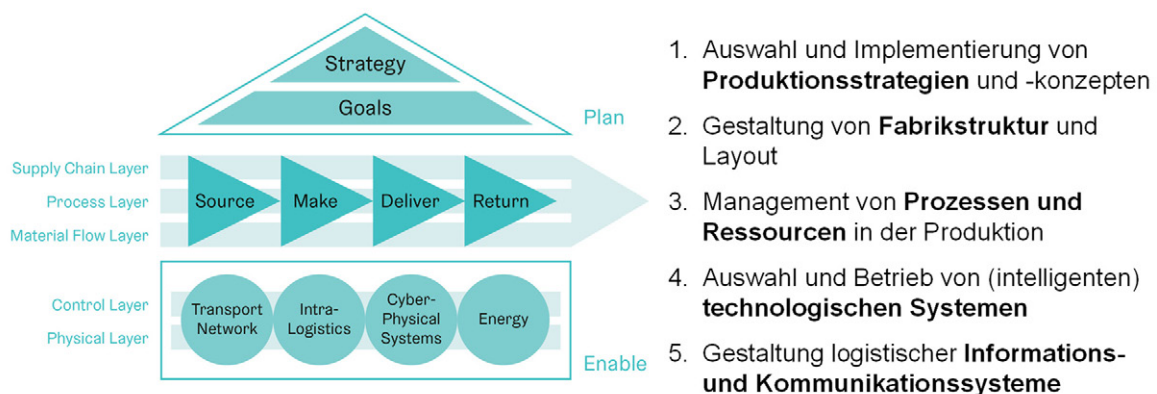
aus Grünstadt

Hauptberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Karl-Heinz Wehking

Mitberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl



## Aufgabenbereiche der Produktionslogistik

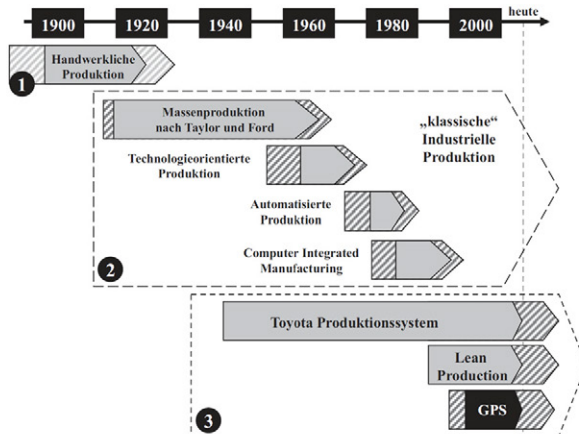


Techno-Ökonomie-Forum, Profil Industriellistik



In Anlehnung an Fraunhofer IML, Produktionslogistik, Flyer, 2022

## Entwicklung der Produktionssysteme



Dombrowski/Mielke 2015



Entwicklung der Produktionssysteme ausgehend von der handwerklichen Produktion über die klassische industrielle Massenproduktion bis zu den Ganzheitlichen Produktionssystemen vorgestellt. Einen Überblick über diese Entwicklung gibt Abb. 1.3. Das Kapitel gibt dem Leser die erforderlichen Hintergrundinformationen zu Produktionssystemen, damit er die Besonderheiten von Ganzheitlichen Produktionssystemen besser einordnen kann. Insbesondere die Leistungen von Frederick W. Taylor (1856–1915) und Henry Ford (1863–1947) wirken sich noch sehr stark auf heutige Produktionssysteme aus und werden daher besonders hervorgehoben. Der wichtigste Wegbereiter für die Ganzheitlichen Produktionssysteme war das Toyota-Produktionssystem, dessen Stärken vor allem durch das Buch „Die zweite Revolution in der Autoindustrie“ bekannt wurden. Nach der Beschreibung der wegbereitenden Vorläufer wird die Entwicklung von GPS vorgestellt.

Mit der VDI-Richtlinie 2870 existiert eine allgemeine, unternehmensübergreifende Beschreibung von GPS. Daher werden im zweiten Kapitel die allgemeine GPS-Struktur und die Gestaltungsprinzipien am Beispiel der VDI 2870 vorgestellt.

Aus Paper Zauchensee/Verformungskundliches Symposium:

Produktionssysteme mussten im Laufe ihrer Entwicklung auf die Veränderungen der Markt- und Technologieumwelt reagieren und schrittweise angepasst werden. Wildemann illustriert diese Evolution anhand einer historischen Analyse des Produktionssystems von Beretta, dem ältesten europäischen Unternehmen [6].

Die Fabbrica d'Armi Pietro Beretta S.p.A. ist seit 15 Generationen im Familienbesitz und war bereits im 15. Jahrhundert in Gardone Valtrompia in Italien tätig. Der Konzern umfasst Fabriken für Sportwaffen und optische Geräte, sowie italienische und internationale Handels- und Vertriebsunternehmen. Das Unternehmen wandelte sich in seiner langen Geschichte von einer handwerklichen Produktion hin zu einem wissensorientierten Produktionssystem.

In der ersten, handwerklichen Phase wurden alle Einzelteile von Hand geschmiedet und zu einem Unikat zusammengefügt. Mit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert nahmen Wettbewerb und Konkurrenzdruck zu, es erfolgte die Umwandlung in ein Industrieunternehmen - 1860 führte Beretta eine komplette Produktionsanlage ein und

steigerte die Produktivität vor allem durch die Anwendung der Prinzipien des Scientific Managements von Taylor. Die Produktpalette wurde standardisiert, Produktionsanlagen wurden für eine annähernd massenhafte Fertigung ausgelegt.

Mit der steigenden Angebotsvielfalt auf dem Markt in den 1950er Jahren gewannen neben einem wettbewerbsfähigen Preis vor allem Qualität, Zuverlässigkeit und Präzision der Produkte an Bedeutung. Die Einführung statistischer Verfahrenssteuerung und Definition strategischer Qualitätsziele waren konsequente Schritte einer weiteren Entwicklung. Der Fließbandarbeiter übernahm Verantwortung für Maschine und Produkt. Durch Einführung der numerischen Steuerung in der Produktion (1976) wandelte sich das Produktionssystem von einem Informationsanwender zu einem datenintegrierten System. Mit der Einführung des Computer Integrated Manufacturing (CIM) im Jahre 1987 und der Vernetzung der Computersysteme zu einem flexiblen Produktionssystem war die Produktion nahezu vollständig automatisiert. Damit einher ging eine Reduktion der Belegschaft am Band, die Produktivität stieg auf das Dreifache, die Personalstärke sank um 30% und war damit niedriger als am Ende des 17. Jahrhunderts.

Mit der Erweiterung auf neue Märkte und der Entwicklung zu einem multinationalen Unternehmen stieg die Produkt- und Variantenvielfalt. Nachteil der vollständigen Automatisierung war, dass die steigende Nachfrage nach individuellen Produktlösungen nicht mehr befriedigt werden konnte. So wurde zu Lasten der Produktivität der Grad der Automatisierung zurückgenommen, um den Kundenanforderungen nach individuellen Produkten gerecht zu werden.

Die aktuelle Herausforderung für Beretta besteht darin, dass durch die zunehmende Globalisierung die Variantenvielfalt und damit die Komplexität der Produkte, Systeme und Prozesse weiter zunehmen und eine Anpassung des Produktionssystems hin zu einer „individuellen Massenfertigung“ notwendig wird.

Wildemann unterscheidet nach der handwerklichen Produktion drei Phasen, die in ihren Konzepten US-amerikanisch, japanisch bzw. deutsch geprägt sind. Die Abbildung stellt diese im zeitlichen Zusammenhang dar.

## Richtlinien für die Gestaltung ganzheitlicher Produktionssysteme



Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Studie „Ganzheitliche Produktionssysteme 4.0, 2021“



Die 10 Richtlinien für die Gestaltung zukunftsfähiger Produktionssysteme (Quelle: Fraunhofer IPA) <https://www.all-electronics.de/automatisierung/zehn-leitlinien-zur-gestaltung-ganzheitlicher-produktionssysteme-383.html>

1. Mensch als zentraler Erfolgsfaktor: auf die individuellen menschlichen Bedürfnisse und die Partizipation von interdisziplinären Teams auszurichten.
2. Integrierter Ansatz aus Lean und Industrie 4.0: in einem integrierten Ansatz aus Lean Production und Industrie 4.0 umzusetzen.
3. Kundenintegration und -individualisierung: durch Elemente der Kundenintegration und -individualisierung am Kundennutzen auszurichten.
4. Unternehmensübergreifende Kooperation und End-to-End-Prozesse: auf die unternehmensübergreifende Kooperation für eine durchgängige Betrachtung von End-to-End-Prozessen ohne Systembrüche auszuweiten.
5. Datenmanagement und Transparenz: systematisches Datenmanagement und systemweite Transparenz berücksichtigen.
6. Flexibilität und Wandlungsfähigkeit: konsequent zur Ausweitung von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit zu nutzen.
7. Standardisierung mit nötigen Freiheitsgraden: muss umfassende Standardisierung bei gleichzeitiger Wahrung von Freiheitsgraden für individuelle Anwendungsdomänen ermöglichen.
8. Neue digitale Methoden und Werkzeuge: ist unter Einbezug neuer digitaler Methoden und Werkzeuge durchzuführen.
9. Toolbox für Methoden und Werkzeuge: ist mit einer Toolbox für Methoden und Werkzeuge zu begleiten.
10. Industrie 4.0 durch Use Cases: ist unter Einbezug neuer technologischer Industrie 4.0-Anwendungen und deren Beschreibung in Form von Use Cases umzusetzen.

## Entwicklungsstufen der Produktions- und Fabrikstruktur

	1	2	3	4
<b>Produktionsstruktur</b>	funktional	robust, modular	Kompetenzorientiert	Lebenszyklusorientiert
<b>Kooperationsstruktur</b>	Unternehmenskooperation	Hierarchische Unternehmensnetze	Hierarchiearme Kompetenznetze	Partizipative Vernetzung
<b>Fabrikstruktur</b>	funktional	wandlungsfähig segmentiert	wandlungsfähig vernetzt	wandlungsfähig ressourceneffizient
<b>Methoden</b>	Programm- und Prozessoptimierung fabrikintern	Prozessorientierte Simulation, Planung und Steuerung dynamischer Produktionssysteme	Integrierte Netzplanung- und Steuerung	Digital Engineering, VR/AR

Adaptiert nach Wirth (2002, 2011), Schenk et al. (2013)



## AUS PAPER ZAUCHENSEE 2014

### 1. Modulare Produktionssysteme

Dem Konzept des *Lean Management* liegt die Prämisse zugrunde, dass Verschwendung in allen Prozessen zu vermeiden ist. Die Elemente und Instrumente, die die Erreichung dieses Ziels unterstützen, sind

- robuste Automatisierungstechnik mit hoher Prozesssicherheit und Verfügbarkeit,
- flache Hierarchien mit teilautonomen Arbeitsgruppen,
- Total Quality Management mit automatischer Fehlerkontrolle,
- kontinuierlicher Verbesserungsprozess unter Einbindung aller Mitarbeiter,
- Qualifikation und Motivation der Mitarbeiter zu autonomem Handeln,
- Just-in-Time-Produktion,
- Wertschöpfungs- und Prozessorientierung.

Lean Management wird vielfach nicht im gesamten Produktionssystem, sondern ausschließlich im Fertigungssystem bzw. in isolierten Bereichen eingesetzt. Die fehlende Berücksichtigung der Ganzheitlichkeit des Produktionssystems führt dazu, dass mögliche Potenziale durch die schlanke Organisation nicht genutzt werden. *Modulare Produktionssysteme* verbinden Bausteine etablierter Konzepte wie Taylorismus und Lean Management in einem integrierten System. Das Konzept der modularen Fabrik kombiniert eine effiziente Produktion mit einer hohen Qualität und zielt auf die Beherrschung der steigenden Komplexität durch die Vielfalt an Kunden, Produkten, Teilen, Material und Lieferanten [9].

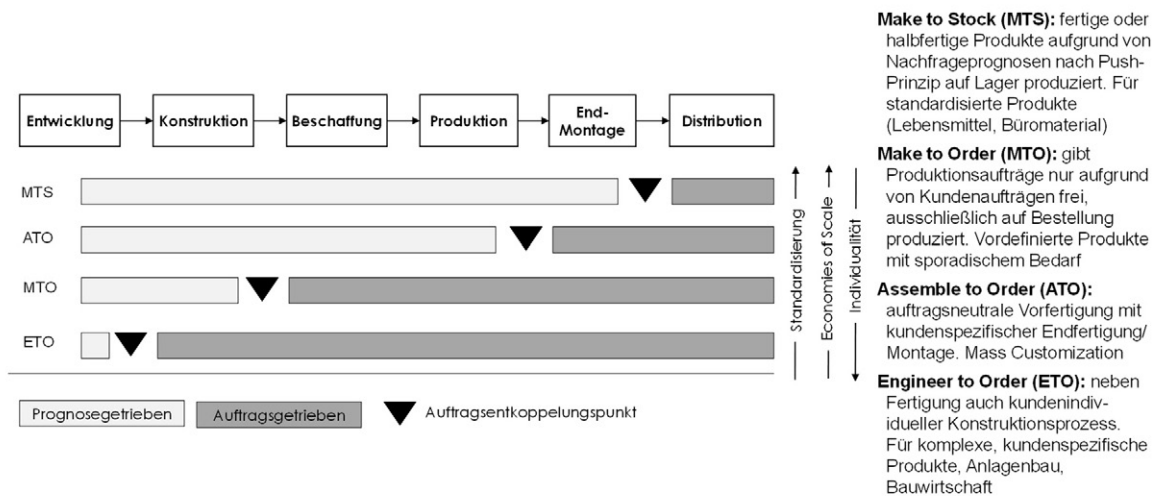
Modulare Produktionssysteme werden in Form der *Fertigungssegmentierung* umgesetzt. Dabei werden einfache, dezentrale Strukturen gebildet und gleiche Aufgabenelemente gebündelt. In der modularen Fabrik werden für spezifische Produkte einzelne Fertigungsbereiche gebildet, daraus resultiert eine geringere Fertigungsbreite bei höherer Fertigungstiefe. Fertigungssegmente werden über mehrere Stufen der Logistikkette gebildet, darin unterscheiden sie sich von Fertigungszellen, -inseln und flexiblen Fertigungssystemen. Indirekte Tätigkeiten werden auf die Fertigungsmitarbeiter verlagert, somit ergeben sich eine Reduzierung

von Schnittstellen und der Komplexität von Informations-, Planungs- und Controllingssystemen. Kleine organisatorische Einheiten mit Ergebnisverantwortung (Profit Center oder Cost Center) fördern das eigenständige Handeln der Mitarbeiter („Unternehmer im Unternehmen“).

Standards der Ablauforganisation (Management-, Zusammenarbeits- und Fertigungsstandards) tragen zu einer Erhöhung der Effizienz der Prozesse und Minimierung von Koordinations- und Führungsaufgaben bei. Als Instrumente für das Controlling modularer Fabriken werden Kennzahlen eingesetzt, die Produktivität, Kosten, Zeit und Qualität der Geschäftsprozesse messbar machen, zu Fabrikstruktur, Produktion, Fertigungsorganisation und Personal.

Ein komplementäres Merkmal modularer Produktionssysteme ist die entsprechende *Architektur von Produkten*. Durch gezielte Gleichteilestrategien sowie den Einsatz von Bauteilen, Modulen, Systemen und Plattformen entstehen flexibel konfigurierbare Produkte, die auf gemeinsamen Komponenten aufbauen und so zu einer Reduktion der strukturellen Komplexität beitragen, ohne den Kundennutzen einzuschränken.

## Fertigungsprinzipien und Kundenauftragsentkoppelungspunkt



Dieser Punkt ist der sog. Kundenauftragsentkoppelungspunkt (customer order decoupling point) oder order penetration point, der die Grenze zwischen Vorplanung und Kundenauftragsbezug darstellt. Hier treffen die beiden logistischen Steuerkreise der kundenanonymen Vorratsproduktion von Standardkomponenten und der durch einen Kundenauftrag ausgelöste Auftragsfertigung aufeinander.

Im physischen Materialfluss stellt der Auftragsentkopplungspunkt in der logistischen Kette das letzte Lager dar, in dem Komponenten noch ohne Auftragsbezug bevorratet werden. Ab diesem Punkt sind alle Komponenten und Fertigungsmaterialien dem Kundenauftrag zugeordnet.

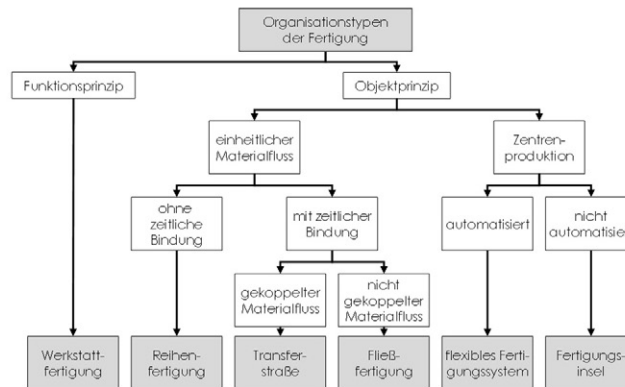


## Fertigungsorganisation

Organisatorische Anordnung der Arbeitssysteme nach

**Funktionsprinzip:** Arbeitssysteme, die gleichartige Funktionen durchführen können, werden räumlich in einer Werkstatt zusammengefasst

**Objektprinzip:** Anordnung der Arbeitssysteme orientiert sich an den Arbeitsplänen der zu bearbeitenden Erzeugnisse



Günther und Tempelmeier (2003)



Bei der Zentrenproduktion werden ebenfalls unterschiedliche Arbeitssysteme räumlich unter Anwendung des Objektprinzips zusammengefasst. Im Unterschied zur Produktion mit einheitlichem Materialfluß können in einem Produktionszentrum beliebige Materialflüsse vorkommen.

Produktionsinsel. Wird auf die vollständige Automatisierung verzichtet, dann spricht man von einer Produktionsinsel oder – bei Verzicht auf die Integration disponierender und kontrollierender Aufgaben – von einer Gruppentechnologie-Zelle. Produktionsinseln (teilautonome Arbeitsgruppen) werden als wesentlicher Bestandteil einer sog. schlanken Produktion (lean production) angesehen. Sie sind so organisiert, dass sie mit geringem Planungs- und Koordinationsaufwand die ihnen von der zentralen Produktionsplanung und -steuerung zugewiesenen Aufträge erfüllen können.

## Räumliche und zeitliche Anordnung der Betriebsmittel

Werkstattfertigung	Inselfertigung	Reihenfertigung	Fließfertigung
räumliche Konzentration der Arbeitssysteme nach den durchzuführenden Verrichtungen, ungerichteter Materialfluss	objektbezogene Zusammenfassung von Fertigungsmitteln zur Bearbeitung fertigungstechnisch ähnlicher Teile (Teilefamilien) mit ungerichtetem Materialfluss; weitgehende Selbststeuerung durch die Arbeitsgruppe	objektbezogene Zusammenfassung von Fertigungsmitteln nach der Arbeitsgangfolge einer Teilegruppe mit gerichtetem Materialfluss; einzelne Arbeitsgänge können übersprungen werden	objektbezogene Zusammenfassung von Fertigungsmitteln nach der Arbeitsgangfolge einer Teilegruppe mit starrem Materialfluss (i.d.R. getaktet)
Legende: <b>D</b> – Drehen <b>F</b> – Fräsen <b>B</b> – Bohren <b>S</b> – Schleifen			

Schenk/Wirth (2004)



## Neuartige Logistikkonzepte für Fertigung und Montage

- Der ideale logistische Raum ist leer!
- Regale und Behälter als **cyberphysische Systeme (CPS)**, Behälter im Lager übernehmen die Bestandsführung, kommunizieren mit Lagerfachanzeigen und Fahrzeugen, kontrollieren Mindestbestände, ordern Nachschub
- **Ort** ist im Rahmen eines immer volatileren Produktionsumfeldes nicht mehr dauerhaft festgelegt. Logistische Knoten und Arbeitsstationen umzugsfähig, Anordnung jederzeit änderbar
- **Schwärme autonomer Fahrzeuge** übernehmen den innerbetrieblichen Transport. Reihen sich ein, kooperieren miteinander, bilden Reihenfolgen und organisieren die logistische Auftragsabwicklung.
- Prinzipien **künstlicher Intelligenz** und **naturidentische Verfahren** finden Anwendung.
- **Cloudbasierte Verwaltung**, auf der die ökonomischen Ziele und Strategien implementiert sind, Kundenaufträge verarbeitet, Bestellungen ausgelöst, Finanzen gemanagt (Transaktionen)
- Echtzeitnahe und applikationsspezifische Abwicklung übernehmen Multiagentensteuerungen

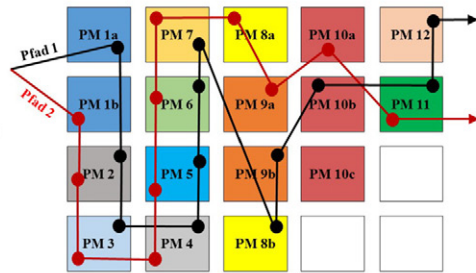
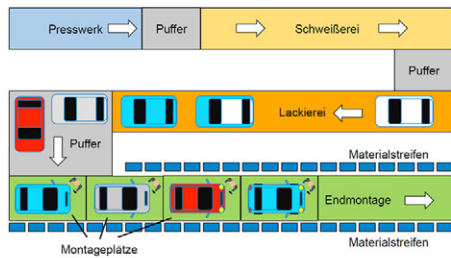
ten Hompell/Henke, Fraunhofer IML



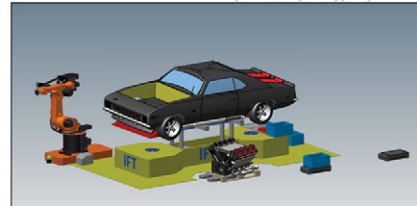
**Regal** auch in Zukunft eine unabdingbare, raumsparende Form des Lagerns.

13

## Neuartige Logistikkonzepte für Fertigung und Montage



- Matrixmontage: anstelle fest verketteter Montagelinien Matrix-/ Schachbrettlayout ohne starre Fördertechnik
- Fahrerlose Transportfahrzeuge: Groß-FTF, kleine/mittelgroße FTF
- Modulwerk: Module zum einbaufähigen Zustand komplett vorgefertigt
- Riegelkonzept: bewegliche Regaleinheiten (Riegel) und Mini-RBG (automatische Kommissioniereinheit)



Popp 2018, Popp/Wehking, 2016

13

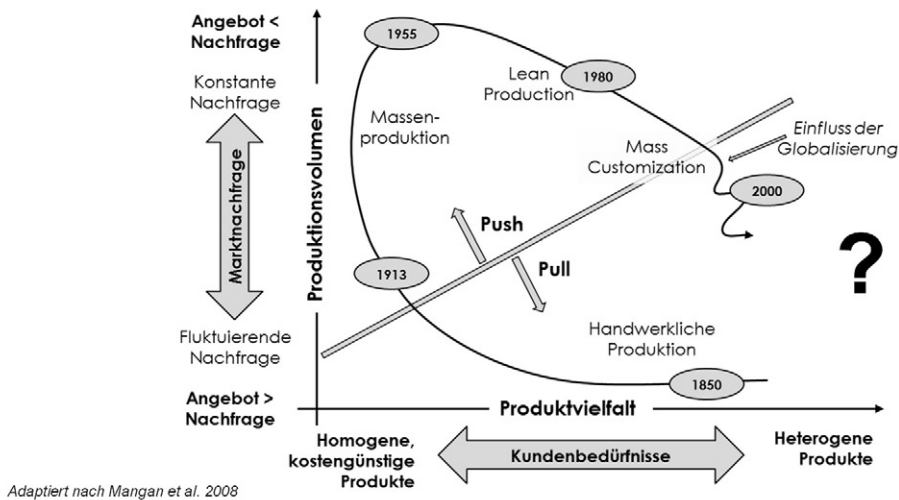


Julian Popp, Neuartige Logistikkonzepte für eine flexible Automobilproduktion ohne Band, Univ. Stuttgart 2018

Julian Popp/Karl-Heinz Wehking, Neuartige Produktionslogistik für eine wandelbare und flexible Automobilproduktion, 2016 Logistics Journal: Proceedings – ISSN 2192-9084 Seite 1

- Modulwerk: Module in den Modulwerken bis zum einbaufähigen Zustand komplett vorfertigen
- Matrixmontage: Matrix- oder Schachbrettlayout ohne starre Fördertechnik
- Fahrerlose Transportfahrzeuge: Montage- und Logistik-Groß-FTF, kleine/mittelgroße FTF
- Riegelkonzept: bewegliche Regaleinheiten (Riegel) und Mini-RBG (automatische Kommissioniereinheit)
- Warenkorb-Konzept: Zusammenstellung des Warenkorbs vollautomatisch
- Neuartige Ladungsträger
- Vernetzte Logistik als Steuerungssystem des Materialflusses (CPS)

## Produktion – Quo vadis?



Parallel zu diesen Entwicklungen vollzog sich eine grundlegende Veränderung in Kundenbedürfnissen, Nachfrage und Produktangebot. Der Übergang von der handwerklichen Fertigung zur Massenproduktion brachte neben einer starken Steigerung der Produktionsvolumina eine Reduktion der Produktvielfalt. Mit der Flexibilisierung der Produktion durch Lean-Ansätze und Mass Customization konnten individuelle Bedürfnisse befriedigt und gleichzeitig die interne Komplexität von Strukturen und Abläufen eingedämmt werden.





# Thermoplan mit TGW

Dr. Michael Schedlbauer



Dr.  
**Michael Schedlbauer**

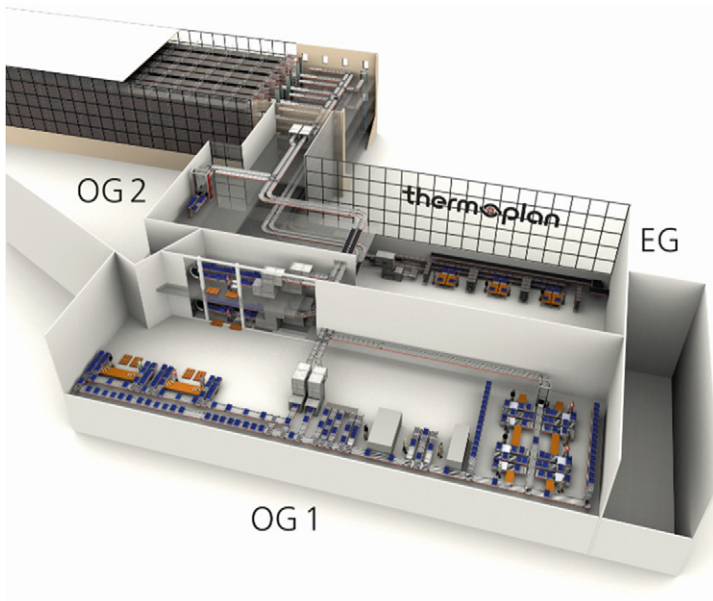
- TGW Logistics Group GmbH
- Vice President Business Development Grocery
- Motto: „The best way to predict the future is to create it.”



**thermoplan**  
Swiss Quality Coffee Equipment



Thermoplan | Logistikwerkstatt Graz | May 2022



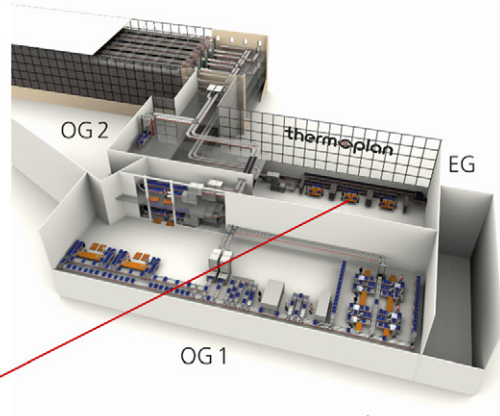
## WAREHOUSE AUTOMATION AND PRODUCTION SUPPLY

Thermoplan | Logistikwerkstatt Graz | May 2022





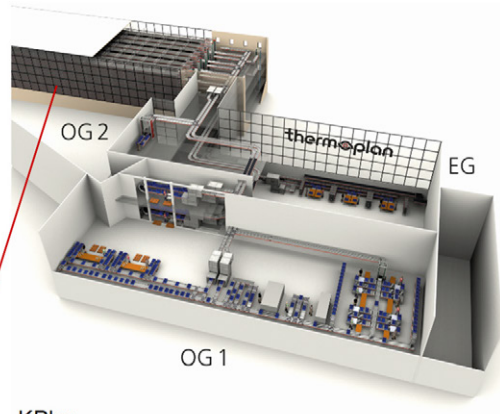
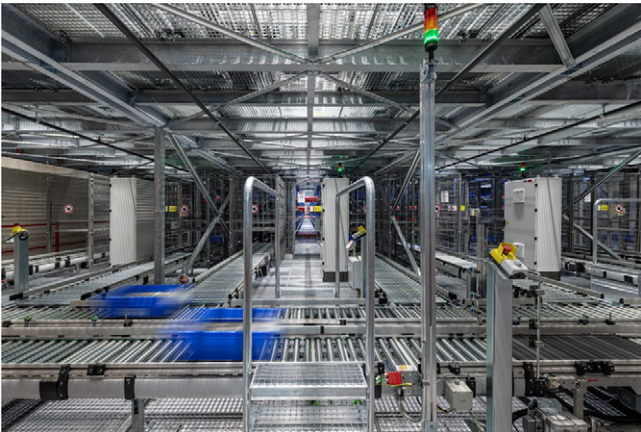
## INBOUND



Thermoplan | Logistikwerkstatt Graz | May 2022



## SHUTTLE WAREHOUSE



KPIs:

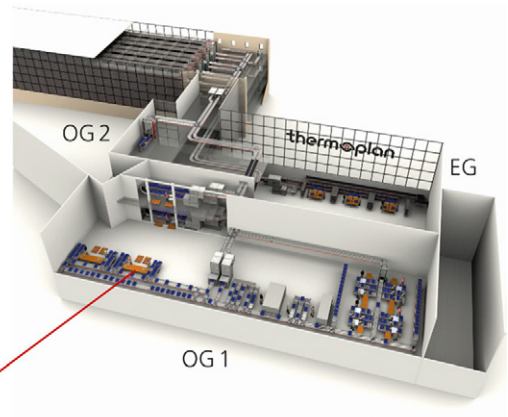
- 42.000 storage locations
- 3 aisles

Thermoplan | Logistikwerkstatt Graz | May 2022





## SPARE PARTS PICKING

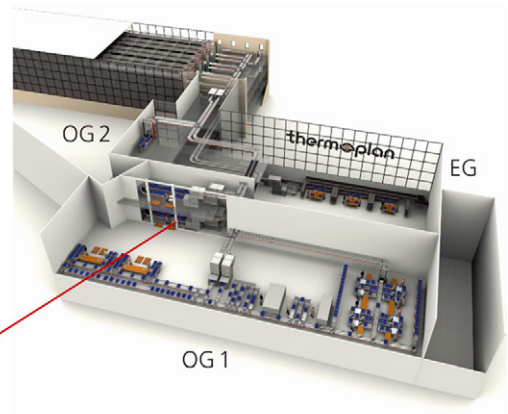
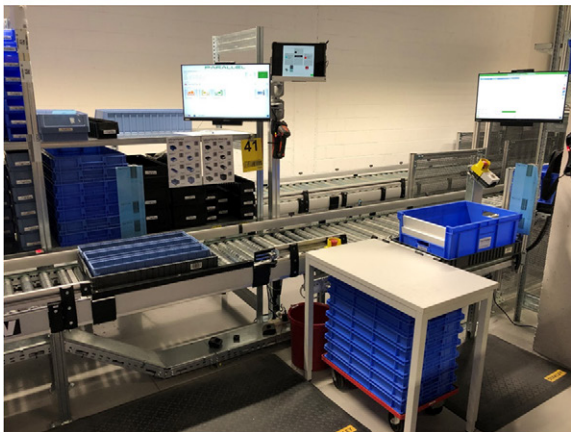


Thermoplan | Logistikwerkstatt Graz | May 2022



## Inklusive Montage

### “GATE” – ACCESS TO PRODUCTION



Thermoplan | Logistikwerkstatt Graz | May 2022



## MILKRUN FOR PRODUCTION SUPPLY



Downsides:

- Multiple manual handling of supply
- Source of errors
- Long walking distances
- Space requirements

Thermoplan | Logistikwerkstatt Graz | May 2022



## OUR APPROACH

- True understanding of ALL processes (transportation, handling) as well as flows (material and information)
- Openness to question the status quo and change where required



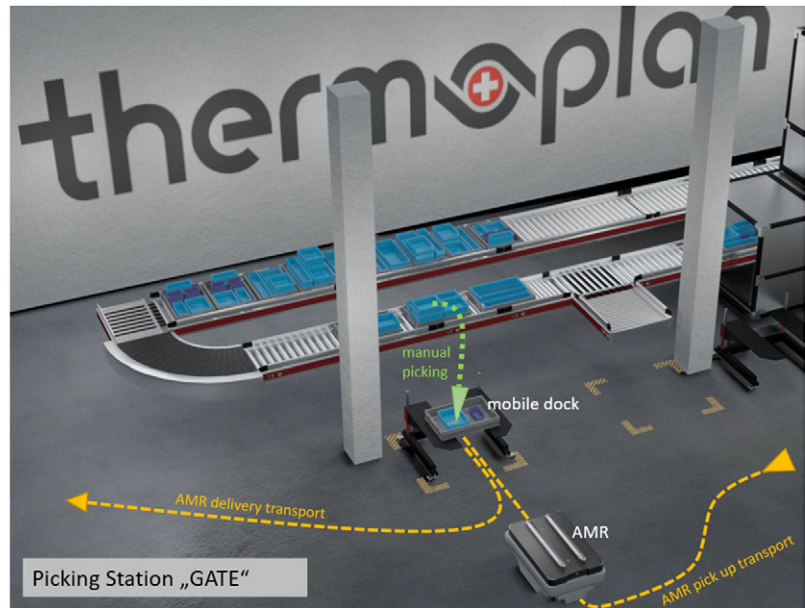
Thermoplan | Logistikwerkstatt Graz | May 2022



## FROM THE "GATE"...

Core tasks:

- Kit building
- Control tower / central station



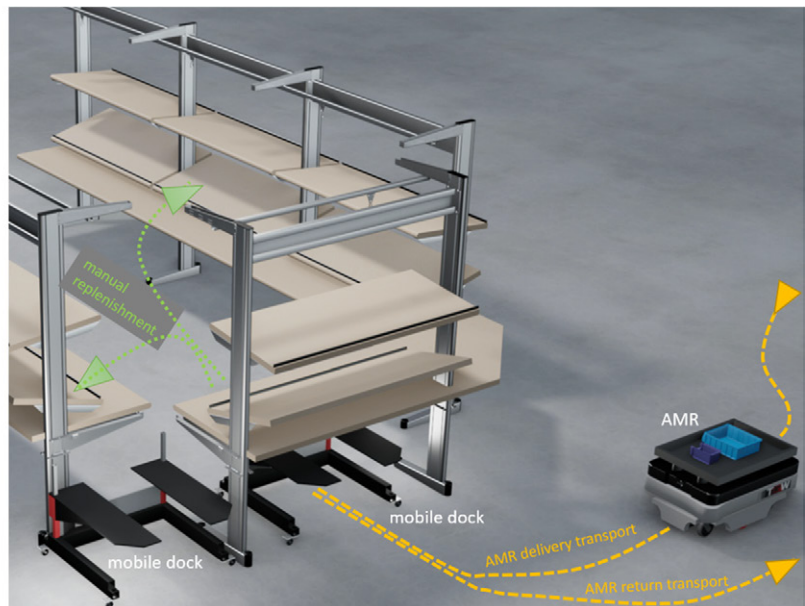
Themoplan | Logistikwerkstatt Graz | May 2022



## ...TO THE PRODUCTION CELLS

Core tasks:

- Cell replenishment by AMRs
- Pick up of empty totes by AMRs



Themoplan | Logistikwerkstatt Graz | May 2022



## MILKRUN FOR PRODUCTION SUPPLY

### Benefits of automation:

- More flows automated
- Efficient space utilization
- High satisfaction of production teams due to simplicity and reliability
- Flexibility for future layout changes
- Short order lead time



Thermoplan | Logistikwerkstatt Graz | May 2022









# **VarioPick @ Die Schweizerische Post *Einsatz von Robotern für das »Culling« von Kleinsendungen***

Dr.-Ing. Domenik Prims





Dr.-Ing.

## Domenik Prims

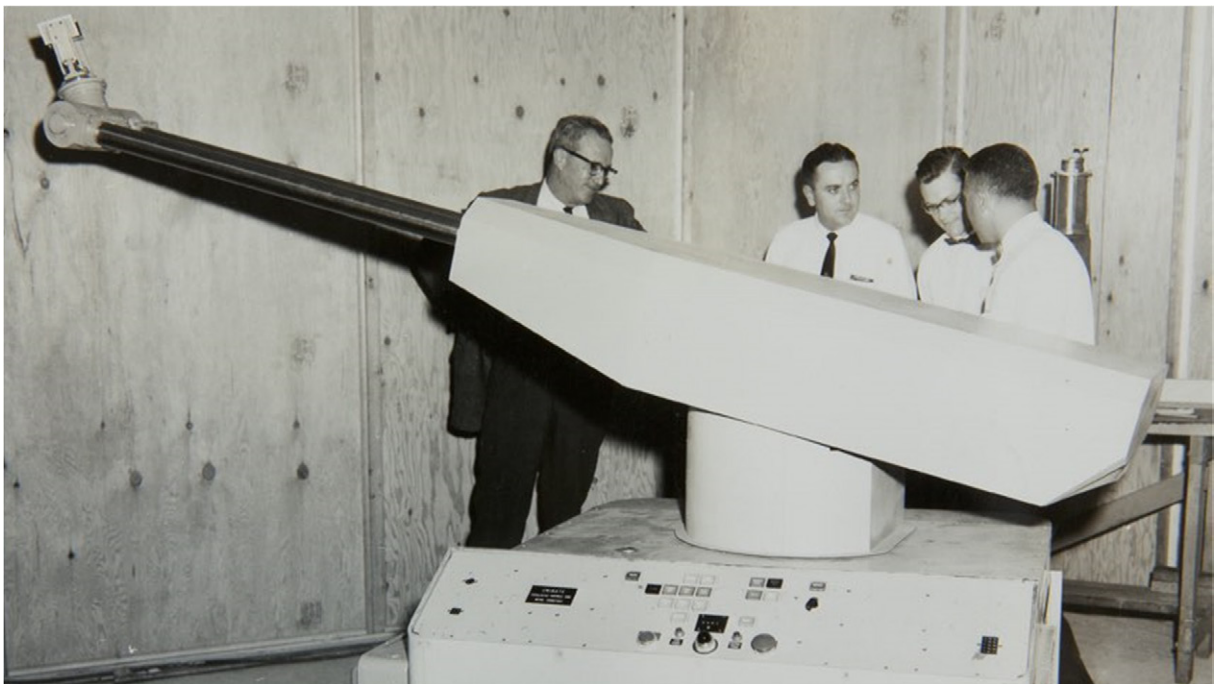
- R&D Project Manager in der R&D-Abteilung von Siemens Parcel Logistics
  - Projektleitung: Modularisierung & Standardisierung | Forschungsk Kooperationen
  - Experte für »Digital Twins«
- Motto: „Umgib dich mit den Menschen, die dich mögen und deine Werte zu schätzen wissen. Bleibe nicht an einem Ort, wo man deine Werte nicht sieht.“



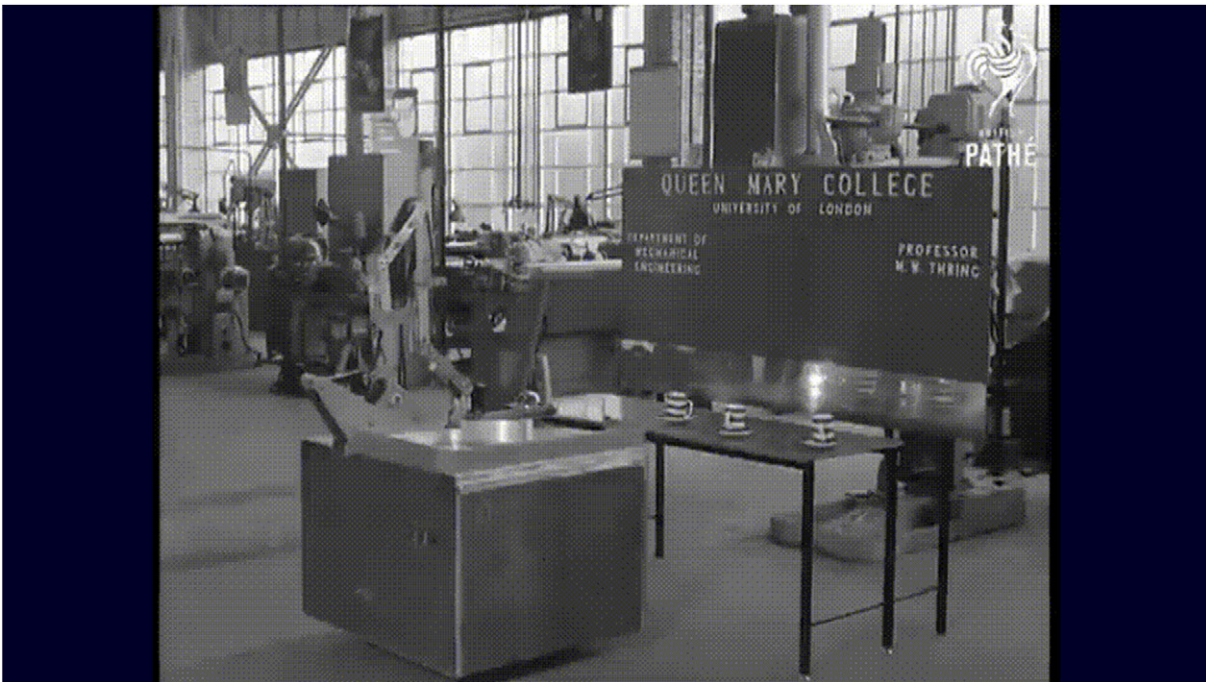
## VarioPick @ Die Schweizerische Post

Einsatz von Robotern für das »Culling« von Kleinsendungen

SIEMENS



- Erster industrieller Roboter „Unimate“
  - 1961: Patent „Programmed article transfer“, eingereicht von George C. Devol
  - 1962: Einsatz in der Druckguss-Fertigung von General Motors, realisiert von George C. Devol zusammen mit Joseph F. Engelberger („Vater der Robotik“)
  - Quelle:  
[https://robotics.kawasaki.com/en1/anniversary/history/history\\_01.html](https://robotics.kawasaki.com/en1/anniversary/history/history_01.html)



- Roboter zum Abräumen von Tischen
  - entworfen und gebaut von der technischen Abteilung des Queen Mary Colleges (University of London) im Jahr 1969
  - Quelle:  
[https://www.reddit.com/r/mechanical\\_gifs/comments/movkec/tableclearing\\_robot\\_designed\\_and\\_built\\_by\\_the/](https://www.reddit.com/r/mechanical_gifs/comments/movkec/tableclearing_robot_designed_and_built_by_the/)

2022 ist unsere Welt nicht mehr ohne Roboter denkbar!



Sortierung [1]

(De-)Palettierung [2]

Ein-/ Auslagerung [3]

Automotive Manufacturing [4]

Entladung/ Beladung von Verkehrsmitteln [5]

Seite 5 Frei verwendbar | © Siemens Parcel Logistics 2022 | Prims | R&D | 2022-05-24

**SIEMENS**

- Bildnachweise:

- [1] <https://www.dhl.com/us-en/home/press/press-archive/2021/dhl-express-maximizes-productivity-amid-record-volumes-with-robotics-at-its-miami-service-center.html>
- [2] <https://interestingengineering.com/boston-dynamics-releases-video-of-handle-a-new-warehouse-work-robot>
- [3] <https://new.abb.com/products/robotics/de/anwendungen-nach-industriezweigen/intralogistik>
- [4] <https://www.kuka.com/de-de/branchen/automobilindustrie>
- [5] <https://www.iotworldtoday.com/2022/03/30/boston-dynamics-makes-its-stretch-robot-commercially-available/>

# Siemens Parcel Logistics

... und der neue Eigentümer Körber

Seite 5 Frei verwendbar | © Siemens Parcel Logistics 2022 | Prims | R&D | 2022-05-24

SIEMENS

- Website-Link: <https://www.siemens-logistics.com/de/paketlogistik>

## Neuer Eigentümer für Siemens Parcel Logistics

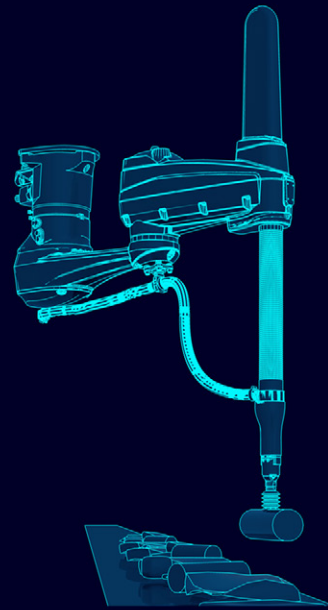
<p>PAKETLOGISTIK</p> <h3>Neuer strategischer Eigentümer für das Post- und Paketgeschäft von Siemens Logistics</h3> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Siemens setzt die Fokussierung seines Portfolios als Technologieunternehmen fort</li><li>■ Kaufpreis beträgt 1,15 Milliarden Euro, Abschluss der Transaktion im Laufe dieses Kalenderjahres erwartet</li><li>■ Verkauf an internationalen Technologiekonzern Körber vereinbart</li><li>■ Das Post- und Paketgeschäft erweitert das Portfolio von Körber ideal und soll als Geschäftsbereich das bestehende Supply-Chain-Geschäft ergänzen</li><li>■ Flughafen-Logistikgeschäft weiterhin Teil der Portfolio-Firmen von Siemens</li></ul>	<p>VON SIEMENS LOGISTICS ZU KÖRBER</p> <h3>Größter Zukauf aller Zeiten: So baut Körber einen deutschen E-Commerce-Champion</h3> <p>von Nils Wischmayer 15. Februar 2022</p> 
---	--

Seite 6 Frei verwendbar | © Siemens Parcel Logistics 2022 | Prims | R&D | 2022-05-24

SIEMENS

- Quelle: <https://www.wiwo.de/unternehmen/mittelstand/von-siemens-logistics-zu-koerber-groesster-zukauf-aller-zeiten-so-baut-koerber-einen-deutschen-e-commerce-champion-/28068304.html>

# VarioPick



Unser neuestes „Familien-Mitglied“

Seite 7 Frei verwendbar | © Siemens Parcel Logistics 2022 | Prims | R&D | 2022-05-24

SIEMENS

- Website-Link: <https://www.siemens-logistics.com/de/paketlogistik/paketloesungen/picking-variopick>

## Funktionsumfang VarioPick

### Anwendung

- ✓ Erkennen und **Aussortieren** von **nicht-maschinenfähigen** Sendungen bis zu – derzeit noch – **1,5 kg** aus einem **Schüttgutstrom** (»Culling«)

### USPs

- ✓ **Sortierleistung** bis zu **3.600 Stück pro Stunde** bei einer **Fördergeschwindigkeit** von bis zu **1,0 m/s**
- ✓ **Schnelles AI-basiertes Bildverarbeitungssystem**: < 250 ms Latenzzeit

### Benefits

- ✓ **Automatisierungslösung** für das arbeitsintensive Aussortieren von nicht maschinell verarbeitbaren Kleinsendungen
- ✓ **Geringer Platzbedarf** für »Greenfield«- und »Brownfield«-Anwendungen (**nachrüstbare** Lösung)
- ✓ **Skalierbare Lösung** in Abhängigkeit von den »Culling«-Anforderungen
- ✓ **Plug&Play-Lösung** für eine **einfache Installation** unabhängig von der HUB-IT ermöglicht eine **Installationszeit** von **< 1 Tag**



Seite 8 Frei verwendbar | © Siemens Parcel Logistics 2022 | Prims | R&D | 2022-05-24

SIEMENS


# »Culling« @ Die Schweizerische Post

Aussortieren von nicht-maschinenfähigen Kleinsendungen


Seite 10 Frei verwendbar | © Siemens Parcel Logistics 2022 | Prims | R&D | 2022-05-24


SIEMENS

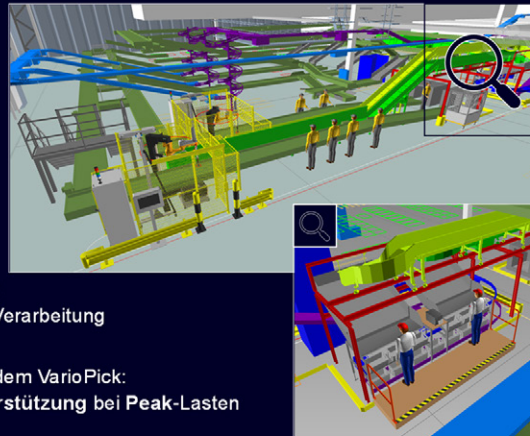
## Use-Case »Culling« @ Die Schweizerische Post

-  Aussortieren von nicht-maschinenfähigen Sendungen, die im Folgeprozess nicht verarbeitet werden können:
- forminstabile Sendungen
  - Sendungen mit „schwimmendem“ Inhalt
  - rollende Sendungen

-  Einsatz von 2 Robotern – 1 Roboter pro Förderstrecke
- Zuführung der Sendungen als Pulk (2D bzw. 3D)
  - Fördergeschwindigkeit: 0,7 m/s
  - Pick-Rate von jeweils 3.600 Sendungen pro Stunde

-  Manuelle Weiterverarbeitung der aussortierten Sendungen:  
Abfüllen in Briefbehälter zur Weiterleitung in die manuelle Verarbeitung

-  Zusätzliche Entnahmepositionen mit Bedienkräften hinter dem VarioPick:  
Entnahme von Sendungen die nicht gepickt wurden & Unterstützung bei Peak-Lasten



Seite 11 Frei verwendbar | © Siemens Parcel Logistics 2022 | Prims | R&D | 2022-05-24

SIEMENS



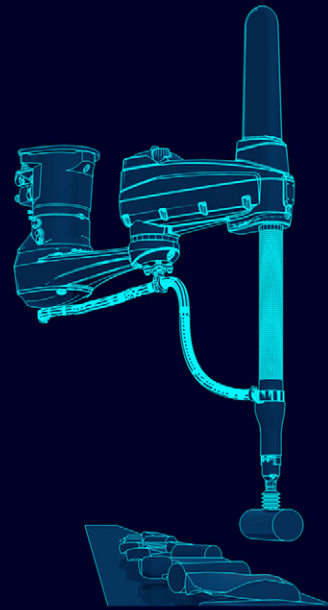
# I Kontakt

Siemens Parcel Logistics GmbH

**Dr.-Ing. Domenik Prims**  
R&D Project Manager

Lilienthalstraße 16/18  
78467 Konstanz  
Deutschland

E-Mail [domenik.primis@siemens-logistics.com](mailto:domenik.primis@siemens-logistics.com)  
[www.siemens-logistics.com](http://www.siemens-logistics.com)









# **Die Intralogistik im Wandel Modulare und mobile Einheiten im Einsatz**

Peter Totz

## Peter Totz

- Head of Business Development, Products & Equipment bei SSI Schäfer



## Die Intralogistik im Wandel

Modulare und mobile Einheiten im Einsatz  
 Peter Totz / 23.5.2022



*Think Tomorrow.*

© 2020 SSI SCHÄFER Thema Name

01.08.2022

### Bauchladen

- Fachbodenregale
- Kollidurchlaufregale
- Palettenregale
- Palettendurchlaufregale
- Kragarmregale
- Verschieberegale
- Behälter & KLT
- Konstruktivverpackung
- Lagerlifte
- Pick-by-Light
- Put-to-Light
- AGV
- AMR
- Moving Robots
- Krickarmroboter
- Portalroboter
- Kleinteilefördertechnik
- Palettenfördertechnik
- Kleinteilekommissionierstationen

Low Automation



High Automation brings even more ...

© 2020 SSI SCHÄFER Topic Name

13.08.2022



As SSI Schaefer, we embrace the future.  
 What we already started to do:

- Predictive Maintenance in CSS
- Investigate into augmented reality for professional guidance during maintenance

## Semi-Automation

What does Semi-Automation mean?

Explanation of terms:

- Semi-automated systems consists predominantly of (highly) standardised components arranged in a wide range of manners.
- These components lay the base for the modular structure
- On behalf of the standardisation, semi-automated systems can be deployed flexible and scalable
- Minimize the risk of our customers on changes in their future business and guarantee resilience!



Sources: [viaStore, LogisticsIQ Research](#)

**Level 3: Semi-automated Installations**

The goal in Level 3 type of installations is to reduce warehouse staff by as much as 25-50% while minimizing travel time, errors to person SKU deliveries, and gain greater storage density and by leveraging a new or existing building's footprint. Such type of automation requires highly specialised technologies and equipment such as:

- High-density automated storage and retrieval systems (AS/RS)
- Conveyor and sortation
- Warehouse control software (WCS) to connect equipment and direct its operation in line with the WMS

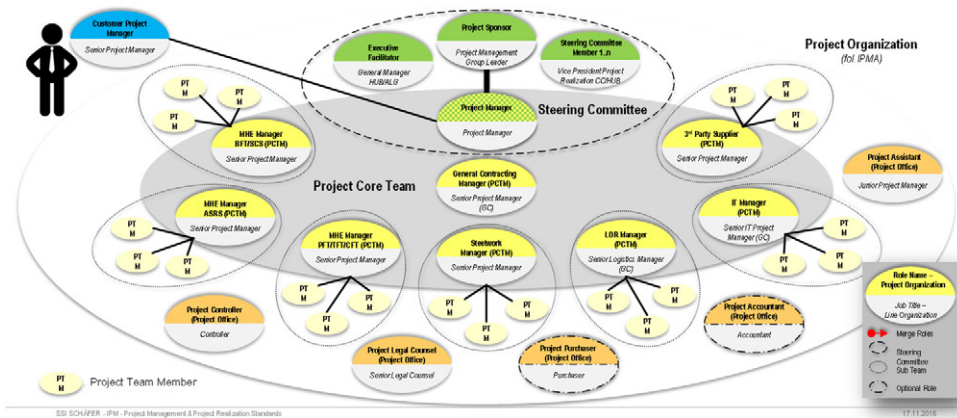
In addition to this, this level of automation requires significant redesign in the layout and workflow of the existing warehouse in case of brownfield facility or a systems design stage in case of greenfield developments. Before implementing such projects, it is important to figure out how to match the right automation technology to the specific challenges of a specific operation. Key areas for evaluation are:

- Number of pallets received per day
- Number of cases picked or shipped per day
- Number of orders picked per shift
- Number of lines per order
- Inventory accuracy

Costs can range from \$5 million and \$15 million, depending on the area, volume of goods and the type of goods stored. Payback on semi-automated solutions tends to be in the 3-4 year range for ROI.

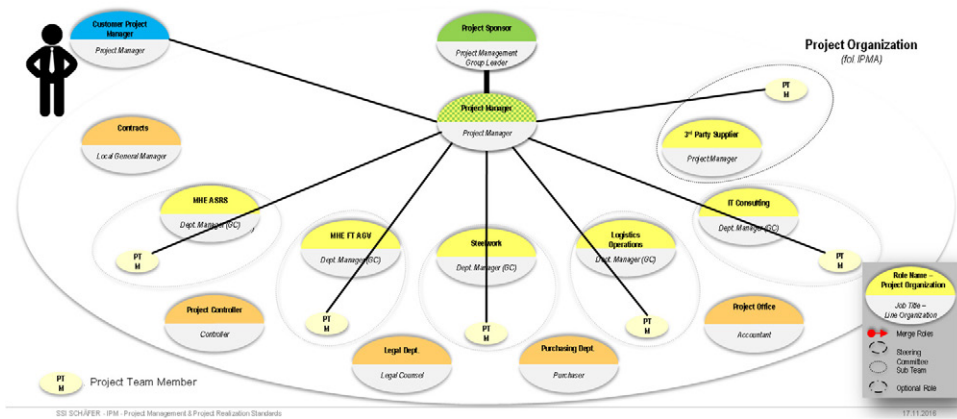
## IPM Project Organization | A+ Projects

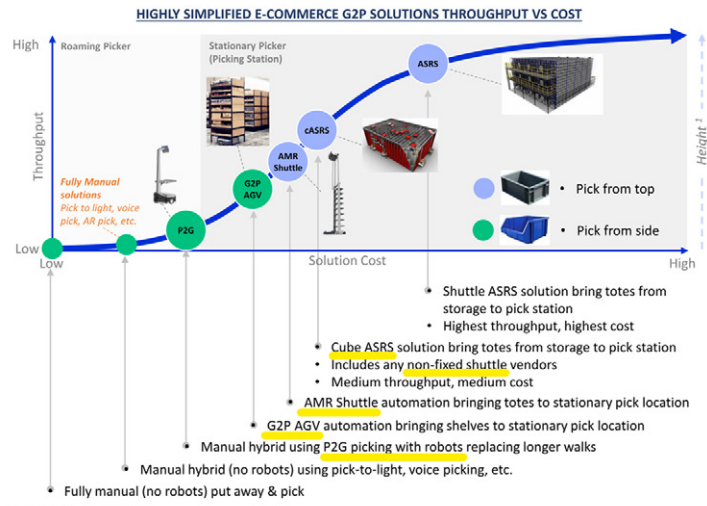
„full blown“ Projektstruktur für die Hochautomation



## IPM Project Organization | C Projects

Vereinfachte Projektstruktur für die Semi-Automatation

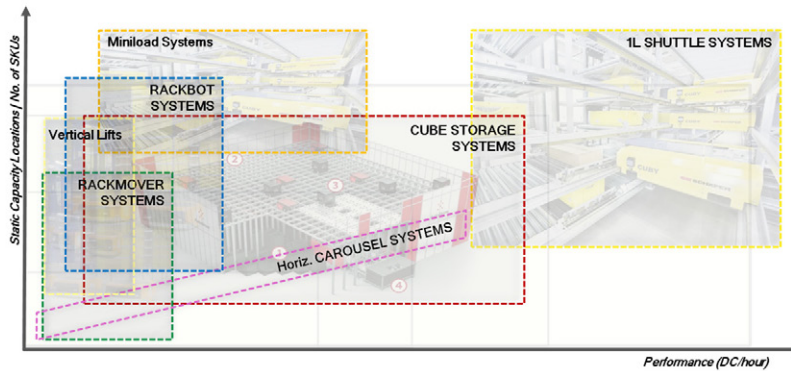


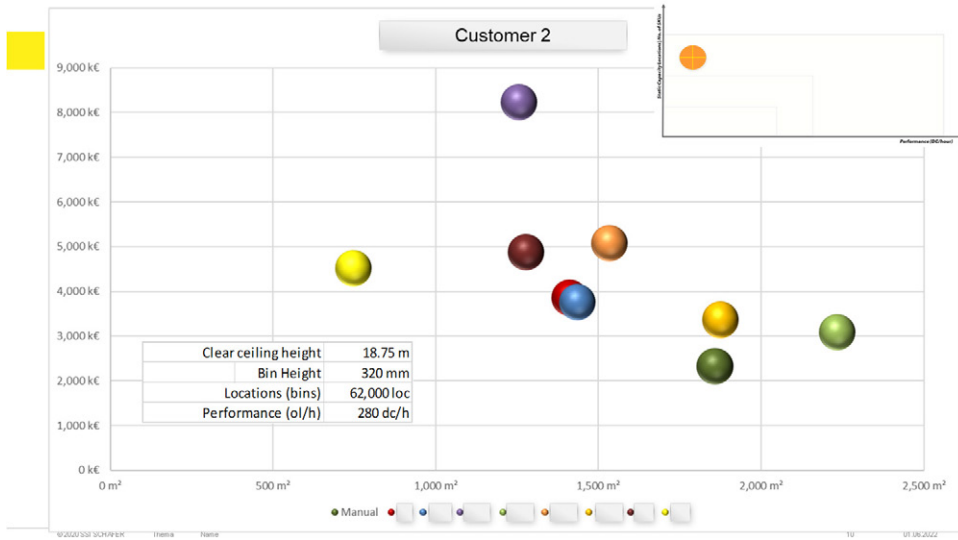
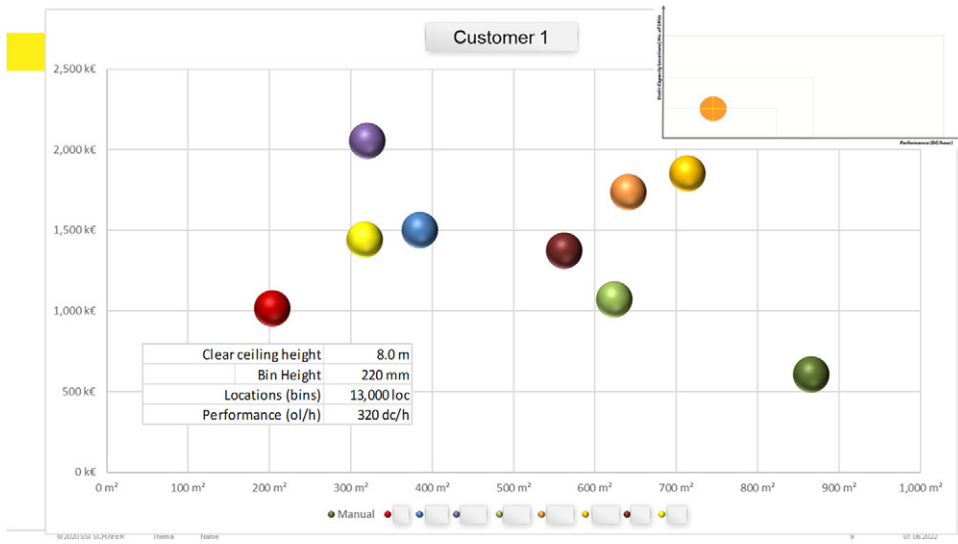


Maintenance, Repair & Overhaul (MRO) in der Luftfahrtindustrie  
 Maintenance, Repair and Operations - Wikipedia



**AS/RS Systems**  
 Sweetspots









**Lagerlift System „Logimat“**



## Machine Group



© 2018 SS SCHNEIDER Logimat V1.32 Büro Steiner

13 01.06.2022

## Endprodukt- & Ersatzteilelager

Ursprüngliche Planung

### Thema Platzmangel:

#### Ursprüngliche Planung

- Ersatzteile und
- C-Produkte

In einer Fachbodenanlage auf einer Bühne über dem Langgutlager

Transport zur Einlagerung hinauf und nach der Kommissionierung zur Auslagerung hinunter

Brandschutztechnisch zusätzliche Fluchtwege

Budgetpreis Variante FB+Bühne:  
340 k€ + 660 k€ = ~ 1 Mio. €



© 2020 SS SCHNEIDER Thema Name

14 01.06.2022

## Endprodukt- & Ersatzteilelager

Erfolgreiche Lösung

**Thema Platzmangel:**

**Gewählte Lösung**

- Ersatzteile und
- C-Produkte

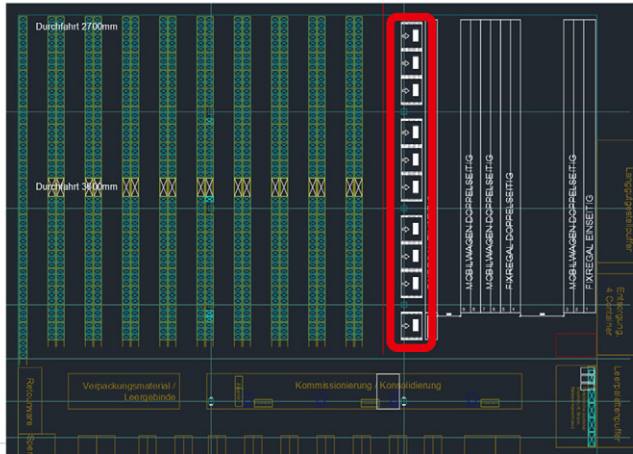
Aufgeräumt und teilautomatisiert in Lagerliften "Logimat".

Arbeit auf gleicher Ebene wie alle anderen Lagerteile.

Erleichterte Übergabe

Einfach zu installierender Brandschutz

Budgetpreis 10 Lagerlifte ohne SW Anpassung ~650 k€



© 2020 SSI SCHÄFER Thema Name

## Copyright

© 2020 SSI SCHÄFER, alle Rechte vorbehalten

Diese Veröffentlichung darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung von SSI SCHÄFER weder vervielfältigt, noch weitergeleitet, noch in einem Datenabfragesystem gespeichert werden; das beinhaltet, wenn auch nicht ausschließlich, Schriftstücke, Druck, Lochkarten, Filme, Mikrofilme oder Mikrofilme, Tonbänder oder CDs oder jede andere Form elektronischer Medien einschließlich optisch lesbare Tonbänder oder CDs, Laser CDs und jede andere Form der elektronischen Speicherung.

Offenbarte Gegenstände und/oder Konzepte der vorliegenden Dokumentation sind oder werden noch durch gewerbliche Schutzrechte geschützt.









# **Smart Production** ***Verzahnung von Intralogistik und*** ***Produktion mittels autonomer*** ***Transportroboter***

Dr. Valentin Mader



Dr.  
**Valentin Mader**

- KNAPP Industry Solutions
- Sales/Engineering
- Motto: „Für das Können gibt es nur einen Beweis: das Tun.“



# Smart Production

Verzahnung von Intralogistik und Produktion mittels autonomer Transportroboter

knapp.com | internal

## Es bleibt spannend: Herausforderungen in der Produktionslogistik



Leistungssteigerung auf eingeschränkter Fläche  
 Lot-Size-1 / Just-In-Sequence  
 Flexible Anordnungen in Produktionsbereich  
 Insourcing  
 Mangel an gut ausgebildeten Mitarbeiter\*innen

### Konkrete Anwendung: MAGNA Mirrors

Voll-Automatisches Lagersystem in Assemblierung und Endkontrolle  
 Direktanbindung der Produktion

Direktanbindung für Spiegel inkl. Sensoren  
 Versorgen der Produktion mit Leerbehältern

Just-in-Sequence-Kommissionierung nach Ware-zu-Person Prinzip  
 Spiegel inkl. Sensoren + Lackteile, links und rechts  
 Produktionsreihenfolge der Endprodukte



Symbolbild - google.com

knapp.com | internal

Die Herausforderungen in der Produktionslogistik sind immer wieder dieselben. Und doch müssen die Unternehmen immer wieder neue Antworten auf diese Herausforderungen finden

- Leistungssteigerung auf eingeschränkter Fläche – In der Produktion ist die Konkurrenz um Fläche eine viel größere als beispielsweise in der Distributionslogistik. Warum soll ein CEO auf eine Fläche für nicht-wertschöpfende Lagerfläche widmen, wenn auf derselben Fläche eine Maschine Wert schöpfen würde? Weiters muss die Leistungssteigerung der Logistik oft in den existierenden Lokalitäten erfolgen.



- Lot-Size-1/Just in Sequence – Der Bedarf nach individualisierten Produkten erfordert von der Logistik die Möglichkeit, quasi jedes Produkt in einer minimalen Losgröße zu produzieren, zu Kosten einer Massenfertigung. Beispiele sind z.B. die Automobilindustrie oder die Uhrenfertigung.
- Flexible Anordnungen im Produktionsbereich – Kurzfristige Änderungen der Modelle und eine möglichst schnelle Reaktion auf Markbedürfnisse erfordern möglichst viele Freiheitsgrade im Gestalten des Produktionsbereichs. Dies steht prinzipiell einer Automatisierung entgegen, welche strikte Abläufe und Standardisierung erfordert.
- Mangel an gut ausgebildeten Mitarbeitern – durch den Mitarbeitermangel müssen die Ressourcen möglichst effizient eingesetzt werden. Alle nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten, z.B. Transporte, müssen reduziert werden.

Für eine Anwendung im Automotivebereich (Seiten Spiegelproduktion) wurde von KNAPP eine Lagerautomatisierung mit Direktanbindung an die Produktion realisiert. Es werden sowohl eigene Halbfertigteile (Lackteile, Spiegel inkl. Sensorik) sowie Zukaufsteile eingelagert. Die Produktion der Halbfertigteile (Spiegel) ist direkt angebunden zum Abtransport der Halbfertigteile aber auch zur Versorgung der Produktion mit Leerbehältern.

Die Halbfertigteile werden dann in einem JIS Verfahren an einem Arbeitsplatz angedient, wo diese Kommissioniert, geprüft, assembliert und dann Versandfertig gemacht werden

## Lösung via Kombination von OSR Shuttle EVO und Open Shuttles



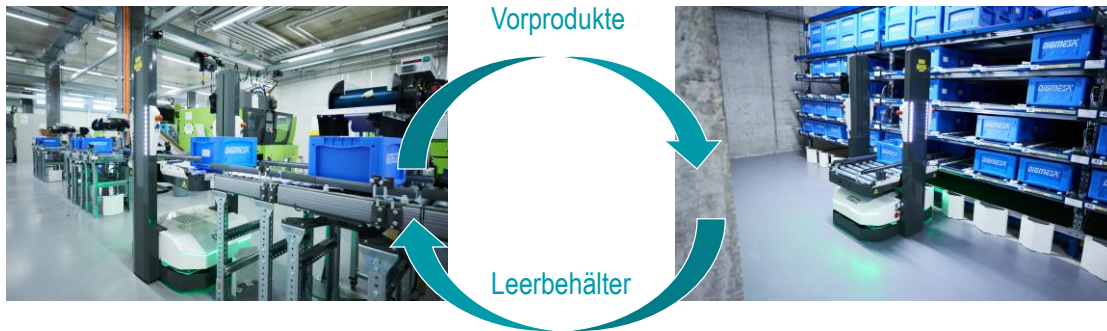
### Lösung für Automotive Zulieferer für Seitenspiegel

Voll-automatisches hoch performantes Lagersystem mit 2 Gassen OSR Shuttle EVO 1D, mit 2 Gassen, je 31 Ebenen, in Summe 20.367 Behälterstellplätze (600x400mm Basis) und 1.310 DS/h Leistung bei 100% Sequenz. In diesem Lagersystem werden alle Flüsse aus der internen Produktion sowie von externen Lieferanten aufgenommen. Von diesem Lagersystem werden im Ware-zu-Person Verfahren 4 Pick-It-Easy Flex Arbeitsplätze bedient, an welchen die Kommissionierung in 100% Sequenz erfolgt. Danach erfolgt die Assemblierung der Seitenspiegel (je 2 Teile, Spiegel + Sensorik und Lackteil), die Endkontrolle und Versandbereitstellung in Transportgebinden. Diese Transportgebinde gehen dann ohne weitere Umsortierung an das Produktionsband der OEMs.

Die Verzahnung mit der eigenen Produktion der Spiegelinnenteile erfolgt mittels 6 KNAPP Open Shuttles. Diese Open Shuttles verbinden das Lagersystem mit den Take-Off/Drop-Off stellen im Produktionsbereich. Sie bringen Leerbehälter vom OSR Shuttle zum Montagebereich und nehmen die Halbfertigprodukte von der Produktion mit ins Lagersystem.

In regelmäßigen Abständen (z.B. Quartalsweise) erfolgen Modellumstellungen in der Produktion. Dies hat Anpassungen im Bereich der Produktion zur Folge. Durch die Möglichkeit, die Drop-off/Take-Off frei zu verschieben behält der Kunde die Freiheit, seine Produktion optimal anzuordnen. Weiters wird dennoch jeder Transport zwischen dem Montagebereich und dem OSR Shuttle durch die Open Shuttles automatisiert. Im Falle von Stetigförderern müssten in der Produktion zusätzliche manuelle Transporte eingeführt werden um eventuell entstehende räumliche Distanzen zu überbrücken.

## DIGMESA: Verzahnung von Produktionsschritten mit Open Shuttles



Abtransport von Vorprodukten, Andienen von Leerbehältern  
 6 Spritzgussmaschinen  
 Einlagern in KANBAN-DLR als Arbeitsvorrat für nächsten Produktionsschritt  
 24/7 Betrieb  
<https://www.youtube.com/watch?v=1GSInHuBwBk> [„KNAPP – Digmesa“]

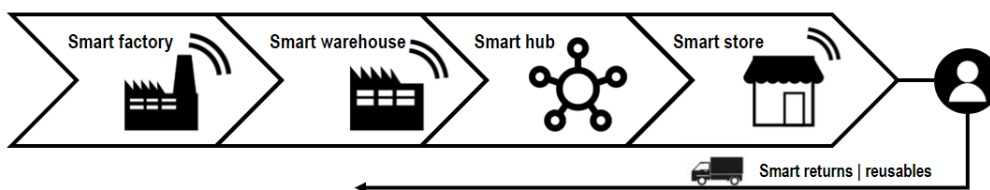
knapp.com | internal

### Lösung bei DIGMESA, Ipsach, Schweiz

DIGMESA stellt Durchflussmessgeräte für Kaffeemaschinen her. Ein zentrales Bauteil dieser Messgeräte wird von Spritzgussmaschinen hergestellt. Damit sich die vorhandenen Mitarbeiter besser auf Ihre Kernaufgaben konzentrieren können werden mit der KNAPP Installation manuelle Transporte auf ein Minimum reduziert.

Das KNAPP Open Shuttle sorgt immer dafür, dass jede Spritzgussmaschine mindestens einen leeren Behälter auf Vorrat besitzt. Weiters werden volle Behälter abgeholt und in einem Durchlaufregal in einen entsprechenden Kanal eingelagert. Dieses DLR dient als Arbeitsvorrat für den nächsten, manuellen Produktionsschritt.

## KNAPP – Value Chain Tech Partner



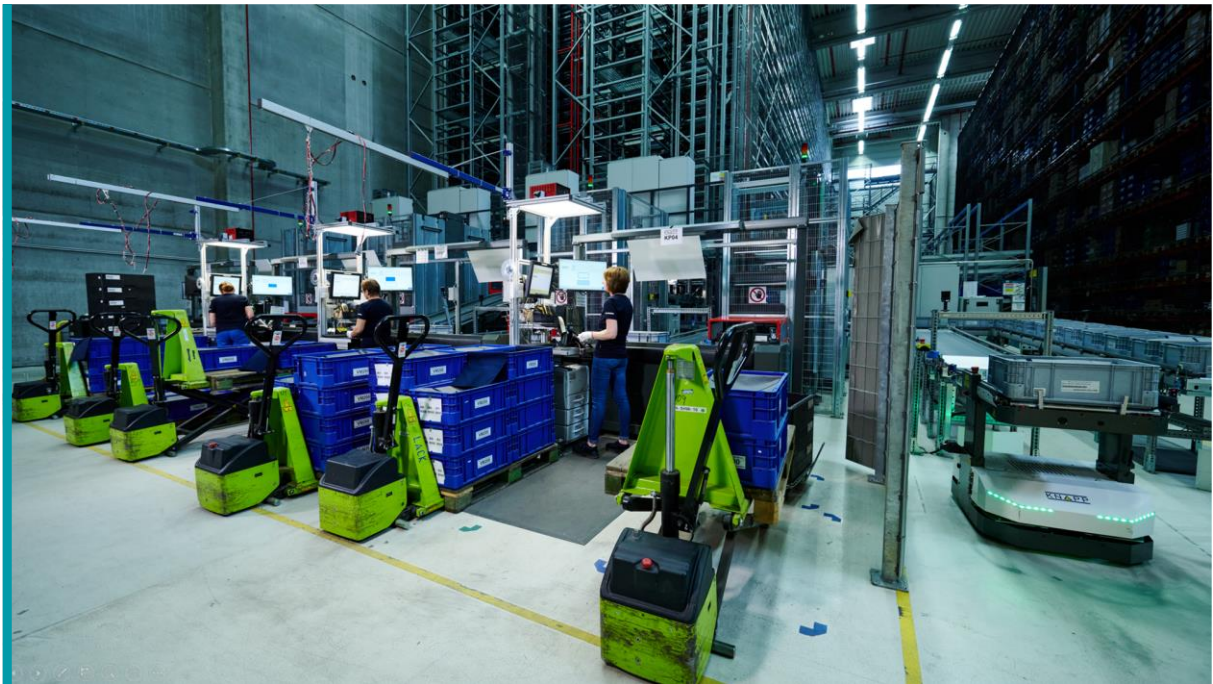
KNAPP versteht sich als **Value Chain Tech Partner**. Wir helfen unseren Partnern Ihre Herausforderungen zu lösen und erfolgreich zu sein.

Hierfür entwickelt KNAPP neue Technologien und kombiniert existierende Technologien auf neue Weise.

Die Verknüpfung von autonomen Transportrobotern und Lagerautomatisierung hilft unseren Partnern durch Automatisierung **Effizienz zu steigern** und dabei **Flexibilität zu wahren**.

knapp.com | internal

**KNAPP ist der VALUE CHAIN TECH PARTNER der Industrie.**







# **Produktionsversorgung, platzsparend und zuverlässig**

Florian Sattler



## Florian Sattler

- AutoStore System AT GmbH
- Business Development Manager – DACH & C E E
- Motto: „No Risk – No Fun“

AutoStore

# Produktionsversorgung, platzsparend und zuverlässig

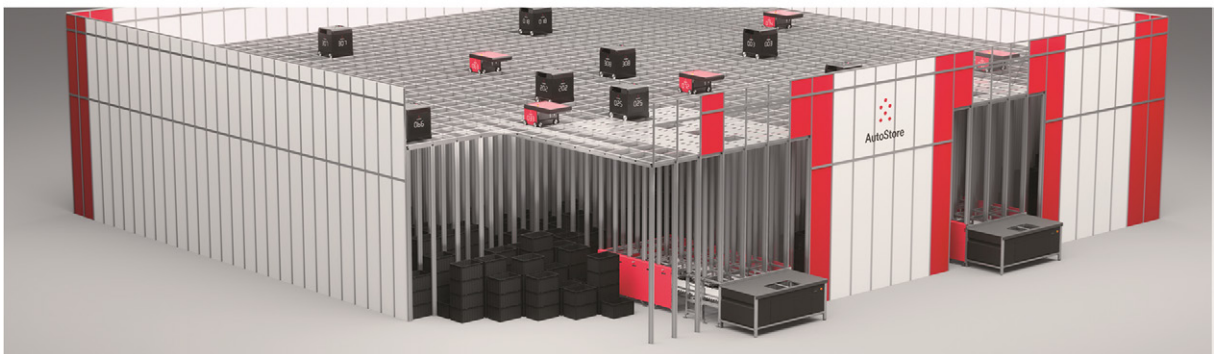
Lagerautomatisierung mit AutoStore

Florian Sattler  
Business Development Manager D / A / CH & CEE

© All rights reserved AutoStore Technologies AS. AutoStore Technologies AS is the sole owner of the content of this document and related intellectual property, including, but not limited to design, patent and trademarks.

1 autostoresystem.com

## Was ist AutoStore?



**“Ware zur Person Kommissionierung, Cube Storage Lösung mit bester Raumnutzung und hoher Mitarbeiter Produktivität”**



## 1990 ...

In den 90er Jahren waren wir der größte Großhändler elektrischer Komponenten in Nordeuropa. Wir haben ein großes neues Lager gebaut, aber es war innerhalb des ersten Monats bereits überfüllt. Anstatt ein weiteres Lager zu bauen, hatte der technische Direktor Ingvar Hognaland eine Idee.



Zu viel Luft ...



Die Lagerung sollte  
viel einfacher sein ...



Ware zur Person ...

### Zu viel Luft:

Warum alles wie Dominosteine aufbewahren, wenn wir es wie einen Zauberwürfel aufbewahren könnten?

Die Luft zwischen den Regalen ist teuer und verschwenderisch.

### Einfachere Lagerung:

Die Lagerverwaltung ist unnötig komplex mit ständig langwierigen und ineffizienten Bewegungen.

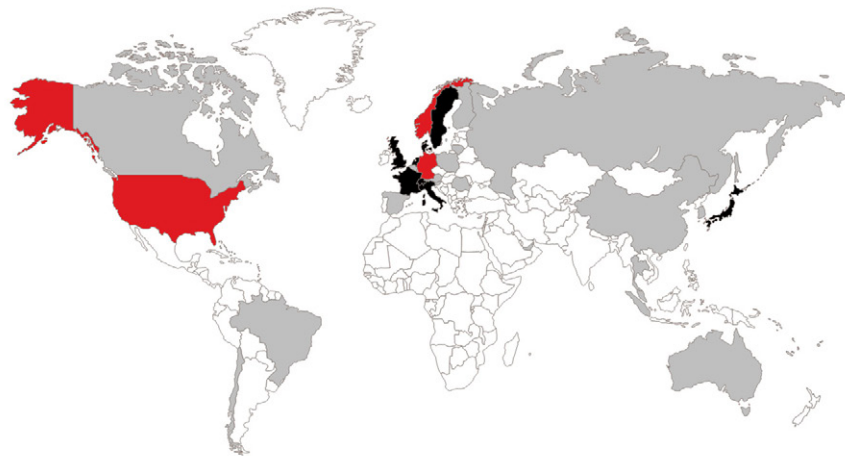
Das Nachfüllen sollte einfach und vom System selbst gesteuert werden, anstatt dass Menschen Platz im Regal finden.

### Ware zur Person:

Das Materialhandling könnte einen enormen Produktivitätsgewinn haben, wenn die Lagerarbeiter bessere Werkzeuge erhalten und die Waren zu den Kommissionierern kommen, anstatt dass die Kommissionierer die Waren suchen müssen.



Derzeit gibt es über 850 AutoStore™ Systeme in 45 Ländern



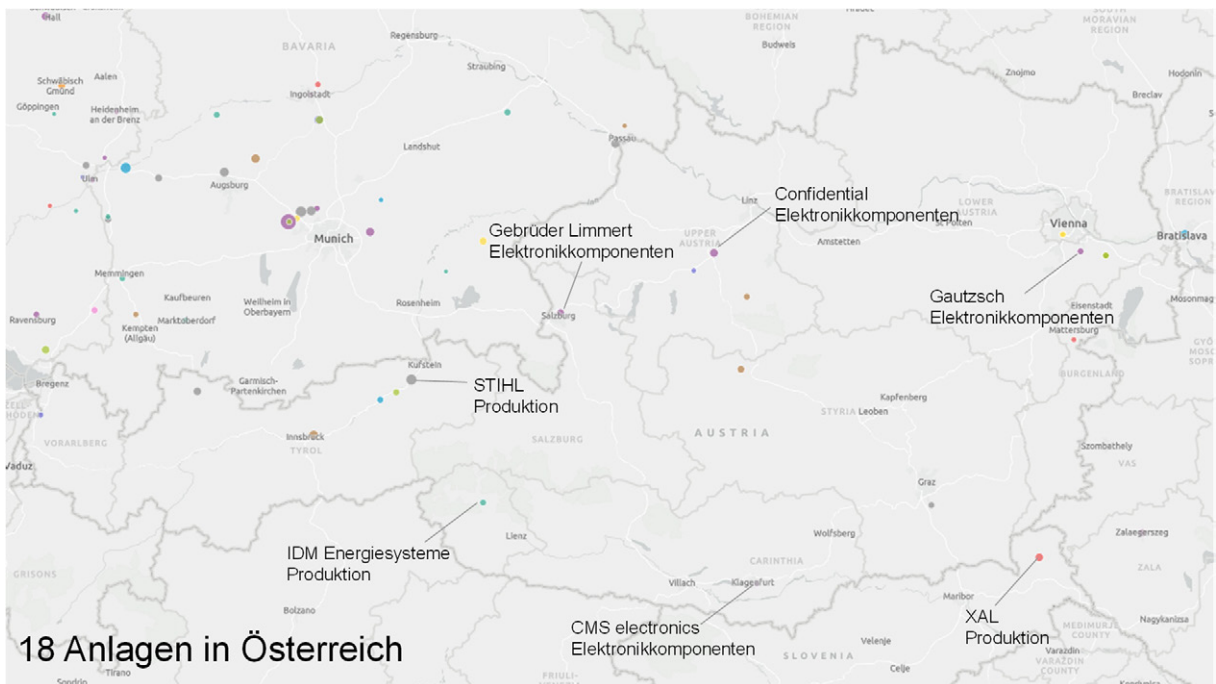
Anzahl der Systeme

- 1 – 9
- 10 – 39
- > 40

AutoStore

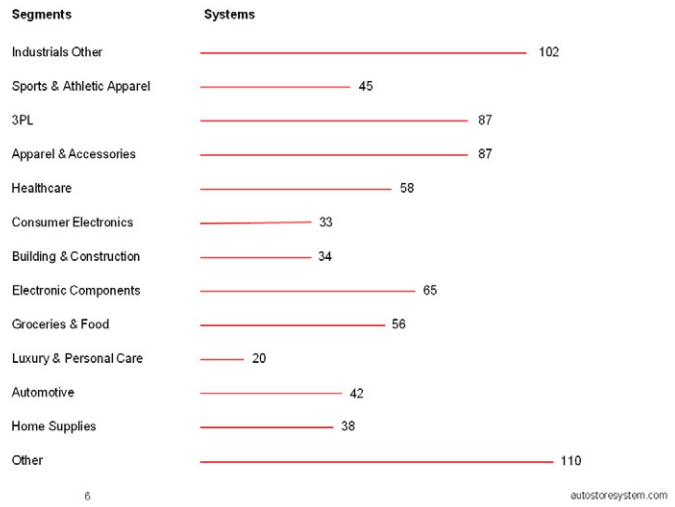
4

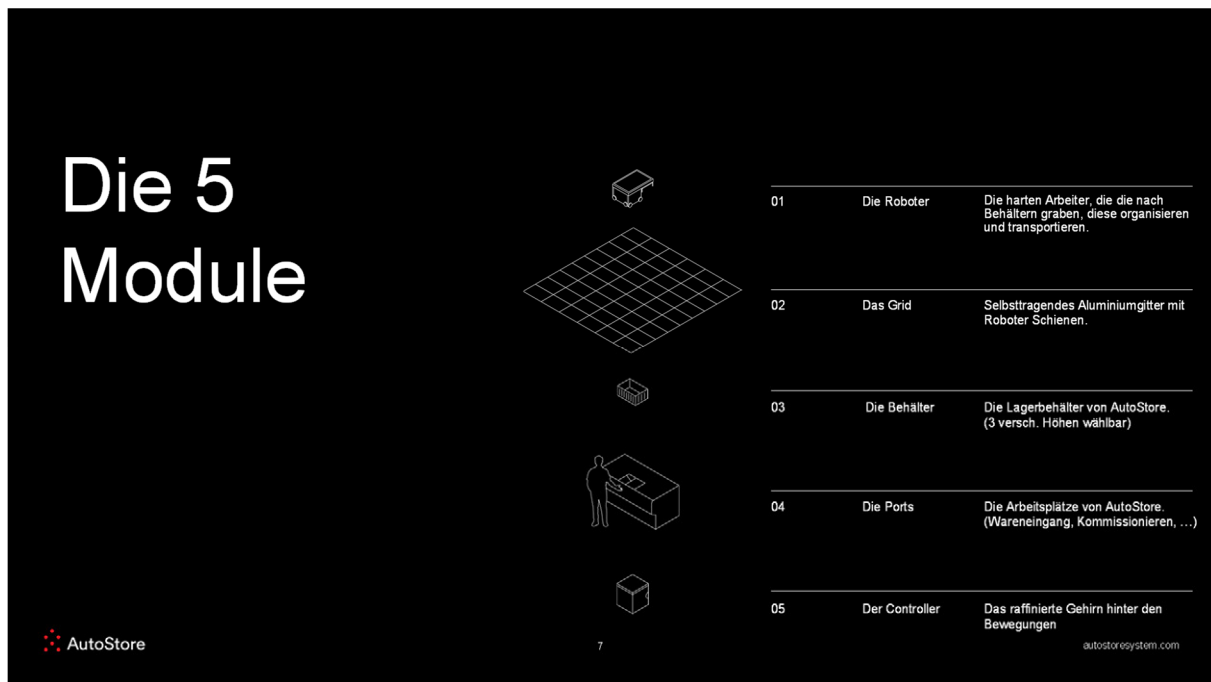
autostoresystem.com



18 Anlagen in Österreich

## Sites by Sector





Das AutoStore System setzt sich aus 5 Modulen zusammen.

Diese Module haben verschiedene Variationen – dennoch sind alle AutoStore Komponenten standardisiert.

Durch die flexible Zusammensetzung der einzelnen Module kann auf individuelle Kundenanforderungen eingegangen werden.

Die Roboter sind Hauptverantwortlich für die Leistung des Systems. Einerseits sind sie für die Lagerung der Behälter verantwortlich, andererseits aber auch für die Vorbereitung sowie die Andienung der Behälter an die Ports. Durch eine Simulation unter Betrachtung der Kundendaten wird die genaue Anzahl an Robotern, die für die geförderte Leistung benötigt werden, analysiert.

Das Grid dient einerseits als Fahrschiene für die Roboter und andererseits dazu, die Behälter bzw. die Behälterstapel in Position zu halten. Da die Behälter direkt auf dem Boden stehen, ist die Belastung des Bodens durch das AutoStore System verschwindend gering.

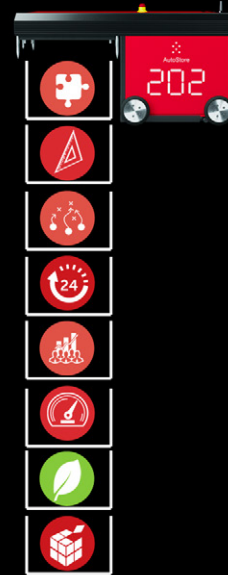
Die Behälter gibt es in der Größe 650 x 450, in 3 verschiedenen Höhen (220 mm, 330 mm und 425 mm). Die Behälter können bis zu 32-mal unterteilt werden. Die maximale Zuladung beträgt 30 kg.

Die Arbeitsplätze, oder Ports sind die Verbindung zwischen dem AutoStore und dem Mitarbeiter. Je nach Prozessen und Anforderungen gibt es verschiedene Port Varianten.

Der Controller ist das Gehirn des gesamten Systems. Er überwacht einerseits die Positionen aller Behälter und navigiert andererseits sämtliche Roboter auf dem Grid. Der Controller ist die einzige Verbindung zum übergeordneten Lagerverwaltungssystem.

## Das System für die Produktionslogistik

- Integration in bestehende Hallen und Systeme
- Platzsparende Lagerung
- Einfache Sequenzierung
- Kein "Single Point of Failure"
- Effizienzsteigerung bestehender Mitarbeiter
- Verfügbarkeit von 99,5 %
- Geringer Energieverbrauch
- Einfache Skalierbarkeit und Erweiterung

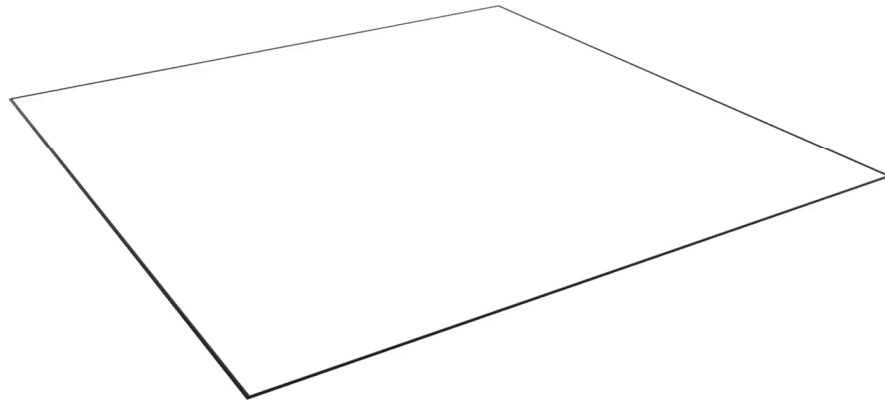


AutoStore

8

autostoresystem.com

- AutoStore ist das schnellste Behälterlagersystem pro Quadratmeter. Das heißt kein anderes automatisiertes System bringt auf derselben Fläche denselben Durchsatz von Ware zustande.
- Durch einheitlich gestapelte Behälter und die Vermeidung von Zwischenräumen wird der verfügbare Raum effizient genutzt.
- Da ausschließlich die Roboter für die Andienung der Behälter am Arbeitsplatz zuständig sind und es dazwischen keinen Buffer gibt, kann das System sehr gut Sequenzierungen umsetzen.
- Die Investitionskosten sind vergleichsweise gering, und auch die Möglichkeit der Erweiterung während des laufenden Betriebs sichert ein zukunftsorientiertes und nachhaltiges Wachstum.
- Über alle Installationen die aktuell in Betrieb sind messen wir eine 99,5% Verfügbarkeit des Systems. Das ist vor allem dem „No-Single-Point-of-Failure“ Prinzip des Systems zu verdanken.
- Ebenso generieren wir auch am Arbeitsplatz eine Effizienzsteigerung, da wir Handling Prozesse / Kommissionierprozesse vereinfachen, und Fehlerquellen reduzieren.



Im Vergleich zu einem statischen Regal, kann die benötigte Lagerfläche auf bis zu ein Viertel reduziert werden.

## AutoStore™ Track Record

Bandbreite an Systemgrößen

### Roboter

Kleinstes	Durchschnitt	Größtes
1	38	324

### Behälter




Kleinstes	Durchschnitt	Größtes
498	35 K	632 K

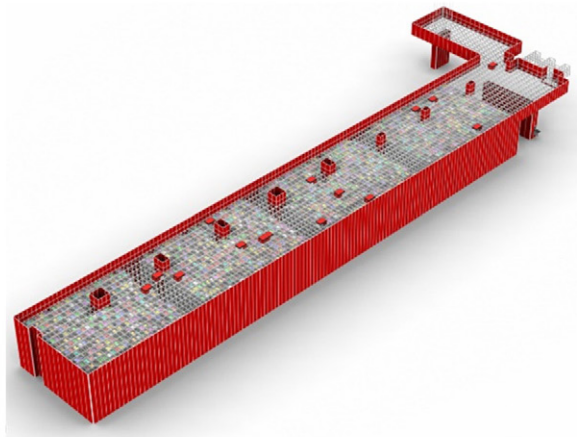


Das AutoStore System ist sehr skalierbar. Das zeigt auch die Vielfalt an Systemen und die unterschiedlichen Systemgrößen. So gibt es Systeme die einerseits nur einen Roboter beinhalten, oder aber nur 500 Stellplätze – andererseits gibt es Systeme mit über 300 Robotern und 600.000 Stellplätzen. Die unabhängige Skalierbarkeit von Leistung und Lagerfläche ist einer der größten Vorteile des Systems. Gleichzeitig sind alle Komponenten während des laufenden Betriebs erweiterbar, sollten sich die Anforderungen im Laufe der Jahre verändern.

## Referenzen

Effiziente Raumnutzung

-  **22** Robots
-  **21,790** Bins
-  **8** Ports



11

autostoresystem.com

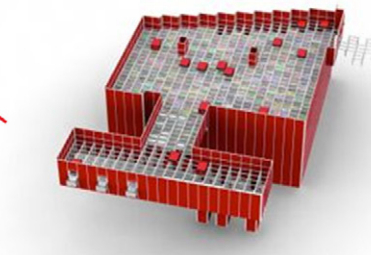
Durch die Modularität des Systems, kann auf alle Kubaturen einer Halle eingegangen werden, egal ob Säulen, Stufen, Ecken oder schräge Wände. Die einzige Voraussetzung für das System ist eine Ebene, auf der die Roboter fahren können.




## Referenzen

Effiziente Raumnutzung

Unregelmäßig geformtes System nutzt das Gebäude optimal

Picking Tunnel und separate Bereiche, für unterschiedliche Auftrags-Typen (B2B, E-Comm)



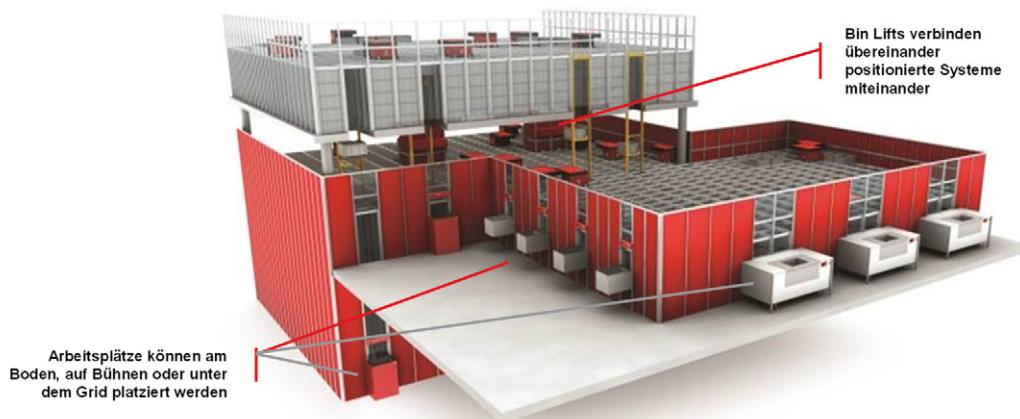
-  **19** Robots
-  **20,148** Bins
-  **6** Ports

12

autostoresystem.com

## Auf alle Anforderungen anpassbar

Gelebte Flexibilität



 AutoStore

13

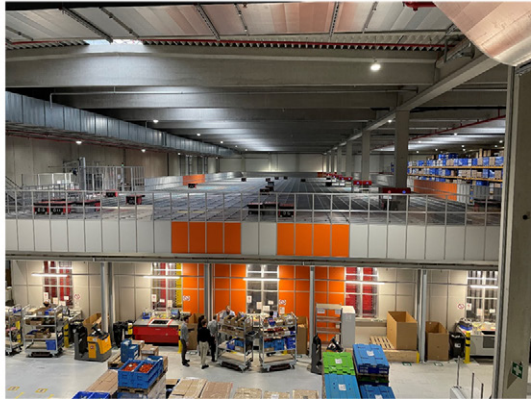
autostoresystem.com

Rund um das AutoStore System können Arbeitsplätze angeordnet werden. Das System hat durch die Standardisierung zwar eine maximale Bauhöhe von 7,2 m inklusive Wartungsfreiraum, es besteht jedoch die Möglichkeit, Grids übereinander zu verbauen und zu verbinden. Eine weitere Alternative um die Höhe einer Halle auszunutzen ist, das System auf eine Bühne zu stellen. Da die Behälter direkt auf dem Boden stehen, sind die auf den Boden wirkenden Lasten so gering, dass eine einfache Stahlbaubühne als Unterbau genügt.



## Produktionsversorgung durch Routenzüge

STIHL – Langkampfen, Österreich



Bilder: Element Logic

 AutoStore

14

autostoresystem.com

Das AutoStore kann als „Stand-Alone“ System betrieben werden. Die Anbindung der Ports wird kundenindividuell abgestimmt und angepasst. Alle Ports sind in der Lage sowohl Kommissionier-, als auch Einlagerungsprozesse durchzuführen.

## Systemwechsel statt Retrofit

Siemens Mobility - Braunschweig, Deutschland

Bestehendes Regalbediengerät vor Auslauf der Ersatzteilversorgung

### Vorteile des AutoStore Systems

- 30% mehr Lagerkapazität
- 30% Leistungssteigerung
- ESD-geschützt
- Kein Single-Point-of-Failure
- Hohe Zuverlässigkeit
- Neuanschaffung eines AutoStores günstiger als Retrofit des Bestandssystems
- Niedrigere Betriebskosten



Bild: AM Logistic Solutions

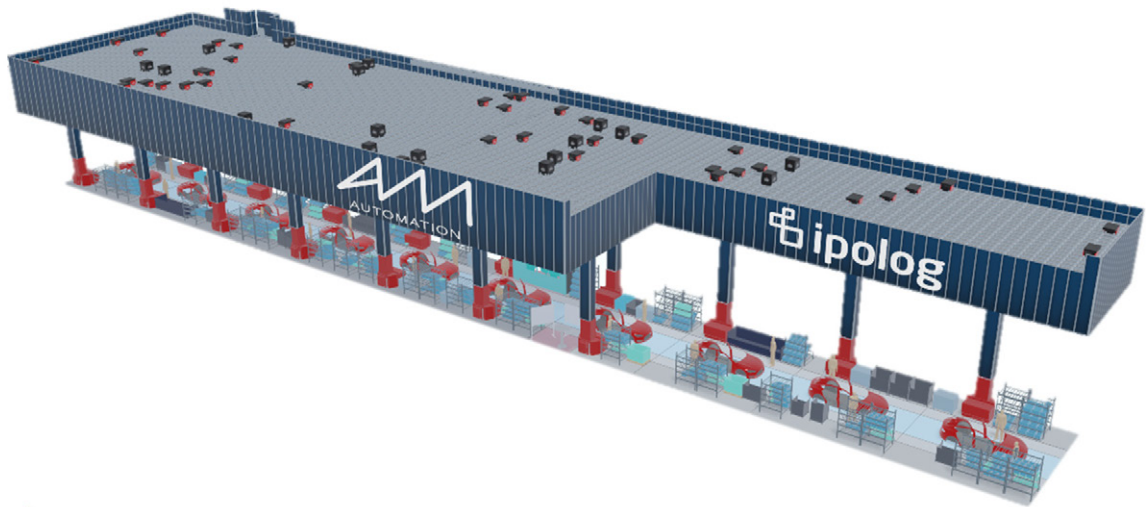
 AutoStore

15

autostoresystem.com

## Just-In-Sequence - Produktionsversorgung

AutoStore am Fließband



 AutoStore

16

autostoresystem.com

### Anforderungen:

- Lagerung von Ausgangsmaterial
- Puffern von Zwischenprodukten
- Transport von Ausgangsmaterial und Zwischenprodukten zu den jeweiligen Produktionsmaschinen, Montageplätzen

### Lösung:

- AutoStore als Lager-/Puffer und Transportsystem
- AutoStore auf einer Bühne mit darunter angeordneten Ports

## Just-In-Sequence - Produktionsversorgung

Integration mit Robotern

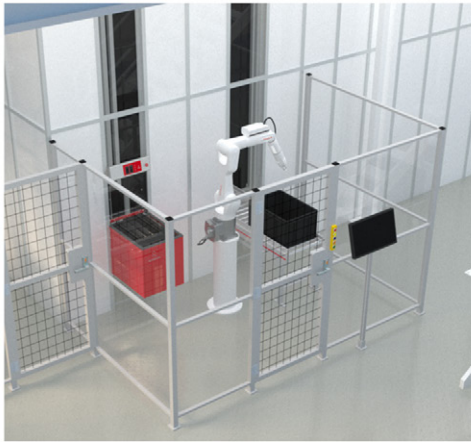


Bild: Swisslog

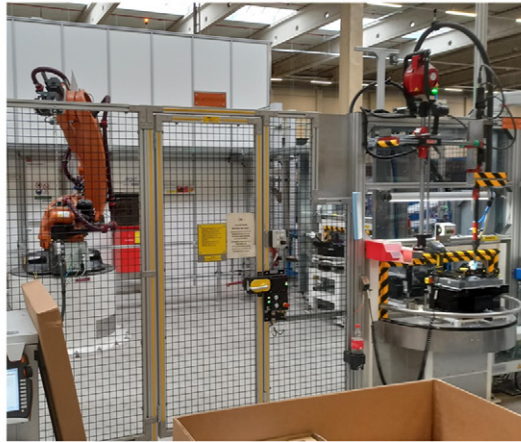


Bild: Hörmann



17

autostoresystem.com

Auch Roboter können mit AutoStore Just-in-Sequence beliefert werden. Das AutoStore System funktioniert in diesem Beispiel als Produktionspuffer. Bei dieser Referenz aus der Automobil Branche werden die Produkte direkt an den Roboter in der Produktionslinie angedient.



## Sie haben noch Fragen?



**Jakob Josten**  
Stop Airhousing, Start Warehousing!



**Jakob Josten**  
Business Development Manager  
- Industry & Production  
[jakob.josten@autostoresystem.com](mailto:jakob.josten@autostoresystem.com)



**Florian Sattler**  
Intralogistics allrounder at AutoStore AS 🇦🇹



**Florian Sattler**  
Business Development Manager  
- Consultant Service  
[florian.sattler@autostoresystem.com](mailto:florian.sattler@autostoresystem.com)



**Sabrina Fischer**  
Client Development Manager @AutoStore System



**Sabrina Fischer**  
Client Development Manager  
[sabrina.fischer@autostoresystem.com](mailto:sabrina.fischer@autostoresystem.com)





# **Resilienz der Intralogistik in Produktionsbetrieben**

Daniel Bell



## Daniel Bell

- Linde Material Handling Austria
- Head of Intralogistics Solutions

# Resilienz der Intralogistik in Produktionsbetrieben

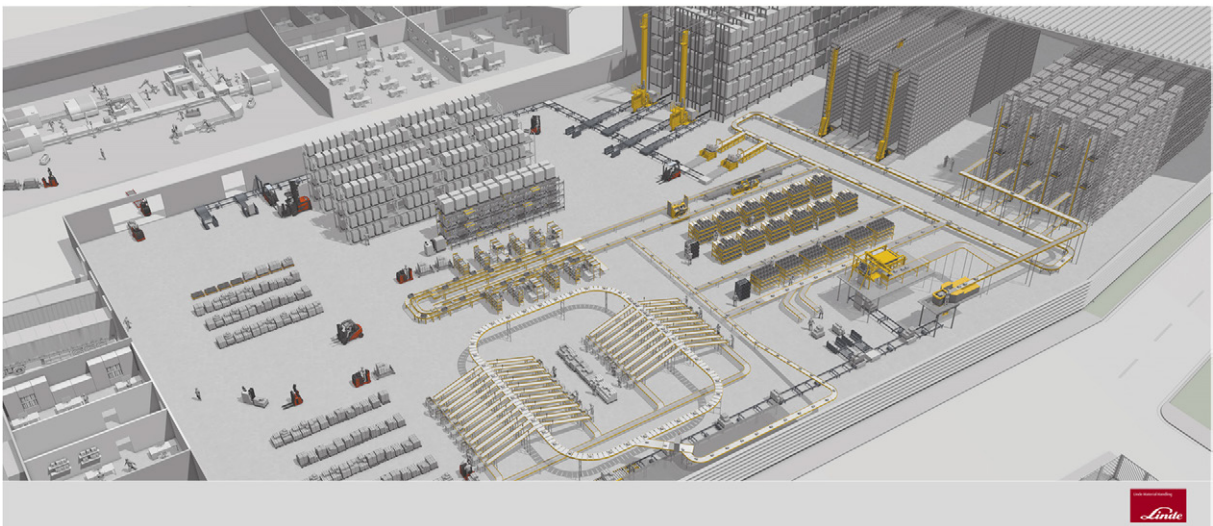
► [www.tugraz.at](http://www.tugraz.at)



2

## Vortrag 3

### Resilienz der Intralogistik in Produktionsbetriebe





3

## Zur Person



### Daniel Bell

Anlagenplanung Automotive Industrie

Projektmanager Roboterschweißanlagenbau

Head of Intralogistik Solution Linde MH Austria

### Schwerpunkte

- Automatisierung
- Digitalisierung
- Prozessoptimierung



4

## Neue Herausforderungen bieten neue Chancen

- 1 Anpassung
- 2 Arbeitskräftemangel
- 3 Safety
- 4 Daten
- 5 Nachhaltigkeit

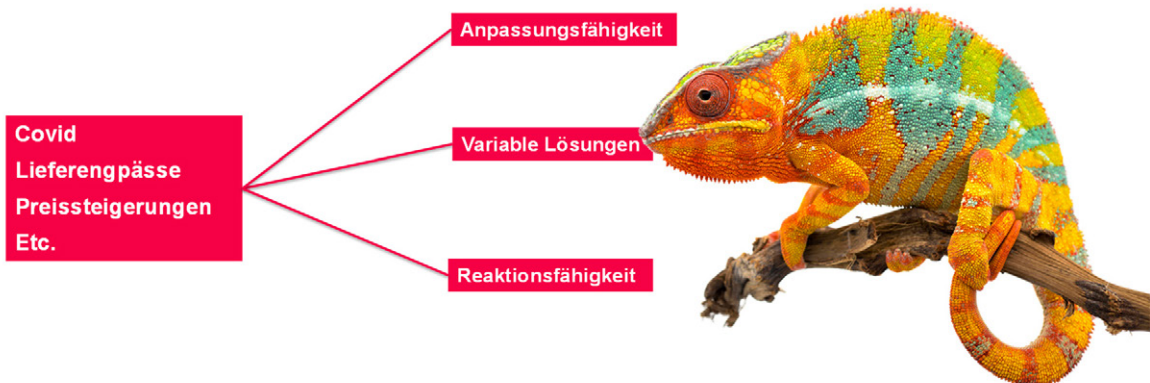
C H A N G E

C



5

## Herausforderungen für Produktionsbetriebe



6

## Arbeitskräftemangel und Demografischer Wandel

*„Unternehmen sehen den Arbeitskräftemangel als eine der größten Gefahren für den Wachstum“*

### LÖSUNGEN

- ... Höherer Automatisierungsgrad
- ... Verwendung neuer Technologien
- ... Entwicklung individueller Logistikkösungen auf den Kundenbedarf abgestimmt

## Safety

Sicherheit ist ein von den Unternehmen gefordertes und gefördertes Thema welches speziell bei international tätigen Großbetrieben immer mehr Bedeutung bekommt.

## Daten sind die Basis für die Planung der Produktionslogistik

### KORREKTE DATEN DURCH:

- ... WMS-Systeme
- ... Lagerverwaltungs-Systeme

### PROZESSABLAUOPTIMIERUNG (Bsp. Staplerleitsysteme) führen zu

- ... einer optimierten Auslastung
- ... einer Kostenoptimierung der Logistikprozesse
- ... einer Reduktion des CO<sup>2</sup> Ausstoßes

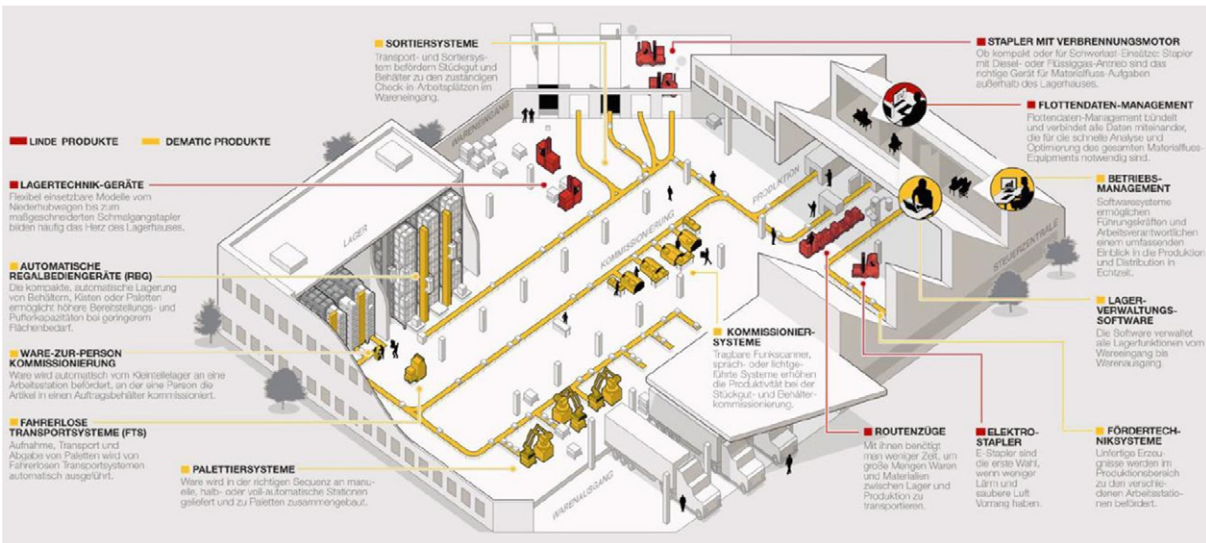
## Nachhaltigkeit und eine umweltbewusste Planung von Logistikprozessen

**Linde Material Handling**  
vom Staplerhersteller...

**Linde Material Handling**  
...zum Intralogistikanbieter

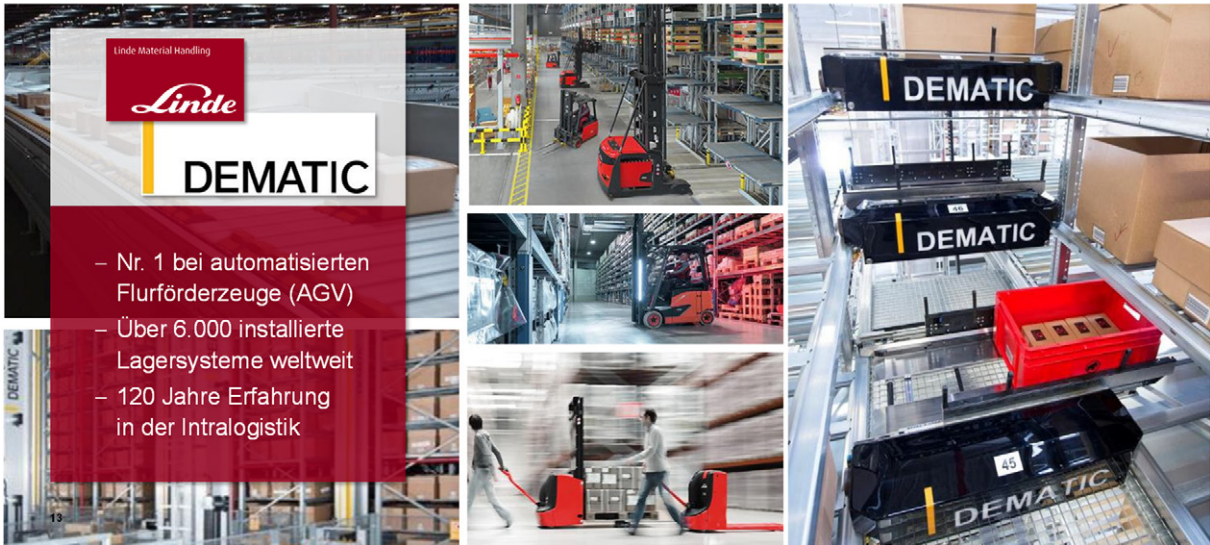


**Linde und Dematic Lösungen nach Maß**  
...gemeinsam eine unschlagbare Kompetenz in der Intralogistik



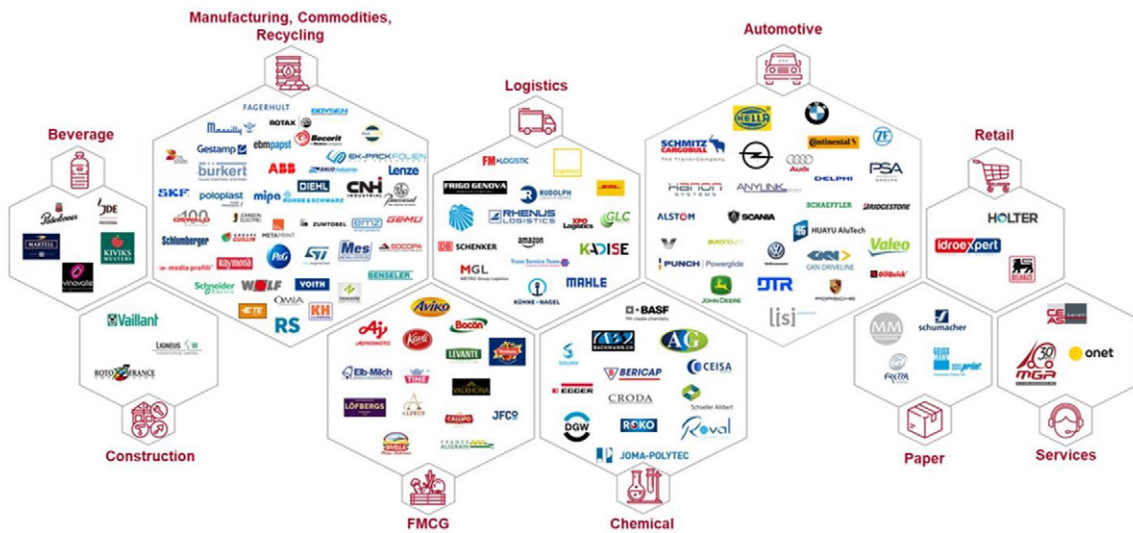
**Linde & Dematic**

...die führenden Anbieter mit jahrelanger Branchenerfahrung



**Automatisierte Lösungen von Linde**

...weltweit im Einsatz







# Aufbruch in die Silicon Economy

Prof. Dr. Dr. h. c. Michael ten Hompel



Prof. Dr. Dr. h. c.

## Michael ten Hompel

- Fraunhofer-Institut Materialfluss und Logistik
- Geschäftsführender Institutsleiter



# Aufbruch in die Silicon Economy

Michael ten Hompel · Fraunhofer IML · 2022



Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics IML



vni VEREIN NETZWERK LOGISTIK



itl TU Graz

## Logistik ist systemrelevant



## Decoupling

behindert Nachhaltigkeit – geographisch – technologisch – wirtschaftlich



Pic: struppi0601, pixabay - flags wikipedia

Slide 3 13.05.2022 © Fraunhofer IML

Offen

## Fraunhofer-Institut Materialfluss und Logistik

Zahlen · Daten · Fakten

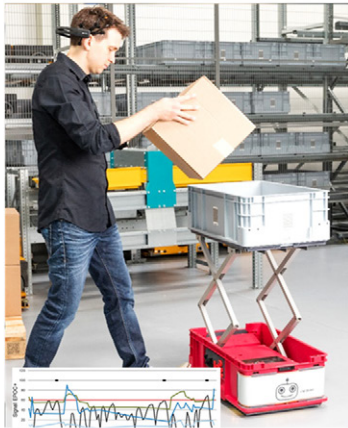


Slide 4 13.05.2022 © Fraunhofer IML

Offen

## Digitalisierung

Die zeitliche Koinzidenz ist entscheidend



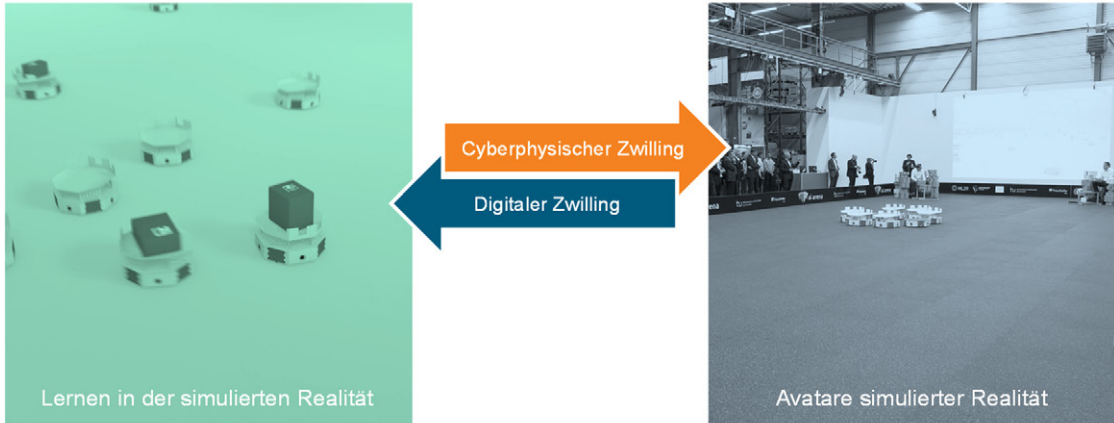
- ▶ Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge (Edge AI)...
- ▶ Echtzeitfähige Vernetzung (5G → 6G)
- ▶ KI-basierte Plattformen (AI Platform as a Service)
- ▶ Blockchain (Distributed Ledger) und automatisiertes Verhandeln
- ▶ Schwärme autonomer Roboter (LoadRunner®)
- ▶ Virtualisierung und Simulation
- ▶ immersive Technik, Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR)
- ▶ Cognitive Computing und Brain Machine Interfaces...

## Das nächste große Ding: Künstliche Intelligenz

<p>1. KI-Generation (1980er): Expertensysteme</p> <p>Bsp. Cyc (Alltagswissen, Ontologie, logisches Schließen)</p> <p>Wahrnehmen <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span></p> <p>Logik <span style="display: inline-block; width: 60px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span></p> <p>Lernen <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span></p> <p>Abstrahieren</p>	<p>2. KI-Generation (seit 2006): Lernende Systeme</p> <p>Bsp. IBM Watson (Jeopardy) Alpha Go (Go)</p> <p>Wahrnehmen <span style="display: inline-block; width: 50px; height: 10px; background-color: #008080; border: 1px solid black;"></span></p> <p>Logik <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #008080; border: 1px solid black;"></span></p> <p>Lernen <span style="display: inline-block; width: 50px; height: 10px; background-color: #008080; border: 1px solid black;"></span></p> <p>Abstrahieren <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #008080; border: 1px solid black;"></span></p>	<p>3. KI-Generation (Zukunft): Abstraktion, Einbeziehung von abstraktem Wissen, Erklärbarkeit <b>Transfer von Erlerntem</b></p> <p>Wahrnehmen <span style="display: inline-block; width: 60px; height: 10px; background-color: #FF8C00; border: 1px solid black;"></span></p> <p>Logik <span style="display: inline-block; width: 60px; height: 10px; background-color: #FF8C00; border: 1px solid black;"></span></p> <p>Lernen <span style="display: inline-block; width: 60px; height: 10px; background-color: #FF8C00; border: 1px solid black;"></span></p> <p>Abstrahieren <span style="display: inline-block; width: 40px; height: 10px; background-color: #FF8C00; border: 1px solid black;"></span></p>
--	--	--

Quelle: Fraunhofer IAIS  
Abstraktion: Anwendung allgemeiner Zusammenhänge auf konkrete Sachverhalte

## Das nächste große Ding: Künstliche Intelligenz Virtualisierung und Simulationsbasierte Künstliche Intelligenz

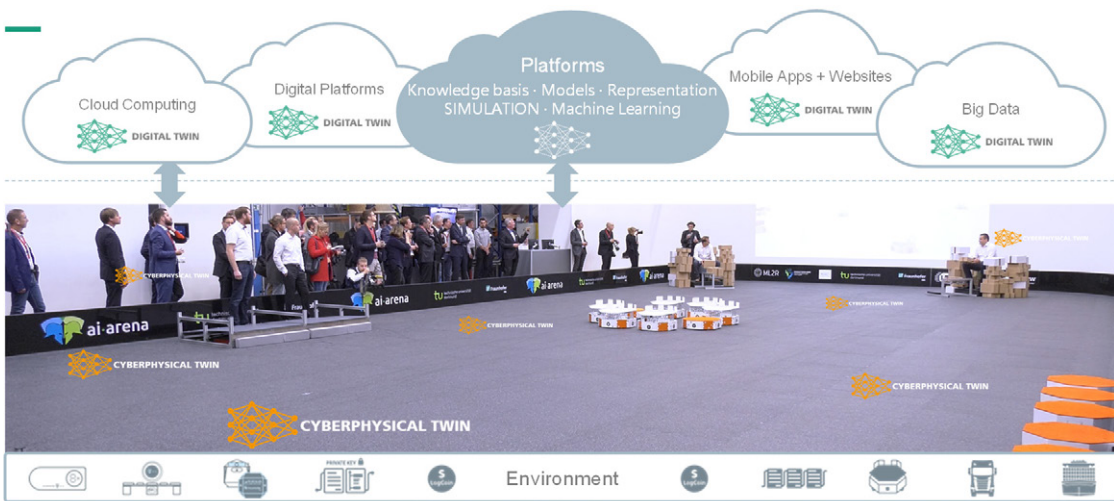


Slide 7 13.05.2022 © Fraunhofer IML

Offen



## Cyberphysischer Zwilling und das »Digitale Kontinuum«



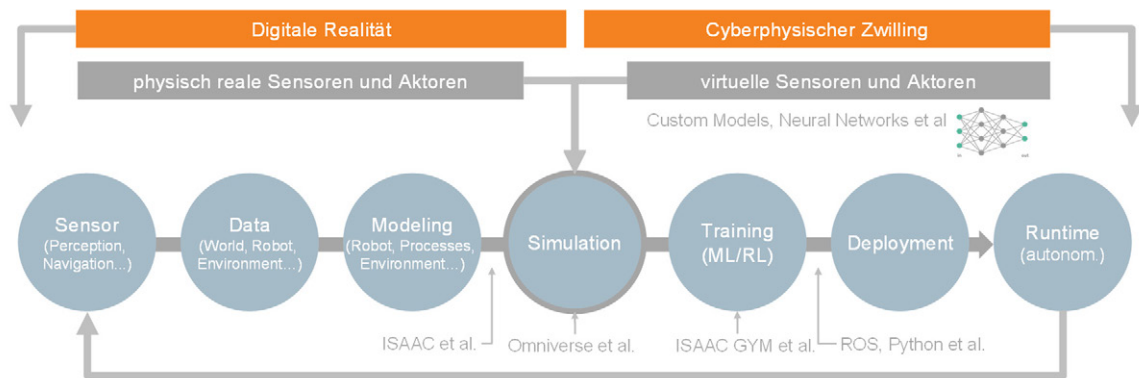
LoadRunner® is a project of the KION Enterprise Labs



Offen



## Das »Digitale Kontinuum« ... nicht nur für Roboter



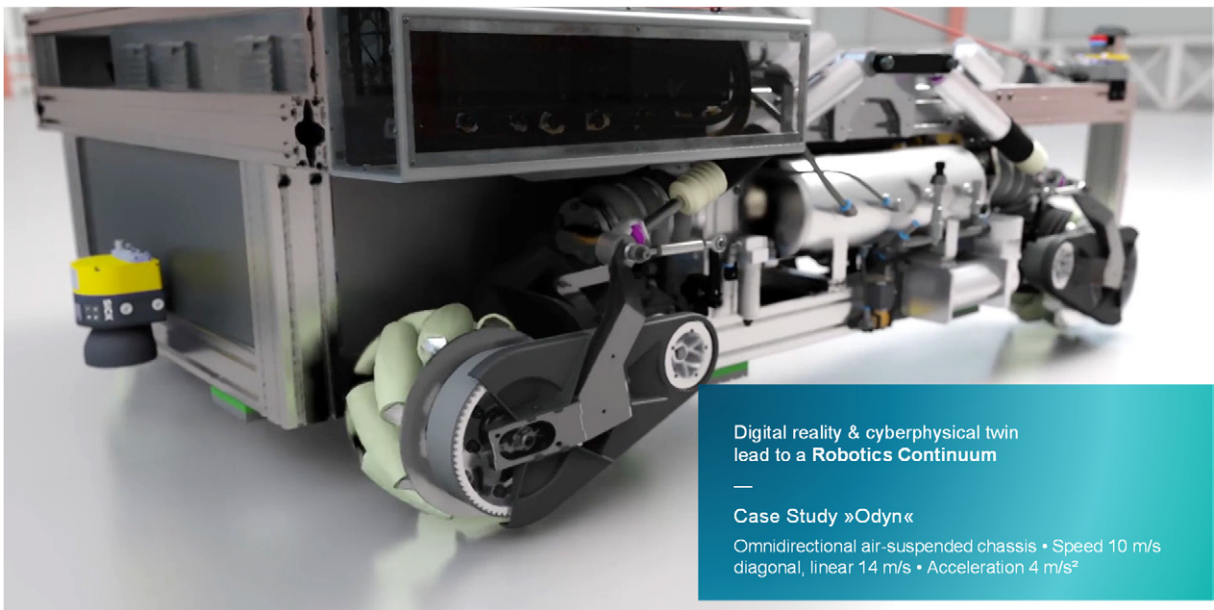
Slide 9

13.05.2022

©Fraunhofer IML

Offen

Fraunhofer  
IML

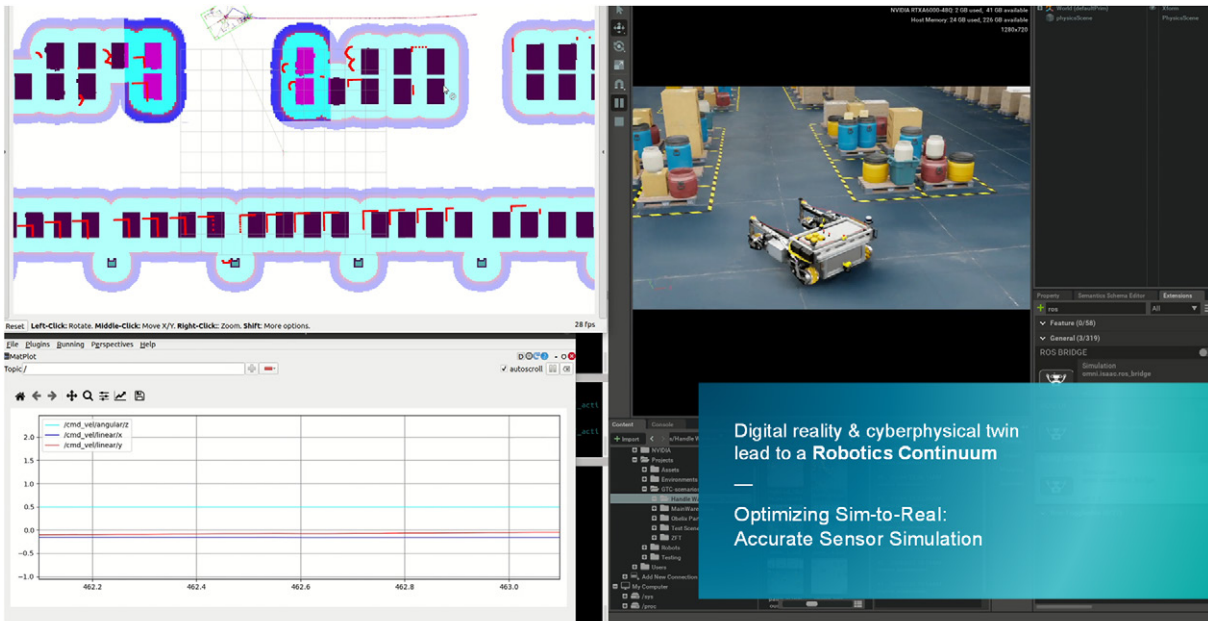


Silicon Economy Logistics Ecosystem is funded by:



Offen

Fraunhofer  
IML

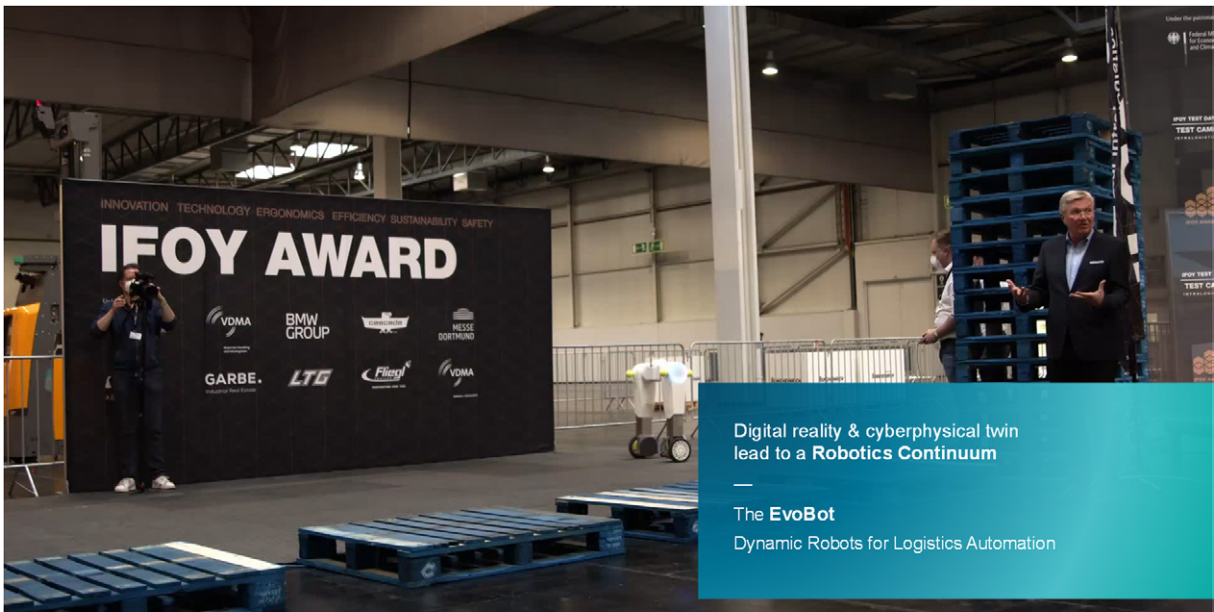


## Der evoBOT

Er will doch nur spielen 😊

- ▶ Eine neue Generation Autonomer Roboter (AMR)
- ▶ Dynamisch stabiler Roboter (inverses Pendel)
- ▶ Er ist geländegängig und schnell (bis 10m/s & 4ms<sup>2</sup>)
- ▶ Kann Dinge bis 30kg aus dem Regal, vom Förderer oder vom Boden aufnehmen.

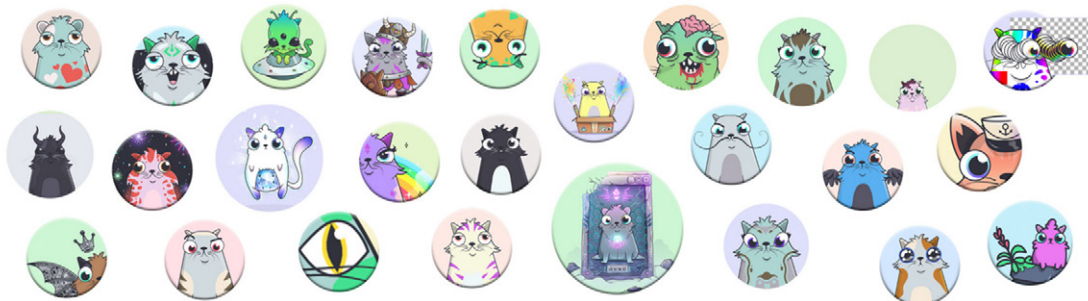




Digital reality & cyberspace twin  
lead to a **Robotics Continuum**

The **EvoBot**  
Dynamic Robots for Logistics Automation

Internet der Daten → Internet der Dinge → Internet der Werte



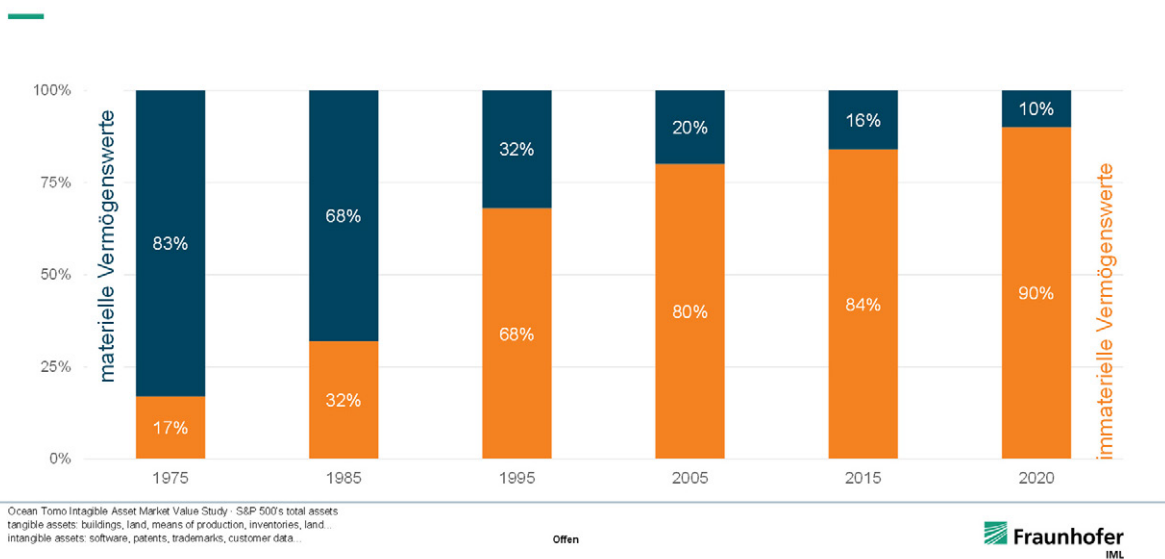
CryptoKitties NFTs · 2.011.072 NFTs ·  $\Xi$ 69.499 · €170,6 Mio.

## CryptoKitties Catalogue

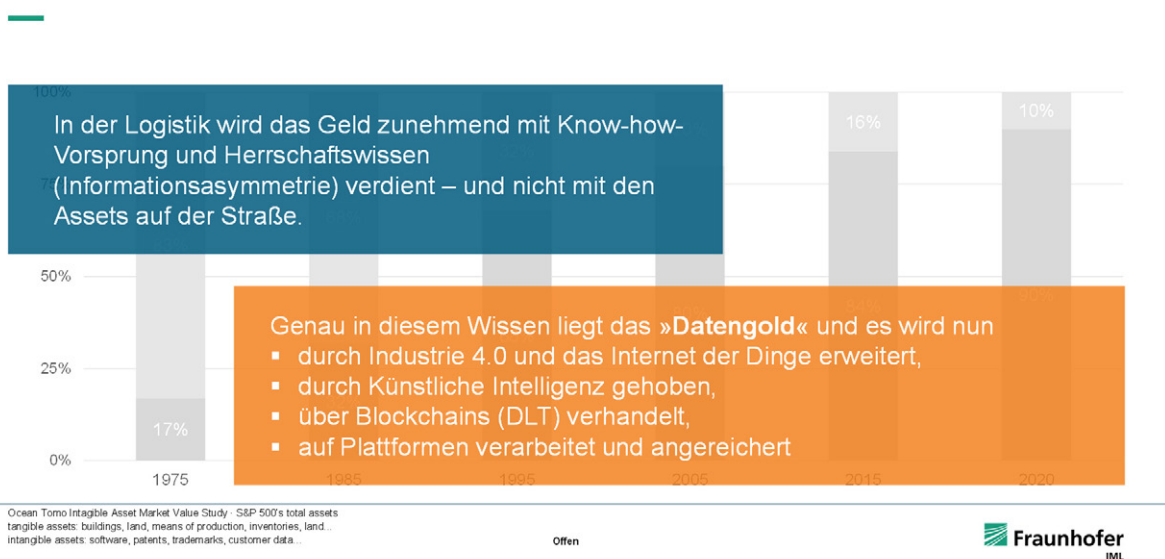
The new CryptoKitties Catalogue is ready and waiting to help you find your purrr-fect PFP



Internet der Daten → Internet der Dinge → Internet der Werte

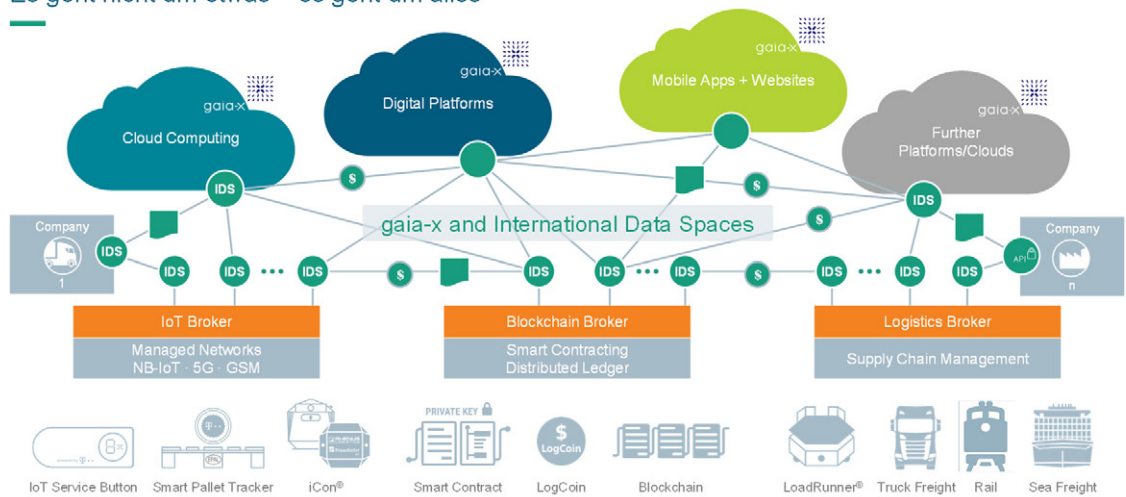


Internet of Data → Internet of Things → Internet der Werte



## Silicon Economy – das digitale Ecosystem

Es geht nicht um etwas – es geht um alles



Silicon Economy Logistics Ecosystem is funded by



Open



## Logistics on the way to Silicon Economy



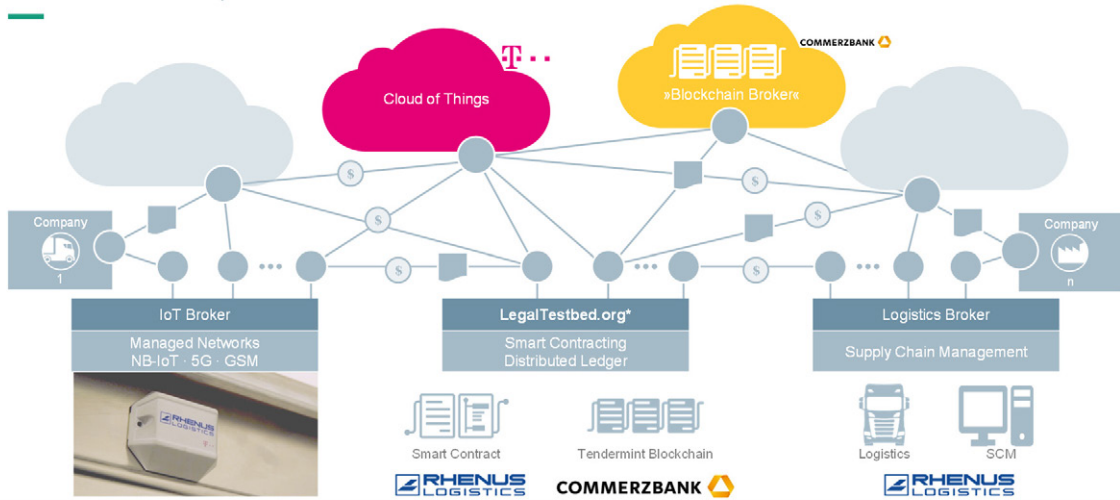
Michael ten Hompel · Michael Henke · Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML  
 Boris Otto · Fraunhofer-Institut für Software und Systemtechnik ISST  
 Slide 18 13.05.2022 © Fraunhofer IML

Open



## OPEN SOURCE Edge Computing: Rhenus ITCPro®

120.000 ITCPro in production



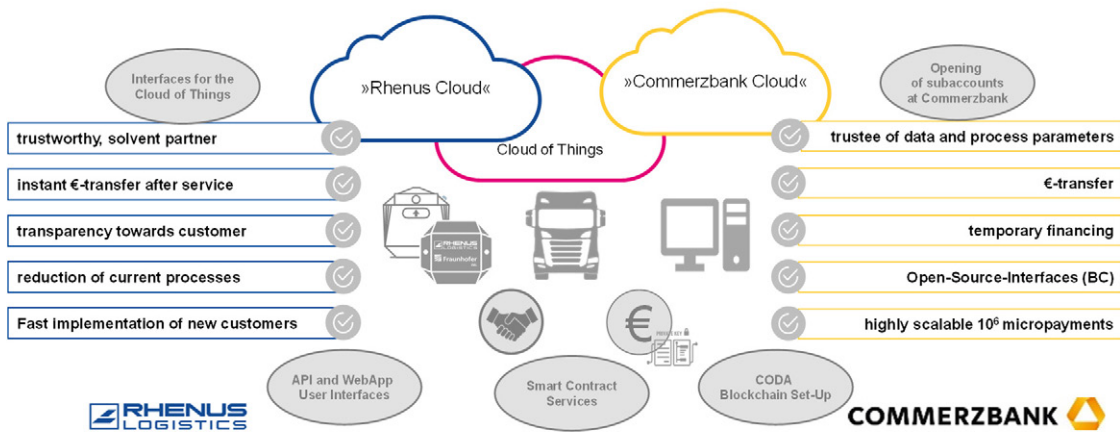
Slide 19 13.05.2022 © Fraunhofer IML

Offen



## Use Commerzbank / Rhenus

120.000 ITCPro in production



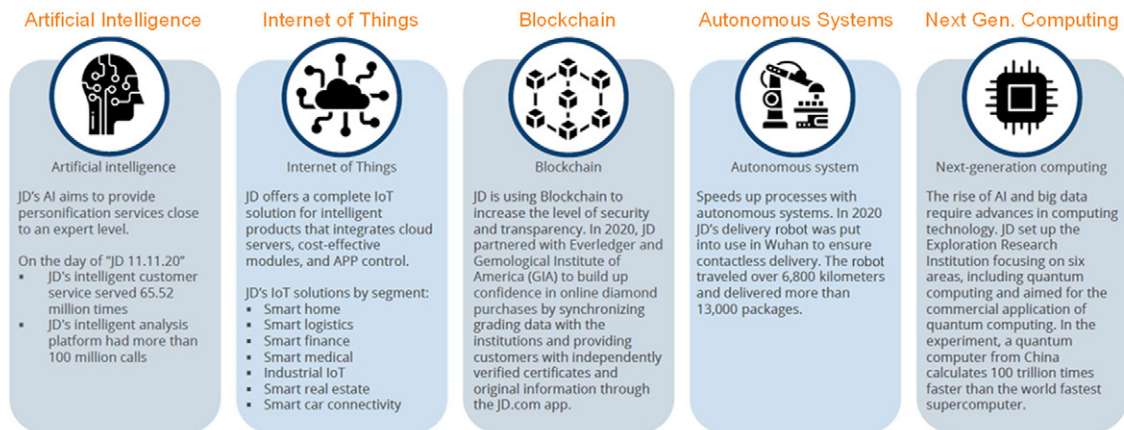
Developed within Rhenus and Commerzbank  
 »Enterprise Lab« at Fraunhofer IML  
 Slide 20 13.05.2022 © Fraunhofer IML

Offen



## Darauf konzentrieren sich die großen Plattformen

»JD.com focuses on : AI · IoT · Blockchain · Autonomous Systems · Next Generation Computing«



Statista 2022 - prim. source: company inf. - jingdaily  
 2018 erwarb Alphabet mit 550 Mill. US-Dollar <1% von JD.com [Wikipedia]  
 Slide 21 13.05.2022 © Fraunhofer IML

Open

Fraunhofer  
IML

JD.com Inc. (chin.: Jīngdōng) ist ein chinesisches Internetunternehmen, das die gleichnamige Online-Handelsplattform JD.com betreibt. Wurde 1998 als JD Multimedia von Richard Liu gegründet und ging unter dem Namen JD.com 2004 online.

Für den globalen Markt wird die Seite joybuy.com betrieben.  
 Mitarbeiterzahl: ca. 385.000 (Ende 2021)  
 Umsatz: ca. 150 Mrd USD (2021 / Statista)

## Amazon: Wachstum durch Forschung und Entwicklung



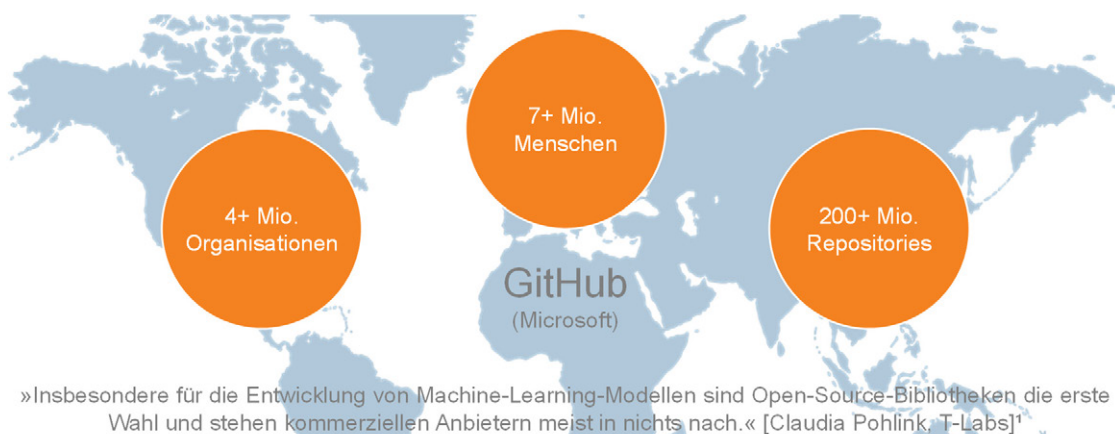
Amazon annual research and development expenses for 2021 \$42.74B, a 18.95% increase from 2019  
Slide 22 13.05.2022 © Fraunhofer IML

Offen

Im Jahr 2020 wurden durch die DFG gut 31100 Projekte mit einer jahresbezogenen Bewilligungssumme von 3,3 Milliarden Euro gefördert. [www.dfg.de 29.12.2021]

Mit einem Rekordumsatz in Höhe von rund 469,82 Milliarden US-Dollar schloss Amazon das Geschäftsjahr 2021 ab. Im Vergleich zum Vorjahr stieg der Umsatz des US-amerikanischen Internetkonzerns um rund 22 Prozent. Den Großteil des Umsatzes erwirtschaftete Amazon mit 279,83 Milliarden US-Dollar in Nordamerika. Rund 128 Milliarden US-Dollar setzte das Unternehmen international um. Im Segment Amazon Web Services (AWS) belief sich der Umsatz auf rund 62 Milliarden US-Dollar.

## Das Spielfeld wird bestimmt durch KI und Open Source



Headline: Gartner - <sup>1</sup> Cit. Handelsblatt, 26.2.2021 - Numbers: github.com March 28, 2022

Slide 23 13.05.2022 © Fraunhofer IML

Offen

Anfang Juni 2018 hat Microsoft GitHub für 7,5 Milliarden Dollar gekauft.

## Die Schnellen werden das Spiel gewinnen

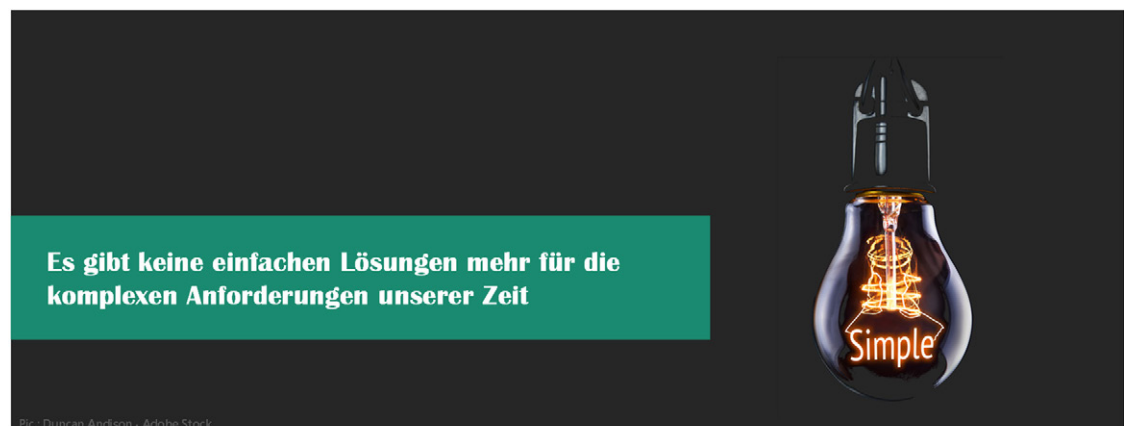
### Open Source Repositories im Bereich KI



Slide 24 13.05.2022 ©Fraunhofer IML

Offen

## Logistik auf dem Weg in die Silicon Economy



Slide 25 13.05.2022 ©Fraunhofer IML

Offen

Open Logistics Foundation  
[www.openlogisticsfoundation.org](http://www.openlogisticsfoundation.org)



Slide 26 13.05.2022 © Fraunhofer IML

Offen



Wie wir technologische Souveränität gewinnen – In Zeiten brüchiger Lieferketten braucht unser Innovationssystem neue Strukturen.

- Eine Volkswirtschaft gilt als technologisch souverän, wenn sie Technologien, die sie als kritisch für Wohlfahrt und Wettbewerbsfähigkeit definiert, selbst vorhalten und weiterentwickeln oder ohne einseitige Abhängigkeit von anderen Wirtschaftsräumen beziehen kann. Technologische Souveränität baut auf verlässlichen Partnerstrukturen auf und richtet sich nicht auf den Nationalstaat, sondern auf Pluralität, die einzelne Abhängigkeiten verhindert, aus. [FAZ 8.1.2022 · Andreas Barner, Gerald Haug, Uwe Cantner, Georg Schütte]

Open Logistics Founder  
[www.openlogisticsfoundation.org](http://www.openlogisticsfoundation.org)



Jochen Thewes  
CEO DB Schenker  
Chairman



Dr. Stephan Peters  
Board member Rhenus  
Board



Stefan Hohm  
Board member DACHSER  
Board

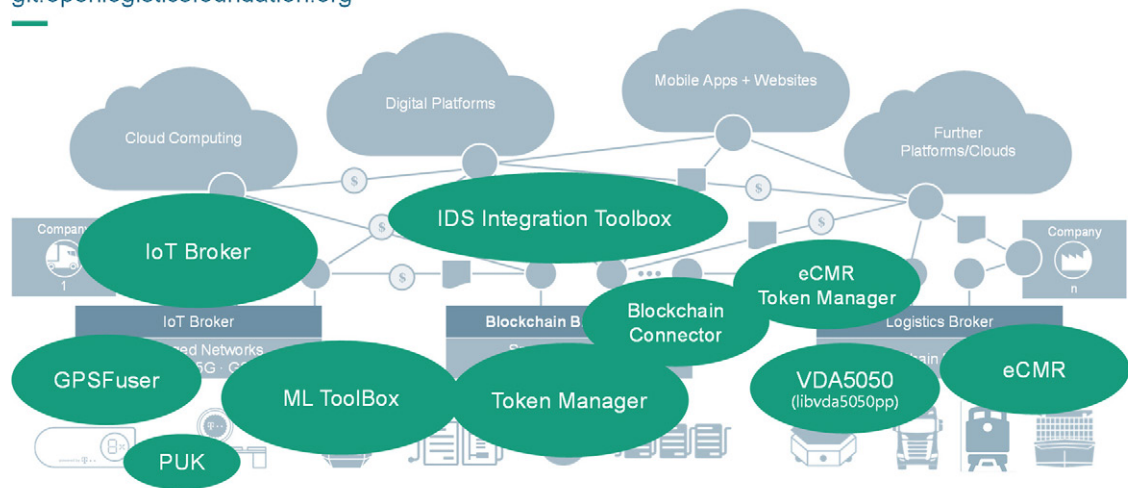


Markus Bangen  
CEO Duisport  
Board of Trustees

Offen



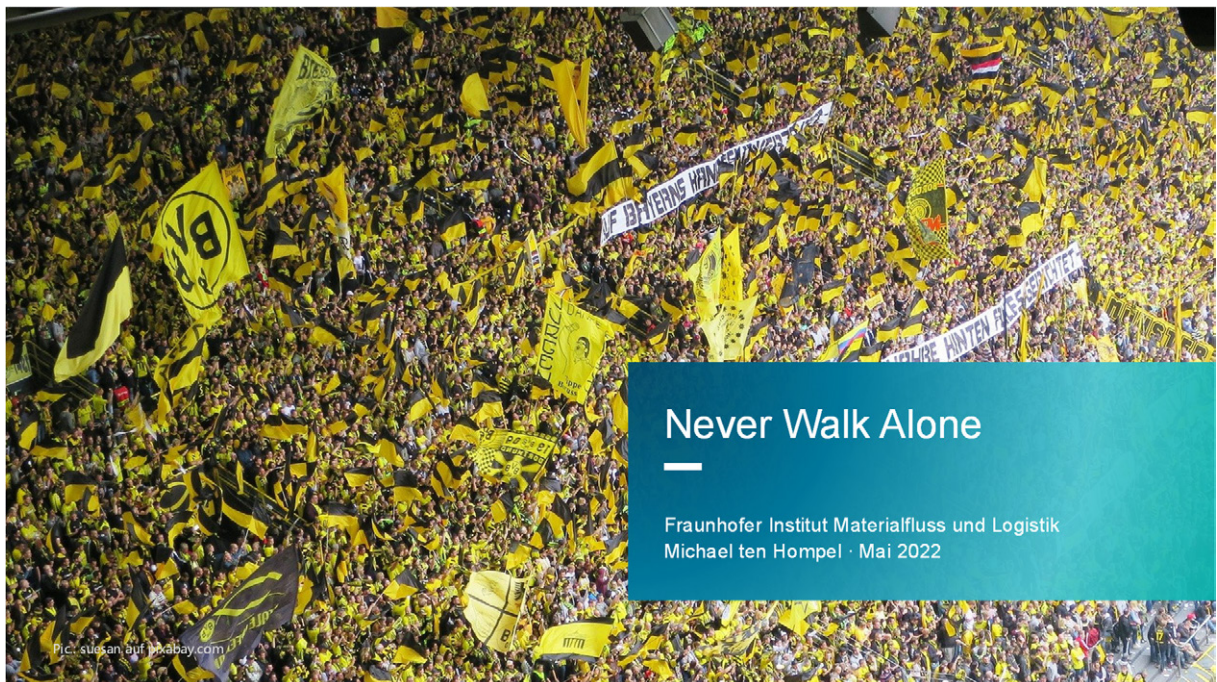
Repository: Die ersten Komponenten sind online  
[git.openlogisticsfoundation.org](https://git.openlogisticsfoundation.org)



www.silicon-economy.com - Silicon Economy Logistics Ecosystem is funded by:



Offen







## Silicon Economy

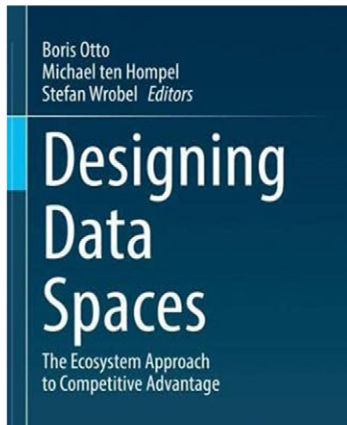


Die Silicon Economy ist das Synonym für eine digitale Infrastruktur, die auf der automatisierten Verhandlung, Disposition und Kontrolle von Warenströmen beruht und neue, digitale Geschäftsmodelle (nicht nur) für die Logistik ermöglicht. Diese Infrastruktur erfordert und ermöglicht das Handeln von Daten, ohne die Souveränität über die Daten zu verlieren.

Dieses Buch richtet sich an Menschen und Unternehmen, die eine offenes und föderales Ecosystem für die Logistik und für das Supply Chain Management benötigen, Produkte entwickeln, Lösungen in Soft- und Hardware einbringen oder die Silicon Economy bereits nutzen und sich an der Open Logistics Foundation beteiligen wollen.

ten Hompel, M., Henke, M., Otto, B. (Hrsg.), Springer 2022  
eBook : <https://link.springer.com/book/9783662639559>

## Designing Data Spaces: The Ecosystem Approach to Competitive



This open access book provides a comprehensive view on data ecosystems and platform economics from methodical and technological foundations up to reports from practical

Overall, the book provides professionals in industry with an encompassing overview of the technological and economic aspects of data spaces, based on the current EU-funded GAIA-X project. It presents implementations and business cases and gives an outlook to future developments. In doing so, it aims at proliferating the vision of a social data market economy based on data spaces which embrace trust and data sovereignty.

Otto, B., ten Hompel, M., Wrobel, S., (Hrsg.), Springer 2022  
<https://link.springer.com/book/9783030939748>

Slide 32

©Fraunhofer IML

Offen



## Open Source als Innovationstreiber für Industrie 4.0

Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften



In der Expertise »Open Source als Innovationstreiber für Industrie 4.0« des Forschungsbeirats der Plattform Industrie 4.0 zeigen das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML und der Lehrstuhl für Industrielles Informationsmanagement der TU Dortmund die Chancen und Potenziale von Open-Source-Software speziell für die Produktion auf.

Die Expertise enthält konkrete Optionen für Wirtschaft, Politik und Wissenschaft und eine Leitlinie für unternehmerisches Open-Source-Handeln, die sich konkret an Führungskräfte in der Industrie richtet.

Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0 / acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

ten Hompel, M., Schmidt, M., et al. - Koordination Lisa Hubrecht, acatech, DOI: [10.48669/fb40\\_2022-2](https://doi.org/10.48669/fb40_2022-2)

Slide 33

13.05.2022

©Fraunhofer IML

Offen



## Handbuch Industrie 4.0 · Produktion · Automatisierung · Logistik



Experten aus Wissenschaft und Technik beleuchten verschiedene Facetten der Industrie 4.0 und schaffen gleichermaßen einen Überblick über den Stand der Technik und die Vision selbst. Dies gelingt nicht zuletzt Dank einer ausgewogenen Mischung aus wissenschaftlichen Erkenntnissen, Praxisbeispielen und Übersichtsbeiträgen.

In der dritten Auflage werden die Themenfelder um Künstliche Intelligenz, aktuelle Mobilfunkstandards und den daraus resultierenden Potenzialen für eine zukünftige Plattformökonomie erweitert.

ten Hompel, Bauernhansl, T., Vogel-Heuser, B. (Hrsg. 3 Aufl.)  
<https://www.springer.com/gp/book/9783662585290>  
 3,8 Mio. Downloads (Feb. 2022 · alle Auflagen)

Slide 34

© Fraunhofer IML

Offen



## Lecture Notes in Logistics



Lecture Notes in Logistics (LNL) is a book series that reports the latest research and developments in Logistics, comprising:

- supply chain management
- transportation logistics
- intralogistics
- production logistics
- distribution systems
- logistics network design

Clausen, U., ten Hompel, M., Robert de Souza (Hrsg.)  
<https://www.springer.com/series/11220>

Slide 35

© Fraunhofer IML

Offen





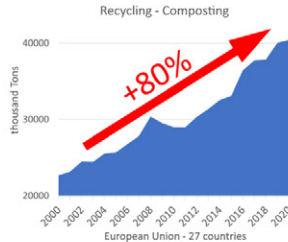


# Transforming Industrial Composting Plants towards Standards of Industry 4.0

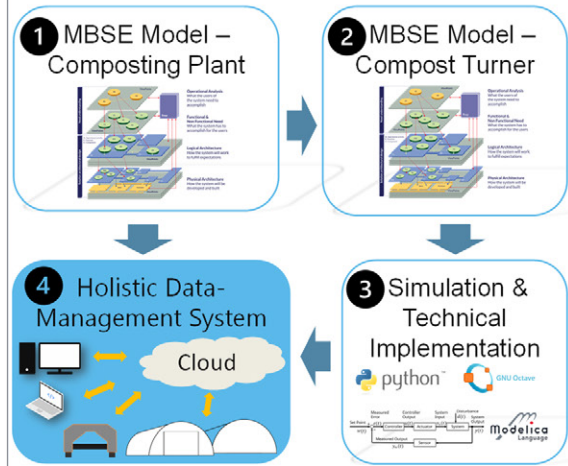
CICHOCKI Max, M.Sc.

## Motivation

- Increase in Waste and Composting
  - About 80% since 2000 in EU
- Conventional composting processes and technologies
  - mostly based on manual work
  - adverse working conditions (strong odour, hazardous gases)
- Need to optimise current processes to increase efficiency



## Framework, Methods and Tools



## Research Area & Objectives

- Prototype of fully autonomous Compost Turner
  - Allows for novel, autonomous processes
  - Huge amount of unused potential



### Aim of Research

1. **Developing a Method to Transform Industrial Composting Plants towards Standards of Industry 4.0 under Consideration of Technical and Logistical Aspects**

2. **Implementation and realisation of the method at an industrial composting plant**

- 1 Developing a holistic model of the composting plant
  - Model-Based Systems Engineering (MBSE) method to analyse functional and non-functional requirements
- 2 In-depth MBSE modelling of an autonomous compost turner to
  - identify system processes
- 3 Implementation of the MBSE model from point 2
  - simulation and technical implementation in a prototype of an autonomous compost turner.
- 4 Methodical development of a data management system, based on
  - requirements and processes from MBSE model of point 1 and technical framework conditions of point 2

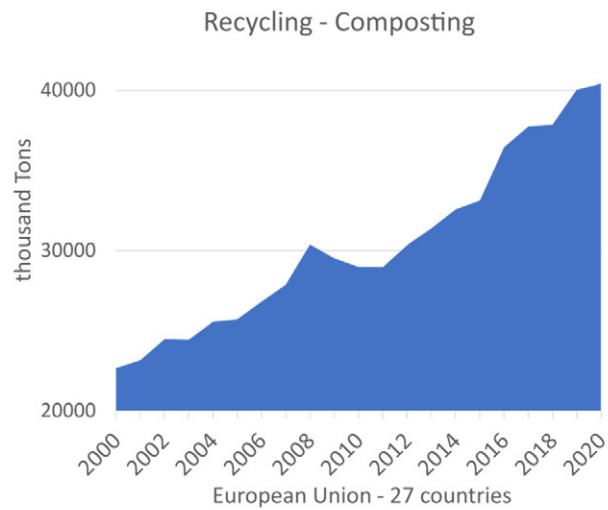
## References

- EUROSTAT. Municipal waste by waste management operations [online]. March 2022. [Accessed 21 March 2022]. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/b417d0a6-bfff-49a5-886d-60ff76a0d352?lang=en>
- Schedler, M. et al. (2020). Interdisciplinary System Simulation of a Tracked Compost Turner. Procedia Manufacturing
- VOIRIN, Jean-Luc. Model-based system and architecture engineering with the arcadia method. Kidlington, Oxford : Elsevier, 2017



# Motivation

- ❑ Increase in Waste and Composting
  - ❑ About 80% since 2000 in EU



- ❑ Conventional composting processes and technologies
  - ❑ mostly based on manual work
  - ❑ adverse working conditions (strong odour, hazardous gases)
- ❑ Need to optimise current processes to increase efficiency

# Research Area & Objectives

- ❑ Prototype of fully autonomous Compost Turner
- ❑ Allows for novel, autonomous processes
- Huge amount of unused potential

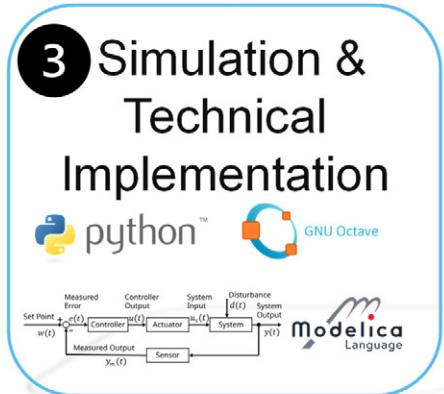
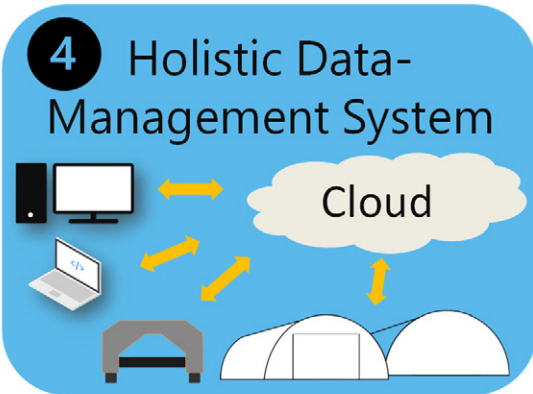
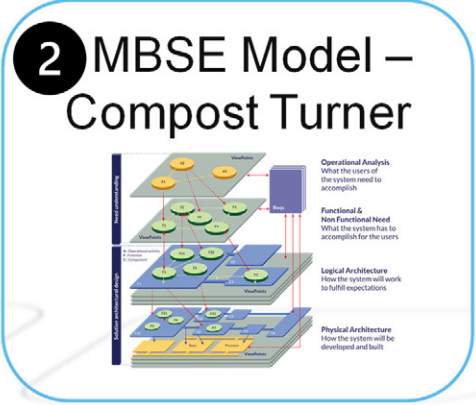
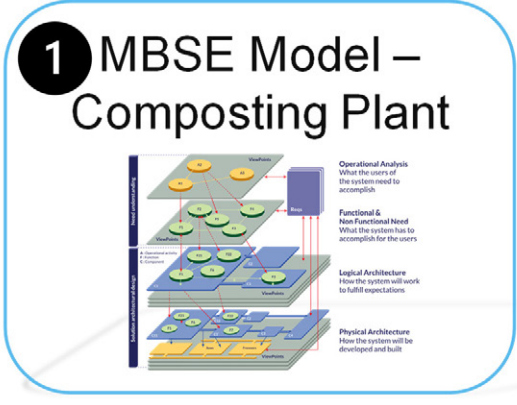


## ❑ Aim of Research

- 1. Developing a Method to Transform Industrial Composting Plants towards Standards of Industry 4.0 under Consideration of Technical and Logistical Aspects**
- 2. Implementation and realisation of the method at an industrial composting plant**



# Framework, Methods and Tools



- 1 Developing a holistic model of the composting plant
  - Model-Based Systems Engineering (MBSE) method to analyse functional and non-functional requirements
- 2 In-depth MBSE modelling of an autonomous compost turner to
  - identify system processes
- 3 Implementation of the MBSE model from point 2
  - simulation and technical implementation in a prototype of an autonomous compost turner.
- 4 Methodical development of a data management system, based on
  - requirements and processes from MBSE model of point 1 and technical framework conditions of point 2

## References

- EUROSTAT. Municipal waste by waste management operations [online]. March 2022. [Accessed 21 March 2022]. Available from: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/b417d0a6-bfff-49a5-886d-60ff76a0d352?lang=en>
- Schedler, M. et.al. (2020). Interdisciplinary System Simulation of a Tracked Compost Turner. Procedia Manufacturing
- VOIRIN, Jean-Luc. Model-based system and architecture engineering with the arcadia method. Kidlington, Oxford : Elsevier, 2017



# Beitrag zur Beschreibung des Bewegungsverhaltens von Kleinsendungen und Polybags mit Hilfe von Regressionsmodellen

Patrick Kröpfl

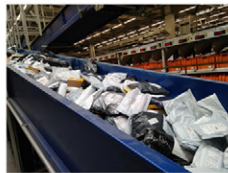


## Einleitung

Durch den starken Zuwachs in der Kurier-Express-Paket Branche kam es in den letzten Jahren zu einer ständigen Weiterentwicklung in Bezug auf die Verpackungen von Sendungen. Klassische Verpackungen aus Papier oder Kartontage werden häufig durch Kunststoffbeutel, welche auch Polybags genannt werden, ersetzt [1].



Probleme bei der Verarbeitung in Sortieranlagen [2]



Sendungsspektrum aus Polybags [2]

Jene Polybags weisen viele physikalische Eigenschaften auf, für welche herkömmliche Sortieranlagen nicht ausgelegt sind. Angeregt durch diese Problemstellung, wurde am Institut für Technische Logistik (ITL) ein neuartiges Konzept für das Sortieren von Kleinsendungen entwickelt. Daraus entstand ist der **FreeFallSorter (FFS)**, dessen Aufbau auf einem schwerkraftgetriebenen Sortierprozess beruht [3].

Um dieses vielversprechende Konzept mit herkömmlichen Sortieranlagen vergleichen zu können, gilt der **Durchsatz** der Anlage als eine **maßgebliche Kenngröße**. Eine analytische Berechnung ist nur durch viele Vereinfachungen und Annahmen möglich, wodurch die Genauigkeit abnimmt. Daher ergibt sich die Frage nach einer **Alternative zur analytischen Durchsatzberechnung**.

## Zielsetzung

Abgeleitet aus der Durchsatzberechnung des FreeFallSorters, folgt als Zielsetzung die **Entwicklung einer Methodik zur Erzeugung eines Regressionsmodells für die Ermittlung der Durchlaufzeit von Stückgütern in Sortieranlagen**.

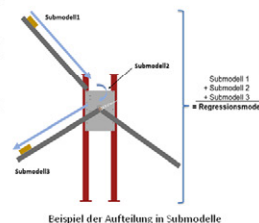
Als Kernpunkte der Methodik ergeben sich:

- Ermittlung der **Einflüsse auf die Durchlaufzeit**
- **Modularer Aufbau** um Anlagenlayouts beliebig zusammensetzen
- Gültigkeit für einen **breiten Parameterbereich**
- **Validierung durch Realdaten**
- **Höhere Genauigkeit** als analytische Berechnungen

## Modularer Aufbau

Das Gesamtmodell ergibt sich aus der **Zusammensetzung von Submodellen** :

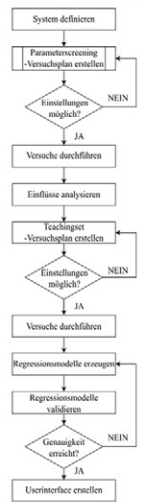
- Anfangszustand vor jedem Modell muss berücksichtigt werden
- Statistischer Ansatz für die **Anfangswernermittlung**
- Beliebige Zusammensetzbarkeit
- Allgemein **erweiterbar**



## Entwickelte Methodik

Bei der Entwicklung der Methodik liegt das Hauptaugenmerk auf einem **standardisierten Ablauf**. Als Unterstützung dienen Techniken aus der statistischen Versuchsplanung, der Regressionsanalyse und der Prozessvalidierung :

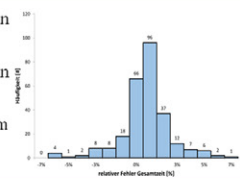
- Von **Systemanalyse bis hin zu Validierung** und Anwendung
- Strukturiertes Vorgehen durch **statistische Versuchsplanung**
- Minimierung der benötigten Trainingsdaten durch ein **Parameterscreening**
- Trainingsdaten und Validierungsdaten aus Realversuchen
- Laufende Überprüfung der Durchführbarkeit
- **Validierung der Regressionsmodelle**
- **Verbesserung der Genauigkeit** durch Anpassung der Stützstellen- und Versuchsanzahl



## Exemplarische Anwendung

Ergebnisse aus der exemplarischen Anwendung am FreeFallSorter :

- 91 % der vorhergesagten Werte liegen innerhalb einer Abweichung  $< +/- 3\%$
- **Genauigkeit** gegenüber Analytik um **10 % gesteigert**



## Ausblick

Neben der Ermittlung der Durchlaufzeit und in weiterer Folge des Durchsatzes, bietet das Regressionsmodell **weitere Anwendungsmöglichkeiten** :

- **Prozessoptimierung und Anlagensteuerung**
  - Taktten des Einschleusvorganges
- **Anlagenplanung und Optimierung**
  - Auslastung für vorgegebenes Stückgutsspektrum ermitteln
  - Vergleiche von möglichen Anlagenlayouts
- Erweiterung durch **Machine Learning**

## Literatur

- [1] Esser, K.; Kurte, J.: KEP-Studie 2021 – Analyse des Marktes in Deutschland. Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK), Cologne, 2021.
- [2] Schädler, M. et al.: Characteristics of 'polybags' used for low value consignments (small packets) in the mail, courier, express and parcel industry. Logistic Journal, 2021.
- [3] Schedler, M.; Landschützer, C.: Methodische Entwicklung eines neuartigen Sortiersystems für Polybags. Logistic Journal 2021, 2021.



# Einleitung

Durch den starken Zuwachs in der Kurier-Express-Paket Branche kam es in den letzten Jahren zu einer ständigen Weiterentwicklung in Bezug auf die Verpackungen von Sendungen. Klassische Verpackungen aus Papier oder Kartonage werden häufig durch Kunststoffbeutel, welche auch Polybags genannt werden, ersetzt [1].



Probleme bei der Verarbeitung in Sortieranlagen [2]



Sendungsspektrum aus Polybags [2]

Jene Polybags weisen viele physikalische Eigenschaften auf, für welche herkömmliche Sortieranlagen nicht ausgelegt sind. Angeregt durch diese Problemstellung, wurde am Institut für Technische Logistik (ITL) ein neuartiges Konzept für das Sortieren von Kleinsendungen entwickelt. Daraus entstand ist der **FreeFallSorter (FFS)**, dessen Aufbau auf einem schwerkraftgetriebenen Sortierprozess beruht [3].

Um dieses vielversprechende Konzept mit herkömmlichen Sortieranlagen vergleichen zu können, gilt der **Durchsatz** der Anlage als eine **maßgebliche Kenngröße**. Eine analytische Berechnung ist nur durch viele Vereinfachungen und Annahmen möglich, wodurch die Genauigkeit abnimmt. Daher ergibt sich die Frage nach einer **Alternative zur analytischen Durchsatzberechnung**.

# Zielsetzung

Abgeleitet aus der Durchsatzberechnung des FreeFallSorters, folgt als Zielsetzung die **Entwicklung einer Methodik zur Erzeugung eines Regressionsmodells für die Ermittlung der Durchlaufzeit von Stückgütern in Sortieranlagen.**

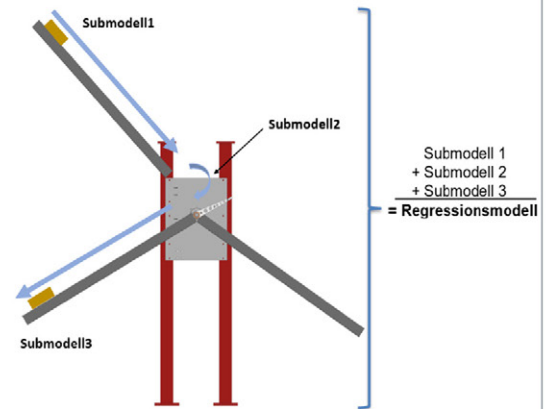
Als Kernpunkte der Methodik ergeben sich:

- Ermittlung der **Einflüsse auf die Durchlaufzeit**
- **Modularer Aufbau** um Anlagenlayouts beliebig zusammensetzen
- Gültigkeit für einen **breiten Parameterbereich**
- **Validierung durch Realdaten**
- **Höhere Genauigkeit** als analytische Berechnungen

# Modularer Aufbau

Das Gesamtmodell ergibt sich aus der **Zusammensetzung von Submodellen :**

- Anfangszustand vor jedem Modell muss berücksichtigt werden
- Statistischer Ansatz für die **Anfangswertermittlung**
- Beliebige Zusammensetzbarkeit
- Allgemein **erweiterbar**

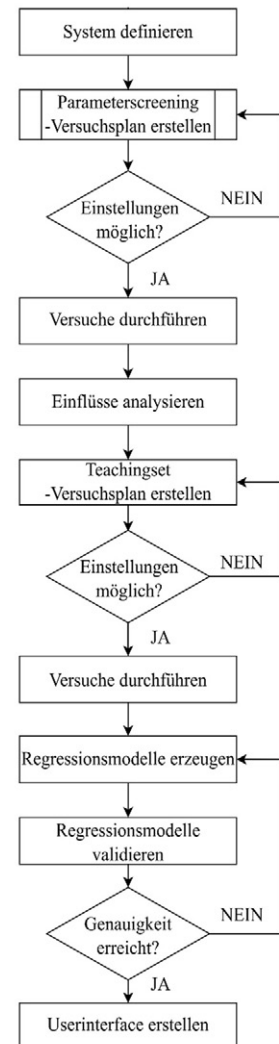


Beispiel der Aufteilung in Submodelle

# Entwickelte Methodik

Bei der Entwicklung der Methodik liegt das Hauptaugenmerk auf einem **standardisierten Ablauf**. Als Unterstützung dienen Techniken aus der statistischen Versuchsplanung, der Regressionsanalyse und der Prozessvalidierung :

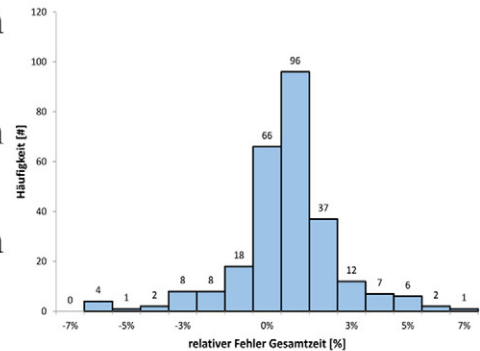
- Von **Systemanalyse bis hin zu Validierung** und Anwendung
- Strukturiertes Vorgehen durch **statistische Versuchsplanung**
- Minimierung der benötigten Trainingsdaten durch ein **Parameterscreening**
- Trainingsdaten und Validierungsdaten aus Realversuchen
- Laufende Überprüfung der Durchführbarkeit
- **Validierung der Regressionsmodelle**
- **Verbesserung der Genauigkeit** durch Anpassung der Stützstellen- und Versuchsanzahl



## Exemplarische Anwendung

Ergebnisse aus der exemplarischen Anwendung am FreeFallSorter :

- 91 % der vorhergesagten Werte liegen innerhalb einer Abweichung  $< \pm 3\%$
- **Genauigkeit** gegenüber Analytik um **10 % gesteigert**



## Ausblick

Neben der Ermittlung der Durchlaufzeit und in weiterer Folge des Durchsatzes, bietet das Regressionsmodell **weitere Anwendungsmöglichkeiten** :

- **Prozessoptimierung und Anlagensteuerung**
  - Takten des Einschleusvorganges
- **Anlagenplanung und Optimierung**
  - Auslastung für vorgegebenes Stückgutspektrum ermitteln
  - Vergleiche von möglichen Anlagenlayouts
- Erweiterung durch **Machine Learning**

## Literatur

- [1] Esser, K.; Kurte, J.: KEP-Studie 2021 – Analyse des Marktes in Deutschland. Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK), Cologne, 2021.
- [2] Schadler, M. et al.: Characteristics of ‘polybags’ used for low value consignments (small packets) in the mail, courier, express and parcel industry. Logistic Journal, 2021.
- [3] Schedler, M.; Landschützer, C.: Methodische Entwicklung eines neuartigen Sortiersystems für Polybags. Logistic Journal 2021, 2021.





# Simulation des Bewegungsverhaltens von Polybags



SCHEDLER Michael, KRÖPFL Patrick

## Einleitung

Die Verpackungsform der Sendungen innerhalb der KEP-Branche (Kurier-Express-Paket) hat sich in den letzten Jahren vermehrt von klassischen Verpackungen aus Kartonage hin zu Polybags gewandt. Polybags charakterisieren sich durch ihre verhältnismäßig kleinen geometrischen Abmaße, ihr geringes Gewicht und ein biegeschlaffes Verhalten. Diese Eigenschaften führen oft zu Problemen bei der Verarbeitung in Logistiksystemen. Um das Verhalten eines Polybags innerhalb verschiedener logistischer Prozesse genauer beschreiben zu können, werden am ITL Untersuchungen mit Hilfe verschiedener Simulationsmodelle durchgeführt, um somit Aufschluss über das Bewegungsverhalten des Polybags zu erhalten.

## Ziel der Untersuchung

Mit Hilfe von Simulationen soll das charakteristische Verhalten des Polybags und das daraus resultierende Bewegungsverhalten untersucht werden. Die Ergebnisse der Simulationen sollten die Grundlage für mögliche Optimierungen für bestehende Systeme in Logistikzentren schaffen und auch als Grundlage für Neuentwicklungen dienen. Der Einfluss von Strömungseffekten wird dabei mittels einer Computational Fluid Dynamics (CFD) Simulation in Ansys Fluent untersucht. Um die Auswirkungen des biegeschlaffen Verhaltens des Polybags auf das Bewegungsverhalten abzubilden, wird eine Mehrkörpersimulation (MKS) in MSC Adams aufgebaut.

## CFD-Modellbildung

Durch die geringe Masse der Sendungen ist die Untersuchung der Einflüsse aufgrund von Strömungserscheinungen ein wesentlicher Punkt. Im Vordergrund stehen dabei nicht spezifische Ergebnisse von Luftwiderstand (drag) oder Auf- bzw. Abtrieb, sondern vielmehr der Einfluss dieser Effekte bei Variation der Betriebszustände (bspw. Geschwindigkeit und Richtung der Anströmung). Um ein Modell für eine CFD Simulation vorzubereiten, wird die Geometrie des Polybags mit Hilfe von Photogrammetrie erzeugt. In Abb. 1 sind die einzelnen Prozessschritte ausgehend von den ursprünglichen Fotos bis hin zum fertigen CAD-Modell dargestellt. Darin ist der Polybag I. als Foto, II. in alicivison Meshroom, III. in Blender und IV. in Creo dargestellt. Das daraus entstehende CAD Modell wird anschließend in ANSYS Fluent exportiert und aus verschiedenen Richtungen angeströmt. Abb. 2 zeigt das Ergebnis einer CFD Simulation eines aus z-Richtung mit 2,5 m/s umströmten Polybags in Form von Stromliniendiagrammen. Insbesondere bei der axonometrischen Darstellung fällt auf, dass die Stromlinien in nahezu alle Richtungen abgelenkt werden, wodurch angenommen werden kann, dass mit einem konstanten Strömungskoeffizienten nur bedingt gerechnet werden kann.

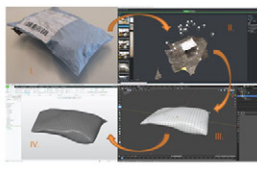


Abb. 1: Ablauf der Erstellung von Polybag-Geometrien [Ha21]

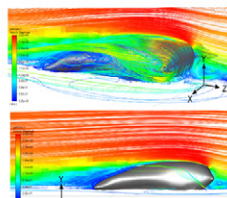


Abb. 2: Darstellungen der Stromlinien eines umströmten Polybags [Ha21]

## MKS-Modellbildung

Durch das biegeschlaffe Verhalten und der daraus resultierenden Verformung des Polybags kommt es bei der Verarbeitung häufig zu Problemen. Um Erkenntnisse über die Verformungen und das Gleitverhalten zu erhalten, wird daher der Polybag als ein Kugelverbund modelliert. Dieser wird über Kugeln, welche über masselose Stäbe miteinander verbunden sind, nachgebildet. Zwischen den Stäben und den Kugeln kommen Bushings zum Einsatz, welche wie ein Kugelgelenk mit rotatorischem Drehwiderstand wirken. Dies ist notwendig, um ein realitätsgereutes Verformungsverhalten des Grundmaterials 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. Das Modell wird skriptbasiert erstellt um somit beliebige Varianten hinsichtlich Abmessungen, Gewicht etc. erstellen zu können.

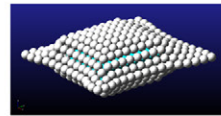


Abb. 3: Model eines Polybags mittels Kugelverbund [Ro19]

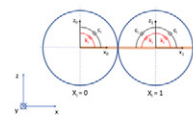


Abb. 4: Darstellung des Ersatzmodells (Verbindung der Einzelelemente) [Ro19]

## Ergebnisse

### MKS - Modellbildung:

Vergleiche mit Realversuchen haben ergeben, dass die Durchlaufzeit in einem Rutschensystem inkl. Umlenkung (durch einen Stoßvorgang) mit einer Abweichung von max. 11 % (STAW 5%) übereinstimmt.

### CFD – Modellbildung:

Als Ergebnis der CFD Simulation hat sich ein starker Einfluss des Widerstandskoeffizienten von der Anströmrichtung ergeben. Es ist ersichtlich, dass bereits bei kleinen Änderungen der Anströmrichtung große Veränderungen der Strömungskoeffizienten in den drei Achsrichtungen auftreten. Dies geht sogar so weit, dass der Strömungskoeffizient in x-Richtung sein Vorzeichen ändert und somit die resultierende Kraft ihre Wirkrichtung ändert (Abb. 5)

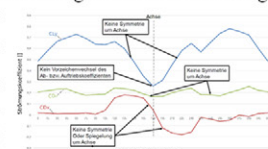


Abb. 5: Verlauf der Strömungskoeffizienten bei veränderlicher Anströmrichtung [Ha21]

## Ausblick

Innerhalb der Simulationsstudien hat sich gezeigt, dass grundlegende physikalische Eigenschaften von Polybags wie biegeschlaffes Verhalten und Einflüsse aus Strömungserscheinungen durchaus mit zufriedenstellender Genauigkeit darstellbar sind. Dennoch ist aufgrund des sehr hohen Aufwandes innerhalb der Modellierung der Polybags und den damit verbundenen hohen Rechenzeiten bis dato kein wirtschaftlicher Einsatz dieser Methoden möglich. Eine Verknüpfung der Simulationsdomänen erscheint aus selbigen Überlegungen wenig sinnvoll und ist derzeit nur mit hohem Aufwand möglich.

## Literatur

- [Ha21] Hafner, F.: Prozess zur Beschreibung des Fly-Out Verhaltens von Polybags innerhalb eines Sortiersystems. Masterarbeit, Graz, 2021.
- [Ro19] Roth, S.: Simulation von Beizellen Polybags und Untersuchung deren Umlenkverhaltens mittels Mehrkörper-Simulations-Modellen. Diplomarbeit, Graz, 2019.
- [SL21] Schedler, M., Landschützer, C.: Methodische Entwicklung eines neuartigen Sortiersystems für Polybags. Logistic Journal 2021, 2021.



## Einleitung

Die Verpackungsform der Sendungen innerhalb der KEP-Branche (Kurier-Express-Paket) hat sich in den letzten Jahren vermehrt von klassischen Verpackungen aus Kartonage hin zu **Polybags** gewandt. Polybags charakterisieren sich durch ihre verhältnismäßig **kleinen geometrischen Abmaße**, ihr **geringes Gewicht** und ein **biegeschlaffes Verhalten**. Diese Eigenschaften führen oft zu Problemen bei der Verarbeitung in Logistiksystemen. Um das Verhalten eines Polybags innerhalb verschiedener logistischer Prozesse genauer beschreiben zu können, werden am ITL Untersuchungen mit Hilfe verschiedener Simulationsmodelle durchgeführt, um somit Aufschluss über das Bewegungsverhalten des Polybags zu erhalten.

## Ziel der Untersuchung

Mit Hilfe von Simulationen soll das **charakteristische Verhalten** des Polybags und das daraus **resultierende Bewegungsverhalten** untersucht werden. Die Ergebnisse der Simulationen sollten die Grundlage für mögliche Optimierungen für bestehende Systeme in Logistikzentren schaffen und auch als Grundlage für Neuentwicklungen dienen. Der Einfluss von Strömungseffekten wird dabei mittels einer **Computational Fluid Dynamics (CFD)** Simulation in Ansys Fluent untersucht. Um die Auswirkungen des biegeschlaffen Verhaltens des Polybags auf das Bewegungsverhalten abzubilden, wird eine **Mehrkörpersimulationen (MKS)** in MSC Adams aufgebaut.

# CFD-Modellbildung

Durch die geringe Masse der Sendungen ist die Untersuchung der Einflüsse aufgrund von Strömungserscheinungen ein wesentlicher Punkt. Im Vordergrund stehen dabei nicht spezifische Ergebnisse von **Luftwiderstand** (drag) oder **Auf- bzw. Abtrieb**, sondern vielmehr der Einfluss dieser Effekte bei Variation der Betriebszustände (bspw. Geschwindigkeit und Richtung der Anströmung). Um ein Modell für eine CFD Simulation vorzubereiten, wird die Geometrie des Polybags mit Hilfe von **Photogrammetrie** erzeugt. In Abb. 1 sind die einzelnen Prozessschritte ausgehend von den ursprünglichen Fotos bis hin zum fertigen CAD-Modell dargestellt. Darin ist der Polybag I. als Foto, II. in alicivison Meshroom, III. in Blender und IV. in Creo dargestellt. Das daraus entstehende CAD Modell wird anschließend in ANSYS Fluent exportiert und aus verschiedenen Richtungen angeströmt. Abb. 2 zeigt das Ergebnis einer CFD Simulation eines aus z-Richtung mit 2,5 m/s umströmten Polybags in Form von Stromliniendiagrammen. Insbesondere bei der axonometrischen Darstellung fällt auf, dass die Stromlinien in nahezu **alle Richtungen** abgelenkt werden, wodurch angenommen werden kann, dass mit einem konstanten Strömungskoeffizienten nur bedingt gerechnet werden kann.

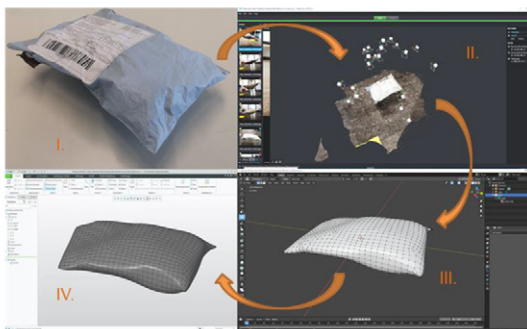


Abb. 1: Ablauf der Erstellung von Polybag-Geometrien [Ha21]

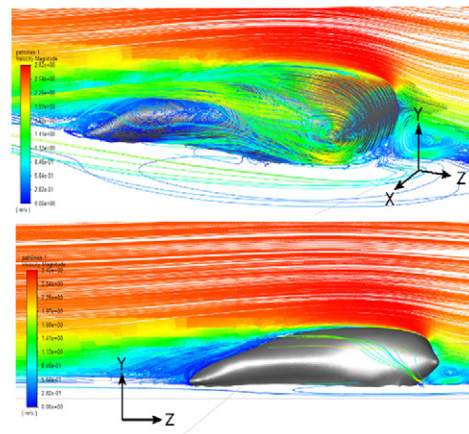


Abb. 2: Darstellungen der Stromlinien eines umströmten Polybags [Ha21]

# MKS-Modellbildung

Durch das biegeschlaffe Verhalten und der daraus resultierenden Verformung des Polybags kommt es bei der Verarbeitung häufig zu Problemen. Um Erkenntnisse über die Verformungen und das Gleitverhalten zu erhalten, wird daher der Polybag als ein **Kugelverbund** modelliert. Dieser wird über Kugeln, welche über masselose Stäbe miteinander verbunden sind, nachgebildet. 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 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. Das Modell wird skriptbasiert erstellt um somit beliebige Varianten hinsichtlich Abmessungen, Gewicht etc. erstellen zu können.

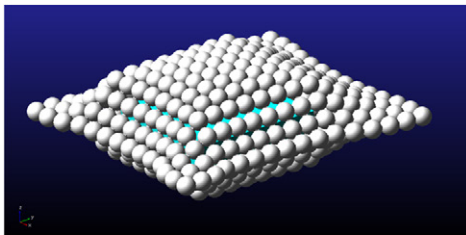


Abb. 3: Model eines Polybags mittels Kugelverbund [Ro19]

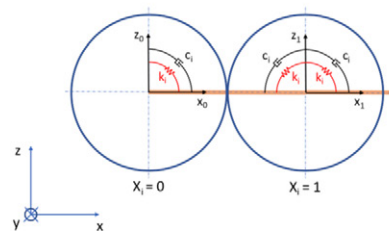


Abb. 4: Darstellung des Ersatzmodelles (Verbindung der Einzelemente) [Ro19]

# Ergebnisse

## MKS - Modellbildung:

Vergleiche mit Realversuchen haben ergeben, dass die Durchlaufzeit in einem Rutschensystem inkl. Umlenkung (durch einen Stoßvorgang) mit einer Abweichung von max. 11 % (STAW 5%) übereinstimmt.

## CFD – Modellbildung:

Als Ergebnis der CFD Simulation hat sich ein starker Einfluss des Widerstandskoeffizienten von der Anströmrichtung ergeben. Es ist ersichtlich, dass bereits bei kleinen Änderungen der Anströmrichtung große Veränderungen der Strömungskoeffizienten in den drei Achsrichtungen auftreten. Dies geht sogar so weit, dass der Strömungskoeffizient in x-Richtung sein Vorzeichen ändert und somit die resultierende Kraft ihre Wirkrichtung ändert (Abb. 5)

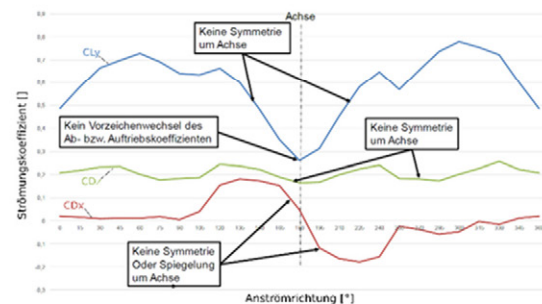


Abb. 5: Verlauf der Strömungskoeffizienten bei veränderlicher Anströmrichtung [Ha21]

# Ausblick

Innerhalb der Simulationsstudien hat sich gezeigt, dass grundlegende physikalische Eigenschaften von Polybags wie biegeschlaffes Verhalten und Einflüsse aus Strömungserscheinungen durchaus mit zufriedenstellender Genauigkeit darstellbar sind. Dennoch ist aufgrund des sehr hohen Aufwandes innerhalb der Modellierung der Polybags und den damit verbundenen hohen Rechenzeiten bis dato kein wirtschaftlicher Einsatz dieser Methoden möglich. Eine Verknüpfung der Simulationsdomänen erscheint aus selbigen Überlegungen wenig sinnvoll und ist derzeit nur mit hohem Aufwand möglich.

# Literatur

[Ha21] Hafner, F.: Prozess zur Beschreibung des Fly-Out Verhaltens von Polybags innerhalb eines Sortiersystems. Masterarbeit, Graz, 2021.

[Ro19] Roth, S.: Simulation von flexiblen Polybags und Untersuchung deren Umlenkverhaltens mittels Mehrkörper-Simulations- Modellen. Diplomarbeit, Graz, 2019.

[SL21] Schedler, M.; Landschützer, C.: Methodische Entwicklung eines neuartigen Sortiersystems für Polybags; Logistic Journal 2021, 2021.





# Erstellung eines Interaktiven Tools zur Modellierung von Intralogistischen Systemen für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Paketen

Gerald Mahringer



## Einleitung

Die nachhaltige und CO2 neutrale Zustellung stellt in Zeiten des Klimawandels eine wichtige und zukunftsorientierte Dienstleistungsform dar. Dieser Service wird von immer mehr Zustellern und Logistikdienstleistern angeboten, versprochen oder sogar garantiert. Doch was bedeutet eine nachhaltige Zustellung für die Lieferkette, bestehend aus Transportstrecken und mehrerer intralogistischer Knotenpunkten, an denen die Pakete und Sendungen umgeschlagen und sortiert werden? In Bild 1 ist ersichtlich, dass Verteilzentren mit 23% der Energiekosten der gesamten Lieferkette einen wesentlichen Anteil an deren Nachhaltigkeit leisten.

Dieses Forschungsprojekt beschäftigt sich mit Frage ob die Gestaltung intralogistischer Prozessketten direkten Einfluss auf die Nachhaltigkeit der gesamten Lieferkette und damit auf die Nachhaltigkeit von Paketen und Sendungen hat. Dabei werden verschiedene Aspekte der Energieeffizienz dargestellt und in Relation zur intralogistischen Prozesskette gebracht, um einen ganzheitlichen Einblick zu erhalten, in welchen Prozessschritten Optimierungspotentiale bzgl Nachhaltigkeit vorliegen.

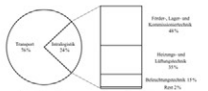


Bild 1: Energiekostenverteilung einer Lieferkette (1)

Dieser Aufbau erlaubt eine modulare Modellierung des Gesamtsystems. Dies ermöglicht eine interaktive Parametrisierung der Module und Subsysteme um schnell und einfach verschiedene Systeme darstellen zu können und somit das Gesamtsystem unter verschiedenen Gesichtspunkten auf verschiedene Faktoren (Energieverbrauch, CO2, ...) untersuchen zu können. Folgende Methoden werden unter anderem in dieser Arbeit angewandt.

- 1. Top-Down Systemmodellierung**  
Aufbau eines Modells des intralogistischen Gesamtsystems bestehend aus einzelnen Subsystemen und Modulen.
  - Erstellung von parametrisierbaren Modulen
  - Definition von Verknüpfungen und Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Modulen und Submodellen
- 2. Life Cycle Analysis (LCA)**  
Zur Erfassung aller relevanten Einflüsse bzgl Energieverbrauch in den einzelnen Modulen des Gesamtsystems
  - Definition von Systemgrenzen
- 3. Design of Experiments**  
Erfassung des Einflusses verschiedener Eingangsparameter auf die Outputparameter (Energieverbrauch, CO2, ...) des Gesamtsystems
  - Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Parametern
  - Grenzbereiche, Limits und Geltungsbereiche verschiedener Eingangsparameter

## Zielsetzung

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, darzustellen ob und in welchem Umfang es möglich ist, die Nachhaltigkeit eines bestimmten Paketes auf dem Weg durch ein intralogistisches System innerhalb einer Lieferkette (z.B. Verteilzentrum) zu erfassen und darzustellen. Das zentrale Element innerhalb dieses Projektes stellt dabei die Entwicklung und Bereitstellung eines interaktiven Tools dar, welches ermöglicht einfach und intuitiv intralogische Systeme zu modellieren. Die Anwendung verschiedener Eingangsparameter auf die mit diesem Tool erstellten Modelle liefert dabei Antworten auf unter anderem folgende Fragestellungen:

- Wieviel Energie wird an welchen Stationen im Verteilzentrum (Eingang, Ausgang, Einschleusung, Ausschleusung, ...) benötigt um ein bestimmtes Paket handeln und sortieren zu können
- Wovon ist es abhängig, wieviel Energie für die Sortierung eines bestimmten Paketes benötigt wird (Uhrzeit, Jahreszeit, Wochentag, Auslastung des Verteilzentrums, Sortierplan, ...)
- Ist die benötigte Energie für die Sortierung einer Sendung abhängig von der Sendungsart (Polybag, Kartongabe, Großbrief, ...)
- Kann eine Aussage über die Nachhaltigkeit der Sortierung eines bestimmten Paketes unter bestimmten Eingangsparametern (z.B. zu einem spezifischen Zeitpunkt) getroffen werden

## Fortschritt

Der derzeitige Schwerpunkt liegt auf der prototypischen Umsetzung eines Modellierungstools zur parametrischen Modellierung eines Logistikzentrums. Dabei liegt der Fokus auf der Erstellung und Verknüpfung von Modulen, welche u.a. folgende Aspekte des Logistikzentrums abdecken:

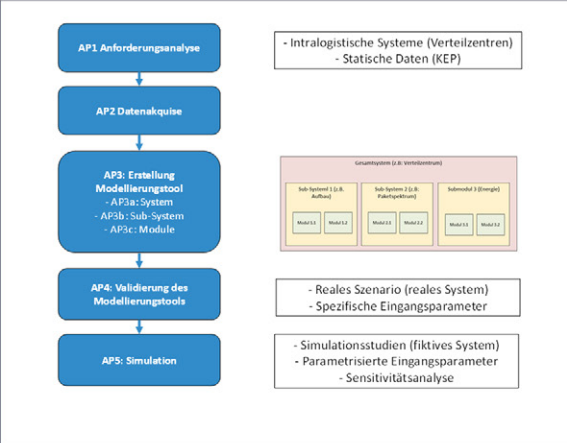
- Aufbau (Anzahl und Positionierung verschiedener Stationen des Verteilzentrums, ...)
- Prozess (Sortierpläne, Schicht- und Arbeitspläne, ...)
- Sendungsspektrum (Größen, Verteilung, Leseraten, ...)
- Energieeffizienz und Nachhaltigkeit (Energienix, Energieverbrauch der einzelnen Stationen, Energiebereitstellung, ...)
- Sonstiges (Trends, Saisonale Peaks, ...)

Ziel dieser prototypischen Umsetzung des Modellierungstools ist das Aufzeigen von möglichen Abhängigkeiten und Verknüpfungen zwischen verschiedenen Parametern und Teilaspekten rund um den Sortierprozess von Sendungen in einem Logistikzentrum. Die Erkenntnisse aus dieser Umsetzung und Erprobung des Tools kann dabei als vorbereitende Tätigkeit für das AP3 angesehen werden. Als nächster Schritt wird das erstellte Beta-Tool mit realistischen Daten und Inputs oder Prozessdaten aus realen und bestehenden Anlagen bespielt, die Outcomes entsprechend validiert und auf Plausibilität überprüft



Bild 2: Beispielfolle Eingabemaske zur parametrisierten Modellierung

## Ablauf



## Ausblick

Mit den gewonnen Erkenntnissen aus den Forschungsergebnissen dieses Projektes, als auch mit dem, in Zuge dieser Arbeit erstellen, interaktiven Modellierungs- und Simulationstools, wird die Grundlage geschaffen für weiterführende wissenschaftliche Überlegungen und Ansätze hinsichtlich Nachhaltigkeit von Paketen und Lieferketten:

- Ganzheitlichen Darstellung der Nachhaltigkeit einer gesamten Lieferkette (interdisziplinäres Forschungsfeld)
- Bewertung der Nachhaltigkeit von einzelnen Paketen oder spezifischen Paketspektren in Verteilzentren („Nachhaltigkeitslabel“ für Pakete)
- Handlungsempfehlung für die Konzeptionierung von intralogistischen Systemen hinsichtlich Nachhaltigkeit

Als Teil der Forschungsinitiative Nachhaltige Personen und Gütermobilität ist der Bearbeiter dieses Forschungsvorhabens in eine Gemeinschaft aus wissenschaftlichen Mitarbeiter und Dissertanten an der Fakultät für Maschinenbau und Betriebswirtschaft an der TU Graz eingebunden. Erklärtes Ziel dieser Forschungsinitiative ist ein interdisziplinärer Forschungs- und Wissensaustausch der beteiligten Forscher und Institute mit dem übergeordneten Ziel der Weiterentwicklung der Nachhaltigkeit in den Bereichen Personen- und Gütertransport sowie Logistik.



## Methodik

Die Modellierung des intralogistischen Gesamtsystems erfolgt mittels Erstellung und Verknüpfung einzelner Subsystemen und Module. Dabei wird nach dem Top-Down Prinzip vorgegangen wobei von der Systemebene „Intralogistisches Gesamtsystem“ ausgegangen wird, welches aufgebaut aus verschiedenen Subsystemen dargestellt werden kann. Diese Subsysteme können wiederum mittels einzelner Module und deren Verknüpfungen dargestellt werden.

## Literatur

[1] F. Lotterberger, "Beitrag zu einer energieeffizienten Materialflusstechnik Grundlagen zur Ermittlung, zum Vergleich und zur Steigerung der Energieeffizienz", S4, 2016





# Einleitung

Die nachhaltige und CO<sub>2</sub> neutrale Zustellung stellt in Zeiten des Klimawandels eine wichtige und zukunftsorientierte Dienstleistungsform dar. Dieser Service wird von immer mehr Zustellern und Logistikdienstleistern angeboten, versprochen oder sogar garantiert. Doch was bedeutet eine nachhaltige Zustellung für die Lieferkette, bestehend aus Transportstrecken und mehrerer intralogistischer Knotenpunkten, an denen die Pakete und Sendungen umgeschlagen und sortiert werden? In Bild 1 ist ersichtlich, dass Verteilzentren mit 23% der Energiekosten der gesamten Lieferkette einen wesentlichen Anteil an deren Nachhaltigkeit leisten.

Dieses Forschungsprojekt beschäftigt sich mit Frage ob die Gestaltung intralogistischer Prozessketten direkten Einfluss auf die Nachhaltigkeit der gesamten Lieferkette und damit auf die Nachhaltigkeit von Paketen und Sendungen hat. Dabei werden verschiedene Aspekte der Energieeffizienz dargestellt und in Relation zur intralogistischen Prozesskette gebracht, um einen ganzheitlichen Einblick zu erhalten, in welchen Prozessschritten Optimierungspotentiale bzgl Nachhaltigkeit vorliegen.

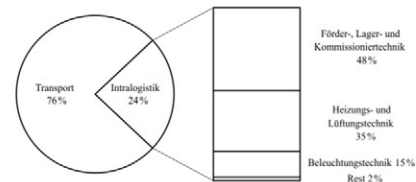


Bild 1: Energiekostenverteilung einer Lieferkette [1]

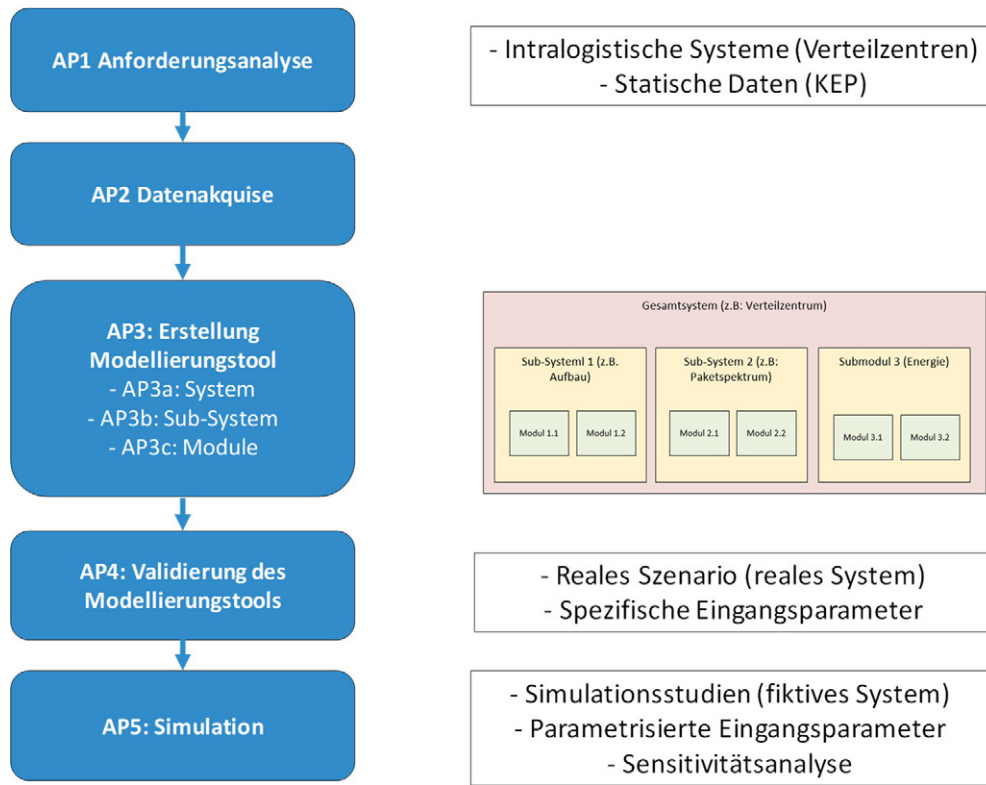
# Zielsetzung

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, darzustellen ob und in welchem Umfang es möglich ist, die **Nachhaltigkeit** eines **bestimmten Paketes** auf dem Weg durch ein **intralogistisches System innerhalb einer Lieferkette** (z.B. Verteilzentrum) zu erfassen und darzustellen. Das zentrale Element innerhalb dieses Projektes stellt dabei die **Entwicklung und Bereitstellung eines interaktiven Tools** dar, welches ermöglicht einfach und intuitiv intralogische Systeme zu modellieren.

Die Anwendung verschiedener Eingangsparameter auf die mit diesen Tool erstellen Modelle liefert dabei Antworten auf unter anderem folgende Fragestellungen:

- Wieviel Energie wird an welchen Stationen im Verteilzentrum (Eingang, Ausgang, Einschleusung, Ausschleusung, ...) benötigt um ein bestimmtes Paket handeln und sortieren zu können
- Wovon ist es abhängig, wieviel Energie für die Sortierung eines bestimmtes Paketes benötigt wird (Uhrzeit, Jahreszeit, Wochentag, Auslastung des Verteilzentrums, Sortierplan, ...)
- Ist die benötigte Energie für die Sortierung einer Sendung abhängig von der Sendungsart (Polybag, Kartonage, Großbrief, ...)
- Kann eine Aussage über die Nachhaltigkeit der Sortierung eines bestimmtes Paket unter bestimmten Eingangsparametern (z.B.: zu einem spezifischen Zeitpunkt) getroffen werden

# Ablauf



Dieser Aufbau erlaubt eine modulare Modellierung des Gesamtsystems. Dies ermöglicht eine interaktive Parametrisierung der Module und Subsysteme um schnell und einfach verschiedene Systeme darstellen zu können und somit das Gesamtsystem unter verschiedenen Gesichtspunkten auf verschiedene Faktoren (Energieverbrauch, CO<sub>2</sub>, ...) untersuchen zu können.

Folgende Methoden werden unter anderem in dieser Arbeit angewandt.

### **1. Top-Down Systemmodellierung**

Aufbau eines Modells des intralogistischen Gesamtsystem bestehend aus einzelnen Subsystemen und Modulen.

- Erstellung von parametrisierbaren Modulen
- Definition von Verknüpfungen und Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Modulen und Submodellen

### **2. Life Cycle Analysis (LCA)**

Zur Erfassung aller relevanten Einflüsse bzgl Energieverbrauch in den einzelnen Modulen des Gesamtsystems

- Definition von Systemgrenzen

### **3. Design of Experiments**

Erfassung des Einflusses verschiedener Eingangsparameter auf die Outputparameter (Energieverbrauch, CO<sub>2</sub>, ...) des Gesamtsystems

- Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Parametern
- Grenzbereiche, Limits und Geltungsbereiche verschiedener Eingangsparameter

# Fortschritt

Der derzeitige Schwerpunkt liegt auf der prototypischen Umsetzung eines Modellierungstools zur parametrischen Modellierung eines Logistikzentrums. Dabei liegt der Fokus auf der Erstellung und Verknüpfung von Modulen, welche u.a. folgende Aspekte des Logistikzentrums abdecken:

- Aufbau (Anzahl und Positionierung verschiedener Stationen des Verteilzentrums, ...)
- Prozess (Sortierpläne, Schicht- und Arbeitspläne, ...)
- Sendungsspektrum (Größen, Verteilung, Leseraten, ...)
- Energieeffizienz und Nachhaltigkeit (Energimix, Energieverbrauch der einzelnen Stationen, Energiebereitstellung, ...)
- Sonstiges (Trends, Saisonale Peaks, ...)

Ziel dieser prototypischen Umsetzung des Modellierungstools ist das Aufzeigen von möglichen Abhängigkeiten und Verknüpfungen zwischen verschiedener Parameter und Teilaspekte rund um den Sortierprozess von Sendungen in einem Logistikzentrum. Die Erkenntnisse aus dieser Umsetzung und Erprobung des Tools kann dabei als vorbereitende Tätigkeit für das AP3 angesehen werden. Als nächster Schritt wird das erstellte Beta-Tool mit realistischen Daten und Inputs oder Prozessdaten aus realen und bestehenden Anlagen bespielt, die Outcomes entsprechend validiert und auf Plausibilität überprüft

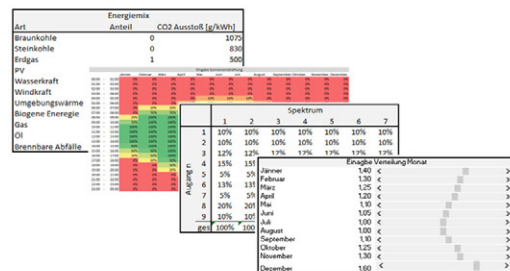


Bild 2: Beispielhafte Eingabemasken zur parametrisierten Modellierung

# Ausblick

Mit den gewonnen Erkenntnissen aus den Forschungsergebnissen dieses Projektes, als auch mit dem, im Zuge dieser Arbeit erstellten, interaktiven Modellierungs- und Simulationstools, wird die Grundlage geschaffen für weiterführende wissenschaftliche Überlegungen und Ansätze hinsichtlich Nachhaltigkeit von Paketen und Lieferketten:

- Ganzheitlichen Darstellung der Nachhaltigkeit einer gesamten Lieferkette (interdisziplinäres Forschungsfeld)
- Bewertung der Nachhaltigkeit von einzelnen Paketen oder spezifischen Paketspektren in Verteilzentren („Nachhaltigkeitslabel“ für Pakete)
- Handlungsempfehlung für die Konzeptionierung von intralogistischen Systemen hinsichtlich Nachhaltigkeit

Als Teil der **Forschungsinitiative Nachhaltige Personen und Gütermobilität** ist der Bearbeiter dieses Forschungsvorhabens in eine Gemeinschaft aus wissenschaftlichen Mitarbeiter und Dissertanten an der Fakultät für Maschinenbau und Betriebswirtschaft an der TU Graz eingebunden. Erklärtes Ziel dieser Forschungsinitiative ist ein interdisziplinärer Forschungs- und Wissensaustausch der

beteiligten Forscher und Institute mit dem übergeordneten Ziel der Weiterentwicklung der Nachhaltigkeit in den Bereichen Personen- und Gütertransport sowie Logistik



# Literatur

[1] F. Lottersberger; “Beitrag zu einer energieeffizienten Materialflusstechnik Grundlagen zur Ermittlung, zum Vergleich und zur Steigerung der Energieeffizienz”; S4; 2016





# Konzepte zur Umsetzung der Parametric Modeling Method in einer web-basierten Umgebung

Alexander Ortner-Pichler, Christian Landschützer



## Forschungskontext

- Forschung am Institut für Technische Logistik im Rahmen des Forschungsfelds „Logistik Technologie“ an der **Steigerung der Effizienz des Planungsprozesses** intralogistischer Systeme durch den fokussierten Einsatz verschiedener IT-Tools
- Entwicklung von Konzepten zur Nutzung von **Knowledge-based Engineering** auf Basis der **Parametric Modeling Method** mit einem interfacebasierten Ansatz
- **Interfacebasierter Ansatz nach [1]**
  - Trennung von Berechnungslogik und 3D-Systemdesign
  - Kopplung der Systembestandteile durch Interfaces
- **Parametric Modeling Method [2]**
  - Nutzung parametrisch-assoziativer 3D-Modelle im Design-Prozess
  - Geometriemanipulation und Detailkonfiguration mit Hilfe eines dedizierten CAD-Pakets

## Workflow und Performance

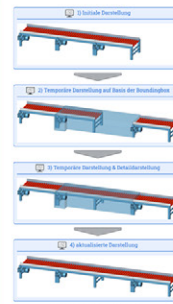


Abbildung 2 [5]

### Workflow (Abb. 2)

- Nutzung bei der Implementierung einer am Institut entwickelten Methode nach [3]
- Intralogistische Gewerke werden als Blackboxen beschrieben
- Nutzung verschiedener Anzeigemodi (Grobgeometrie, Detailgeometrie)
- Gestaltung eines unterbrechungs-freien Planungsprozesses durch asynchrone Geometriemanipulation



Abbildung 3 [3]

### Performance (Abb. 3)

- Testsystem eines ca. 350m langen Förderersystems rendert mit 60fps auf mobilen Endgeräten
- Darstellung von ca. 1,1 Millionen Dreiecksflächen basierend auf 3,3 Millionen Vertices

## Systemarchitektur

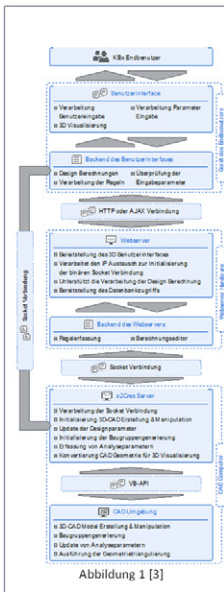


Abbildung 1 [3]

### Systemarchitektur [5]

- Entwicklung einer hochperformanten Systemarchitektur, die die Nutzung auch auf mobilen Endgeräten erlaubt.
- Durchgängige Prozessentwicklung zwischen Endbenutzer, Berechnungslogik und CAD-Paket
- Entwicklung und Nutzbarmachung der notwendigen Schnittstellen

### Dateikonvertierung

- Prozessentwicklung zur Konvertierung der nativen CAD-Daten in ein, in der Webumgebung nutzbares, Format
- Optimierte Konvertierung und Datenübertragung zur Reduktion der Rechenlast am Endgerät

## Prototypische Umsetzung & Ausblick

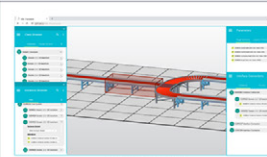


Abbildung 4 [4]

### Prototypische Umsetzung

- Implementierung der Methode nach [3]
- Visualisierung auf Basis der vorgestellten Systemarchitektur

- Umsetzung der asynchronen Geometrieerzeugung zur Gewährleistung durchgängiger Planungsprozesse

### Ausblick

- Die Umsetzung in einer web-basierten Umgebung schafft neue Möglichkeiten im Planungsprozess und eröffnet eine Vielzahl möglicher Endgeräte.
- Durch die Nutzbarmachung mobiler Endgeräte können z.B. Augmented oder Virtual Reality Systeme zur On-Site-Planung umgesetzt werden.
- Weitere Forschung wird in der Umsetzung solcher Systeme und der Entwicklung neuer Einsatzszenarien betrieben.

## Literatur

[1] Ortner-Pichler, Alexander, Landschützer, Christian: Improving Geometry Manipulation Capabilities of knowledge-based Engineering Applications by the versatile Integration of 3D-CAD Systems. In: The Publications of the MultiScience - XXX microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference University of Miskolc, Miskolc, 2017.

[2] E. Jayakumar Reddy, C.N.V. Sridhar, V. Pandu Rangadu, Knowledge Based Engineering. Notion, Approaches and Future Trends. In: American, J. Intell. Syst. 5 (1) (2015) 1-17, <https://doi.org/10.5923/j.ajis.20150501.01>

[3] Ortner-Pichler, Alexander, Landschützer, Christian: Konzepte zur Nutzung von Knowledge-based Engineering in der Planung intralogistischer Systeme. Konzepte zur Nutzung von Knowledge-based Engineering in der Planung intralogistischer Systeme. In: 16. Fachkolloquium der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Technische Logistik e.V. (WGTL), 2020, S. 47-59

[4] Ortner-Pichler, Alexander, Landschützer, Christian: Concepts for the use of Knowledgebased engineering in intralogistics system planning. In: MHCL 2019: XXIII International Conference on "Material Handling, Construction and Logistics" Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade University, 2019, S. 235-238

[5] Ortner-Pichler, Alexander, Landschützer, Christian: Integration of parametric modelling in web-based knowledge-based engineering applications. In: Advanced Engineering Informatics, 2022, 51. Jg., Article: 101492. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101492>





# Forschungskontext

- Forschung am Institut für Technische Logistik im Rahmen des Forschungsfelds „Logistik Technologie“ an der **Steigerung der Effizienz des Planungsprozesses** intralogistischer Systeme durch den fokussierten Einsatz verschiedener IT-Tools
- Entwicklung von Konzepten zur Nutzung von **Knowledge-based Engineering** auf Basis der **Parametric Modeling Method** mit einem interfacebasierten Ansatz
- **Interfacebasierter Ansatz nach [1]**
  - Trennung von Berechnungslogik und 3D-Systemdesign
  - Kopplung der Systembestandteile durch Interfaces
- **Parametric Modeling Method [2]**
  - Nutzung parametrisch-assoziativer 3D-Modelle im Design-Prozess
  - Geometriemanipulation und Detailkonfiguration mit Hilfe eines dedizierten CAD-Pakets

# Systemarchitektur

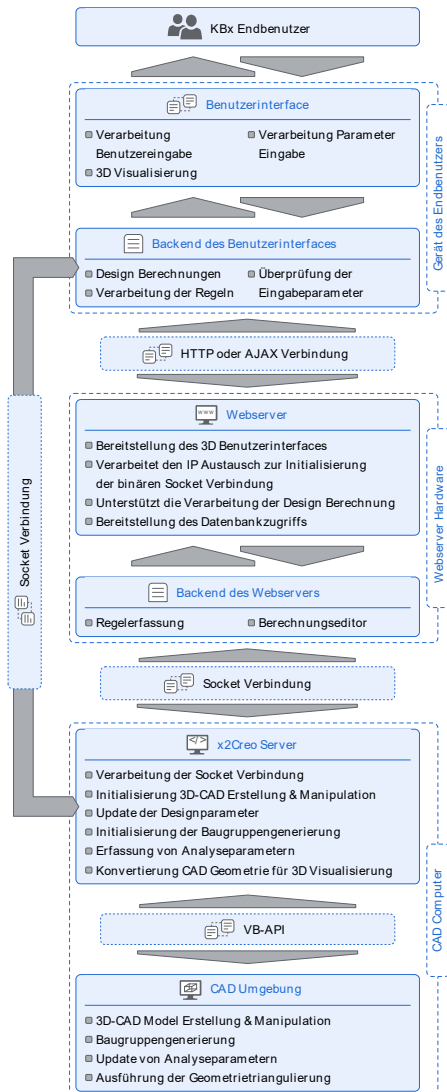


Abbildung 1 [3]

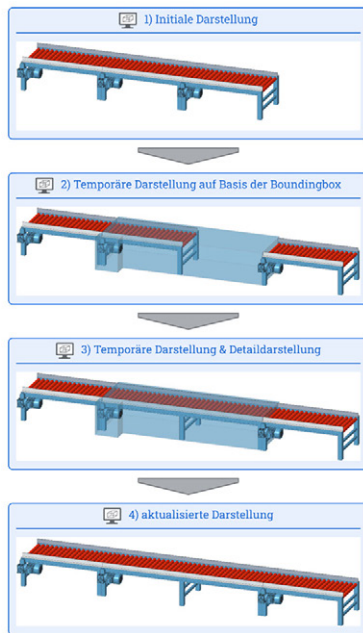
## Systemarchitektur [5]

- Entwicklung einer hochperformanten Systemarchitektur, die die Nutzung auch auf mobilen Endgeräten erlaubt.
- Durchgängige Prozessentwicklung zwischen Endbenutzer, Berechnungslogik und CAD-Paket
- Entwicklung und Nutzbarmachung der notwendigen Schnittstellen

## Dateikonvertierung

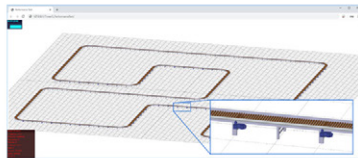
- Prozessentwicklung zur Konvertierung der nativen CAD-Daten in ein, in der Webumgebung nutzbares, Format
- Optimierte Konvertierung und Datenübertragung zur Reduktion der Rechenlast am Endgerät

# Workflow und Performance



## Workflow (Abb. 2)

- Nutzung bei der Implementierung einer am Institut entwickelten Methode nach [3]
- Intralogistische Gewerke werden als Blackboxen beschrieben
- Nutzung verschiedener Anzeigemodi (Grobgeometrie, Detailgeometrie)
- Gestaltung eines unterbrechungsfreien Planungsprozesses durch asynchrone Geometriemanipulation



## Performance (Abb. 3)

- Testsystem eines ca. 350m langen Förderersystems rendert mit 60fps auf mobilen Endgeräten
- Darstellung von ca. 1,1 Millionen Dreiecksflächen basierend auf 3,3 Millionen Vertices

# Prototypische Umsetzung & Ausblick

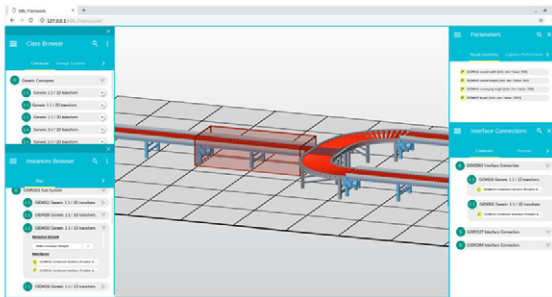


Abbildung 4 [4]

## Prototypische Umsetzung

- Implementierung der Methode nach [3]
- Visualisierung auf Basis der vorgestellten Systemarchitektur

- Umsetzung der asynchronen Geometrierzeugung zur Gewährleistung durchgängiger Planungsprozesse

## Ausblick

- Die Umsetzung in einer web-basierten Umgebung schafft neue Möglichkeiten im Planungsprozess und eröffnet eine Vielzahl möglicher Endgeräte.
- Durch die Nutzbarmachung mobiler Endgeräte können z.B. Augmented oder Virtual Reality Systeme zur On-Site-Planung umgesetzt werden.
- Weitere Forschung wird in der Umsetzung solcher Systeme und der Entwicklung neuer Einsatzszenarien betrieben.



# Classifying Small Consignments by Means of Industrial Artificial Intelligence

Michael Schadler, Dominik Stadlthanner

## Problem Statement

The logistics industry has seen rapid growth in shipment volumes in recent years. From 2010 to 2020 alone, the volume of CEP shipments in Germany grew by around 74% [1]. In the last two years, e-commerce has grown particularly strongly, partly due to the COVID19 crisis, which has had an even greater impact on the CEP industry. In addition to the high growth rates in this sector, a regional change can also be observed in online trade. The share of cross-border shipments coming from China increased within four years from 26% (2016) to 36% (2019). In the course of these developments, the composition of the shipment spectrum is also increasingly changing classic parcels are being displaced by small consignments, which are often packaged in plastic bags. These so-called 'polybags' (see Fig. 1) have several unfavorable characteristics, such as a high degree of flexibility and a variable center of gravity, which create major challenges when processed by automated conveyor systems in logistics distribution centers [2, p. 42]. To overcome the challenges of automatic sorting of small consignments, a new gravity-driven sorting system called "Free-Fall-Sorter" (see Fig. 2) was developed at the Institute of Logistics Technology at Graz University of Technology, which is based on the principle of a decision tree [3]. Postal service providers are forced to process so-called mixed mail, which is usually delivered in large quantities. In practice, the separation and alignment of mixed mail is still mostly done manually or only partially automatically. The separation of mixed mail items after singulation would be beneficial for the targeted feeding of small items for sorting in the free-fall sorter.



Fig. 1: Polybag

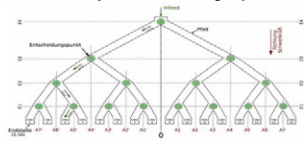


Fig. 2: Schematic diagram of the so called 'Free-Fall-Sorter' [3, p. 13]

## Objectives

This study aims to develop a novel classification method that can be used to automatically categorize small consignments into three classes, namely: cardboard, kraft paper or polybag. The method uses computer vision and machine learning algorithms to classify the mixed-mail items. The information obtained in this way can be used for the following:  
 1) Automated acquisition of shipment types in distribution centers and subsequent statistical evaluation.  
 2) Prepare a pre-sorted stream of singulated mixed-mail items that can be fed into the appropriate sorting technology such as the free-fall sorter for optimized sorting quality and performance.  
 Beside high classification accuracy and high classification speed another key objectives of this research is the possibility to deploy the algorithm on low-cost hardware. Specifically, the use of a 'Raspberry Pi 4' and a 'Google Coral Edge TPU' USB-accelerator is intended.



Fig. 3: HW setup used for experiments: Raspberry Pi 4 and Google Coral Edge TPU

## Method

Image processing using machine learning techniques usually requires a very large number of samples and extensive time and computational power to train the underlying models. To minimize the effort required of training a model from scratch, the concept of 'transfer learning' is used (see Fig. 3). 'Transfer learning reuses knowledge from past related tasks to ease the process of learning to perform a new task. The goal of transfer learning is to leverage previous learning and experience to more efficiently learn novel, but related, concepts, compared to what would be possible without this prior experience [cp. 5, p. 161–162].'

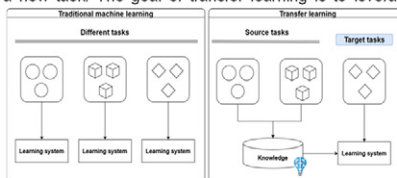


Fig. 3: Different learning processes between traditional machine learning and transfer learning [4, p. 1346]

In the first experiments, well-known convolutional neural networks (CNNs) such as AlexNet, GoogLeNet, VGG-16, ResNet50 etc. were reimplemented using Matlab. Initial results looked promising but still it was decided to reimplement the code in Python and using a CNN called MobileNetV2, since high accuracy of CNNs come at a certain cost: high computational resources beyond the capabilities of mobile and embedded applications [6, p. 4510]. MobileNetV2 is a CNN that is specifically tailored for mobile and resource constrained environments. The model retains the same accuracy, while significantly decreasing the number of operations and memory needed [6, p. 4510].

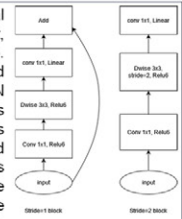


Fig. 4: Architecture of MobileNetV2 [6, p. 4515]

## Preliminary Results

The dataset used to retrain the MobileNetV2 neural network contains 964 pictures captured by a real-life identification system in a sorting hub of a CEP service provider. The dataset was split into a training, validation and testing dataset with a ratio of 80%-10%-10%. The initial trials achieved an overall prediction accuracy of 85,12%. After finetuning the model, the accuracy was raised to 96%. The inference on the Edge TPU requires less than 50ms.

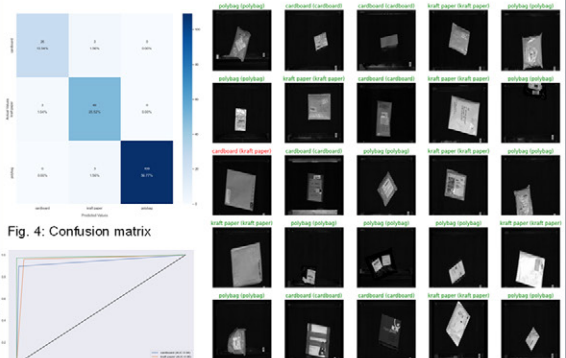


Fig. 4: Confusion matrix

Fig. 5: AUC ROC curve

Fig. 6: Extract from the classification results of real mixed-mail footage taken from a distribution center

## Outlook

The current algorithm can be applied specifically to individual images of sorting centers. Even more, these single images are only black and white images due to the camera. Further work will focus on the implementation of a live video stream that extracts colored frames and passes them to the algorithm for inference.

## Literature

- [1] K. Esser and J. Kurte, „KEP-Studie 2021 – Analyse des Marktes in Deutschland: Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK)“, KE-CONSULT Kurte&Esser GmbH, Cologne, 2021.
- [2] WIK-Consult GmbH, Hg., „Development of Cross-border E-commerce through Parcel Delivery: A study for DG GROW“. Delivering for the Future III: Workshop on Developments in the Postal Sector, Brussels, 19. Jan. 2019. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/cbparcel/20190128\\_wik\\_GROW\\_ParcelStudy\\_3rdPSW\\_v5.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/cbparcel/20190128_wik_GROW_ParcelStudy_3rdPSW_v5.pdf). Zugriff am: 9. September 2020.
- [3] M. Schedler and C. Landschützer, „Methodische Entwicklung eines neuartigen Sortiersystems für Polybags“, 2021.
- [4] S. J. Pan and Q. Yang, „A Survey on Transfer Learning“, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Jg. 22, Nr. 10, S. 1345–1359, 2010, doi: 10.1109/TKDE.2009.191.
- [5] L. Yang, S. Hanneke and J. Carbonell, „A theory of transfer learning with applications to active learning“, *Mach Learn*, Jg. 90, Nr. 2, S. 161–189, 2013, doi: 10.1007/s10994-012-5310-y.
- [6] M. Sandler, A. Howard, M. Zhu, A. Zhmoginov and L.-C. Chen, „MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks“ in *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Salt Lake City, UT, 2018, S. 4510–4520, doi: 10.1109/CVPR.2018.00474.



# Problem Statement

The logistics industry has seen rapid growth in shipment volumes in recent years. From 2010 to 2020 alone, the volume of CEP shipments in Germany grew by around 74% [1]. In the last two years, e-commerce has grown particularly strongly, partly due to the COVID19 crisis, which has had an even greater impact on the CEP industry. In addition to the high growth rates in this sector,



Fig. 1: Polybag

a regional change can also be observed in online trade: The share of cross-border shipments coming from China increased within four years from 26% (2016) to 36% (2019). In the course of these developments, the composition of the shipment spectrum is also increasingly changing classic parcels are being displaced by small consignments, which are often packaged in plastic bags. These so-called 'polybags' (see Fig. 1) have several unfavorable characteristics, such as a high degree of flexibility and a variable center of gravity, which create major challenges when processed by automated conveyor systems in logistics distribution centers [2, p. 42]. To overcome the challenges of automatic sorting of small consignments, a new gravity-driven sorting system called "Free-Fall-Sorter" (see Fig. 2) was developed at the Institute of Logistics Technology at Graz University of Technology, which is based on the principle of a decision tree [3]. Postal service providers are forced to process so-called mixed mail, which is usually delivered in large quantities.

In practice, the separation and alignment of mixed mail is still mostly done manually or only partially automatically. The separation of mixed mail items after singulation would be beneficial for the targeted feeding of small items for sorting in the free-fall sorter.

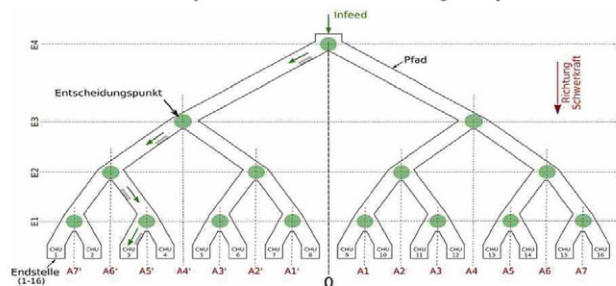


Fig. 2: Schematic diagram of the so called 'Free-Fall-Sorter' [3, p. 13]

# Objectives

This study aims to develop a novel classification method that can be used to automatically categorize small consignments into three classes, namely: cardboard, kraft paper or polybag. The method uses computer vision and machine learning algorithms to classify the mixed-mail items. The information obtained in this way can be used for the following:

1) Automated acquisition of shipment types in distribution centers and subsequent statistical evaluation.

2) Prepare a pre-sorted stream of singulated mixed-mail items that can be feed into the appropriate sorting technology such as the free-fall sorter for optimized sorting quality and performance.



Fig. 3: HW setup used for experiments: Raspberry Pi 4 and Google Coral Edge TPU

Beside high classification accuracy and high classification speed another key objectives of this research is the possibility to deploy the algorithm on low-cost hardware. Specifically, the use of a 'Raspberry Pi 4' and a 'Google Coral Edge TPU' USB-accelerator is intended.

# Method

Image processing using machine learning techniques usually requires a very large number of samples and extensive time and computational power to train the underlying models. To minimize the effort required of training a model from scratch, the concept of 'transfer learning' is used (see Fig. 3). 'Transfer learning reuses knowledge from past related tasks to ease the process of learning to perform a new task. The goal of transfer learning is to leverage previous learning

and experience to more efficiently learn novel, but related, concepts, compared to what would be possible without this prior experience [cp. 5, p. 161–162].'

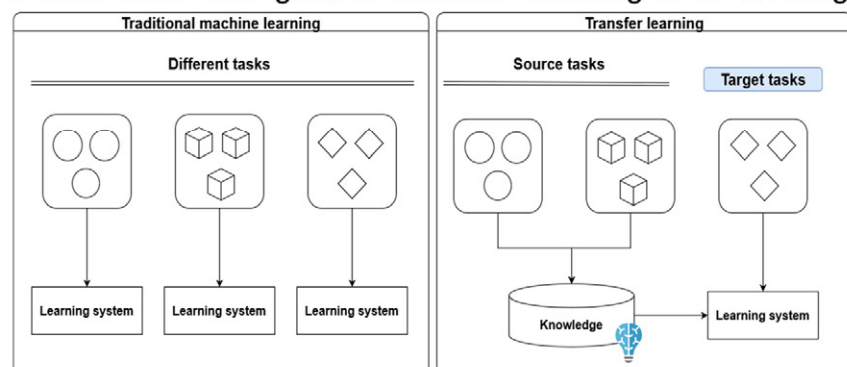


Fig. 3: Different learning processes between traditional machine learning and transfer learning [4, p. 1346]



In the first experiments, well-known convolutional neural networks (CNNs) such as AlexNet, GoogLeNet, VGG-16, ResNet50 etc. were relearned using Matlab. Initial results looked promising but still it was decided to reimplement the code in Python and using a CNN called MobileNetV2, since high accuracy of CNNs come at a certain cost: high computational resources beyond the capabilities of mobile and embedded applications [6, p. 4510]. MobileNetV2 is a CNN that is specifically tailored for mobile and resource constrained environments. The model retains the same accuracy, while significantly decreasing the number of operations and memory needed [6, p. 4510].

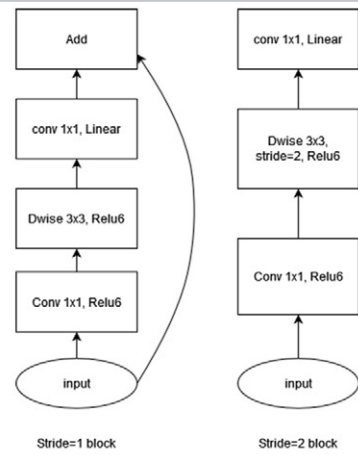


Fig. 4: Architecture of MobileNetV2 [6, p. 4515]

# Preliminary Results

The dataset used to retrain the MobileNetV2 neural network contains 964 pictures captured by a real-life identification system in a sorting hub of a CEP service provider. The dataset was split into a training, validation and testing dataset with a ratio of 80%-10%-10%. The initial trials achieved an overall prediction accuracy of 85,12%. After finetuning the model, the accuracy was raised to 96%. The inference on the Edge TPU requires less than 50ms.

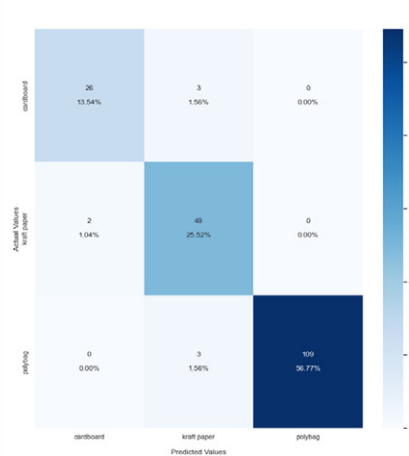


Fig. 4: Confusion matrix

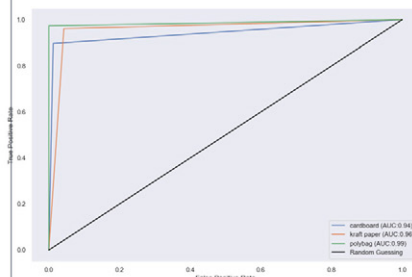


Fig. 5: AUC ROC curve

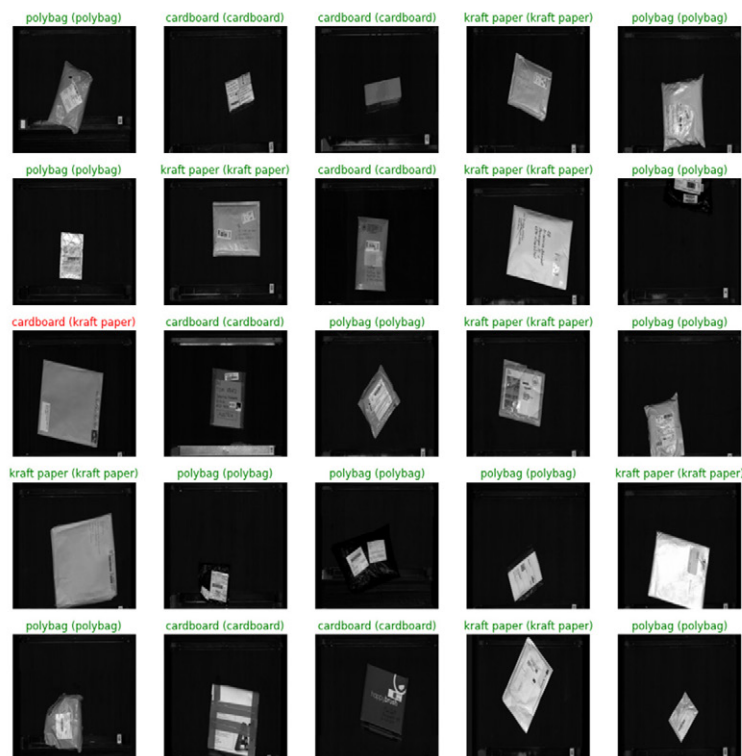


Fig. 6: Extract from the classification results of real mixed-mail footage taken from a distribution center

## Outlook

The current algorithm can be applied specifically to individual images of sorting centers. Even more, these single images are only black and white images due to the camera. Further work will focus on the implementation of a live video stream that extracts colored frames and passes them to the algorithm for inference.

## Literature

- [1] K. Esser und J. Kurte, „KEP-Studie 2021 – Analyse des Marktes in Deutschland: Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK)“, KE-CONSULT Kurte&Esser GbR, Cologne, 2021.
- [2] WIK-Consult GmbH, Hg., „Development of Cross-border E-commerce through Parcel Delivery: A study for DG GROW“. Delivering for the Future III: Workshop on Developments in the Postal Sector, Brussels, 19. Jan. 2019. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/cbparcels/20190128\\_wik\\_GROW\\_ParcelsStudy\\_3rdPSW\\_v5.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/cbparcels/20190128_wik_GROW_ParcelsStudy_3rdPSW_v5.pdf). Zugriff am: 9. September 2020.
- [3] M. Schedler und C. Landschützer, „Methodische Entwicklung eines neuartigen Sortiersystems für Polybags“, 2021.
- [4] S. J. Pan und Q. Yang, „A Survey on Transfer Learning“, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Jg. 22, Nr. 10, S. 1345–1359, 2010, doi: 10.1109/TKDE.2009.191.
- [5] L. Yang, S. Hanneke und J. Carbonell, „A theory of transfer learning with applications to active learning“, *Mach Learn*, Jg. 90, Nr. 2, S. 161–189, 2013, doi: 10.1007/s10994-012-5310-y.
- [6] M. Sandler, A. Howard, M. Zhu, A. Zhmoginov und L.-C. Chen, „MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks“ in *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Salt Lake City, UT, 2018, S. 4510–4520, doi: 10.1109/CVPR.2018.00474.



# Bewertung des Energie- und Flächenbedarfs des FreeFallSorters (FFS) auf Basis eines Vergleichs zu einem bestehenden System



DI SCHEDLER Michael

## Einleitung

Kurze Lieferzeiten und die seit Jahren stetig steigenden Sendungsvolumina stellen die logistischen Strukturen vor immer größere Herausforderungen. Herkömmliche Technologien benötigen meist beträchtliche Flächen innerhalb eines Logistikzentrums und sind nicht für die Verarbeitung von sehr kleinen Sendungen ausgelegt. Vor allem der Onlinehandel setzt auf leichte Kunststoffverpackungen, sogenannte „Polybags“. Vor diesem Hintergrund entstand am Institut für Technische Logistik (ITL) das Konzept des FreeFallSorters (FFS). Der FFS arbeitet nach einem neuartigen Sortierprinzip unter **Ausnutzung der Schwerkraft**. Die Sendung bewegt sich von einer höherliegenden Einschleusung über vorgegebene Wege zu der geforderten Endstelle. Um diese zu erreichen, wird die Sendung durch **Manipulatoren** in den

Entscheidungspunkten auf den entsprechenden Pfad gelenkt. Das Layout ähnelt dabei einem **Entscheidungsbaum** (s. Abb. 1). Aufgrund des **vertikal** verlaufenden Materialflusses, wird nur ein Bruchteil der Fläche bisheriger Sorterlösungen benötigt. Diese Eigenschaft ist besonders in dicht bebauten Gebieten vorteilhaft. Das Konzept beruht auf einer **in Ruhe befindlichen Maschinenstruktur** bei der einzig die Sendung in Bewegung ist. Dadurch wird davon ausgegangen, dass der Energiebedarf für die Sortierung einer Sendung geringer als bei herkömmlichen Anlagen ausfällt.

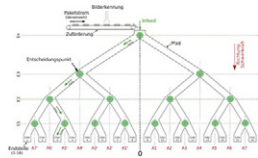


Abb. 1: Prinzipskizze des FFS

## Ziel der Untersuchung

Um die möglichen Einsparungspotentiale des FFS greifbar darstellen zu können, wird im Nachfolgenden anhand eines realen Anlagenlayouts eines **Quergurtsorters (QS)** ein Vergleich hinsichtlich **Energie- und Flächenbedarf** durchgeführt. Der FFS ist derzeit noch in der Konzeptphase und bis dato noch in keiner weitreichenden bzw. realitätsnahen Variante umgesetzt worden.

Um dennoch einen Vergleich durchführen zu können soll daher die reale Anlage auf dasselbe Level hinsichtlich Abstraktion gebracht werden. Die Berechnung des Energiebedarfes wird dabei auf **eine Sendung reduziert** und auf Basis von Bewegungswiderständen nach [SL21] und den Ansätzen von [JH12] bestimmt. Die Systemgrenzen werden um den Bereich der Verteilung gelegt.

## Spezifikation der Realanlage

### Ausgangsdaten QS

- Teilung der Sorterkette: 500 mm
- Anzahl Endstellen: 250 Stk
- Sorterlänge  $L_S = 119$  m
- Flächenbed.:  $61\text{m} \times 17\text{m} = 1037\text{m}^2$
- Hallenhöhe: 12 m
- Laufrollendurchm.  $d_F = 100$  mm

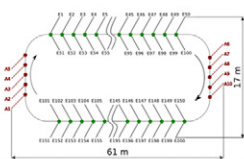


Abb. 2: Vereinfachte Skizze eines im Betrieb befindlichen QS

### Weitere Annahmen – QS:

- Für die Sortierung einer Sendung muss ein Sorterwagen die halbe Sorterlänge durchfahren.
- Der QS befindet sich bereits in transientscher Fahrt.
- Die Masse eines Sorterwagens wird mit  $m_W = 80\text{kg}$  angenommen.
- Je Sorterwagen sind zwei Führungsrollen verbaut ( $n_F = 2$ ).
- Die Reibung der Seitenführungsrollen wird vernachlässigt.
- Es werden nur Fahrwiderstände betrachtet.

## Spezifikation des FFS

### Ausgangsdaten FFS

- Potentialunterschied Einschleusung - Endstelle:  $H = 12\text{m}$
- Schaltung der Mechanik in jedem Entscheidungspunkt notwendig
- Anzahl Entscheidungspunkte von Einschleusung bis Endstelle  $n = 7$
- Verluste im Steigförderer zur Einschleusung werden dem Fahrwiderstand des QS gleichgesetzt ( $F_R = 2 \cdot 7,8\text{ N/m}$ )
- Beschleunigungsarbeit der Umlenkmechanik aus Konstruktion des ITL übernommen:  $W_U = 25\text{ J}$
- Wirkungsgrad der Umlenkmechanik:  $\eta = 90\%$

einem KBE Modell von [St22] eine FFS Konfiguration erstellt, welches der realen Anlage gegenüber gestellt wird. Aus Abb. 3 und Abb. 4 lässt sich ein Flächenbedarf des FFS von **800,8 m<sup>2</sup>** ableiten.

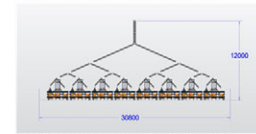


Abb. 3: Frontansicht des an die Spezifikationen der Vergleichsanlage angepassten FFS Layouts nach [St22]



Abb. 4: Seitenansicht des an die Spezifikationen der Vergleichsanlage angepassten FFS Layouts nach [St22]

Auf Basis der grundlegenden Daten des Quergurtsorters wird mittels

## Vergleich des Energiebedarfs

### Energiebedarf QS:

Normalkraft auf Führungsrolle:

$$F_N = \frac{(m_W + m_{\text{Sendung}}) \cdot g}{n_F} = 394\text{ N}$$

Reibkraft für einen Sorterwagen:

$$F_R = F_N \cdot \mu_R \cdot n_F = 7,8\text{ N}$$

$$(\mu_R \approx 0,01) \text{ [JH12]}$$

Reiarbeit für Sortierung einer Sendung (entspricht Gesamarbeit in dieser Betrachtung):

$$W_{\text{Ges, QS}} = F_R \cdot \frac{L_S}{2} = 464,1\text{ J}$$

### Energiebedarf FFS:

Hubarbeit für eine Sendung:

$$W_H = m_{\text{Sendung}} \cdot g \cdot H = 35,3\text{ J}$$

Verluste Steigförderer:

$$W_{St} = 2 \cdot F_R \cdot H = 187,2\text{ J}$$

Arbeit der Umlenkmechanik:

$$W_{U, \text{Ges}} = n \cdot W_U \cdot \eta = 157,5\text{ J}$$

Gesamtarbeit für Sortierung einer Sendung mittels FFS:

$$W_{\text{Ges, FFS}} = W_H + W_{St} + W_{U, \text{Ges}} = 380\text{ J}$$

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Auch wenn ein Vergleich dieser Art bezogen auf den Entwicklungsstand des FFS verhältnismäßig früh durchgeführt wird, zeigt sich dennoch, dass der Energiebedarf für die Sortierung einer Sendung mittels FFS tendenziell geringer ausfällt (~18 %) als bei dem betrachteten Layout eines QS. Aus den geometrischen Abmaßen des QS aus Abb. 2 sowie den Darstellungen des FFS Layouts aus Abb. 3 und Abb. 4 lassen sich die jeweiligen Flächenbedarfe

ermitteln. Es ist dabei ersichtlich das auch der Flächenbedarf geringer ausfällt (~22 %) Dennoch unterliegt der gezeigte Vergleich einer gewissen Unschärfe was, insbesondere auf die unterschiedlichen Entwicklungsstadien des FFS bzw. des QS zurück zu führen ist.

Tab. 1: Zusammenfassung der Ergebnisse des Vergleichs QS - FFS

Sortertyp	Energiebedarf für Sortierung einer Sendung [J]	Flächenbedarf [m <sup>2</sup> ]
Quergurtsorter	464,1	1037
FFS	380	800,8
Einsparung in %	18,12%	22,7%

## Literatur

- [SL21] Schedler, M.; Landschützer, C. Methodische Entwicklung eines neuartigen Sortersystems für Polybags. *Logistic Journal*, 2021.
- [JH12] Jahn, D.; Hompel, M. *ten: Sortier- und Verteilsysteme. Grundlagen, Aufbau, Berechnung und Realisierung*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [St22] Srebnitzner, H. *Entwicklung eines erweiterten KBE - Systems der neuartigen Sortieranlage FreeFallSorter*. Masterarbeit, Graz, 2022.



# Einleitung

Kurze Lieferzeiten und die seit Jahren stetig steigenden Sendungsvolumina stellen die logistischen Strukturen vor immer größere Herausforderungen. Herkömmliche Technologien benötigen meist beträchtliche Flächen innerhalb eines Logistikzentrums und sind nicht für die Verarbeitung von sehr kleinen Sendungen ausgelegt. Vor allem der Onlinehandel setzt auf leichte Kunststoffverpackungen, sogenannte „Polybags“. Vor diesem Hintergrund entstand am Institut für Technische Logistik (ITL) das Konzept des FreeFallSorters (FFS). Der FFS arbeitet nach einem neuartigen Sortierprinzip unter **Ausnutzung der Schwerkraft**. Die Sendung bewegt sich von einer höherliegenden Einschleusung über vorgegebene Wege zu der geforderten Endstelle. Um diese zu erreichen, wird die Sendung durch **Manipulatoren** in den

Entscheidungspunkten auf den entsprechenden Pfad gelenkt. Das Layout ähnelt dabei einem **Entscheidungsbaum** (s. Abb. 1). Aufgrund des **vertikal** verlaufenden Materialflusses, wird nur ein Bruchteil der Fläche bisheriger Sorterlösungen benötigt. Diese Eigenschaft ist besonders in dicht bebauten Gebieten vorteilhaft. Das Konzept beruht auf einer **in Ruhe befindlichen Maschinenstruktur** bei der einzig die Sendung in Bewegung ist. Dadurch wird davon ausgegangen, dass der Energiebedarf für die Sortierung einer Sendung geringer als bei herkömmlichen Anlagen ausfällt.

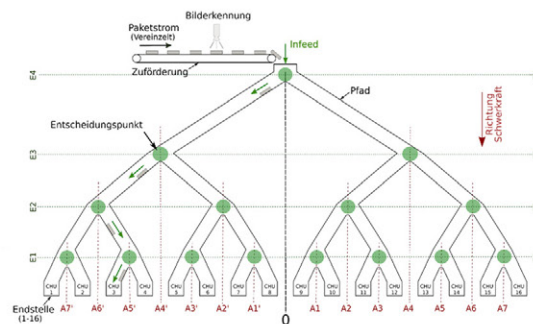


Abb. 1: Prinzipskizze des FFS

## Ziel der Untersuchung

Um die möglichen Einsparungspotentiale des FFS greifbar darstellen zu können, wird im Nachfolgenden anhand eines realen Anlagenlayouts eines **Quergurtsorters (QS)** ein Vergleich hinsichtlich **Energie- und Flächenbedarf** durchgeführt. Der FFS ist derzeit noch in der Konzeptphase und bis dato noch in keiner weitreichenden bzw. realitätsnahen Variante umgesetzt worden.

Um dennoch einen Vergleich durchführen zu können soll daher die reale Anlage auf dasselbe Level hinsichtlich Abstraktion gebracht werden. Die Berechnung des Energiebedarfes wird dabei auf **eine Sendung reduziert** und auf Basis von Bewegungswiderständen nach [SL21] und den Ansätzen von [JH12] bestimmt. Die Systemgrenzen werden um den Bereich der Verteilung gelegt.

## Spezifikation der Realanlage

### Ausgangsdaten QS

- Teilung der Sorterkette: 500 mm
- Anzahl Endstellen: 250 Stk
- Sorterlänge  $L_S = 119$  m
- Flächenbed.:  $61\text{ m} \times 17\text{ m} = 1037\text{ m}^2$
- Hallenhöhe: 12 m
- Laufrollendurchm.  $d_F = 100$  mm

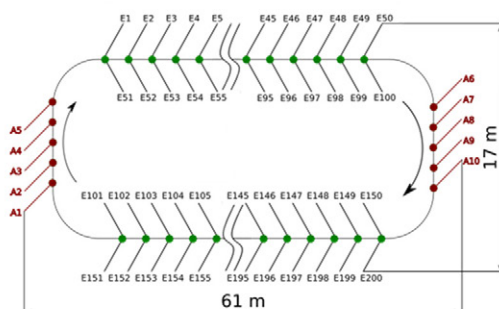


Abb. 2: Vereinfachte Skizze eines im Betrieb befindlichen QS

### Weitere Annahmen – QS:

- Für die Sortierung einer Sendung muss ein Sorterwagen die halbe Sorterlänge durchfahren.
- Der QS befindet sich bereits in transienter Fahrt.
- Die Masse eines Sorterwagens wird mit  $m_W = 80\text{ kg}$  angenommen.
- Je Sorterwagen sind zwei Führungsrollen verbaut ( $n_F = 2$ ).
- Die Reibung der Seitenführungsrollen wird vernachlässigt.
- Es werden nur Fahrwiderstände betrachtet.

# Spezifikation des FFS

## Ausgangsdaten FFS

- Potentialunterschied  
Einschleusung - Endstelle:  $H=12\text{m}$
- Schaltung der Mechanik in jedem Entscheidungspunkt notwendig
- Anzahl Entscheidungspunkte von Einschleusung bis Endstelle  $n=7$
- Verluste im Steigförderer zur Einschleusung werden dem Fahrwiderstand des QS gleichgesetzt ( $F_R = 2 \cdot 7,8 \text{ N/m}$ )
- Beschleunigungsarbeit der Umlenkmechanik aus Konstruktion des ITL übernommen:  $W_U = 25 \text{ J}$
- Wirkungsgrad der Umlenkmechanik:  $\eta = 90\%$

Auf Basis der grundlegenden Daten des Quergurtsorters wird mittels

einem KBE Modell von [St22] eine FFS Konfiguration erstellt, welches der realen Anlage gegenüber gestellt wird. Aus Abb. 3 und Abb. 4 lässt sich ein Flächenbedarf des FFS von **800,8 m<sup>2</sup>** ableiten.

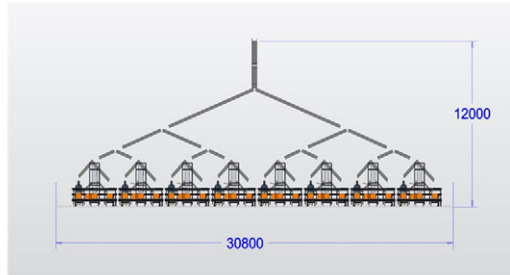


Abb. 3: Frontansicht des an die Spezifikationen der Vergleichsanlage angepassten FFS Layouts nach [St22]

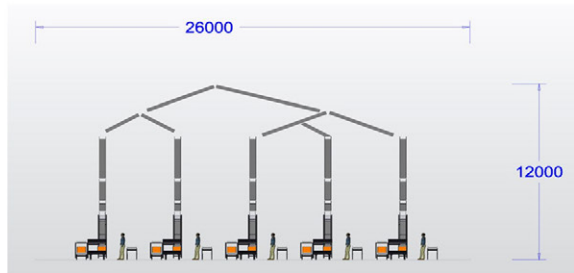


Abb. 4: Seitenansicht des an die Spezifikationen der Vergleichsanlage angepassten FFS Layouts nach [St22]

# Vergleich des Energiebedarfs

## Energiebedarf QS:

Normalkraft auf Führungsrolle:

$$F_N = \frac{(m_W + m_{\text{Sendung}}) \cdot g}{n_F} = 394 \text{ N}$$

Reibkraft für einen Sorterwagen:

$$F_R = F_N \cdot \mu_R \cdot n_F = 7,8 \text{ N}$$

$$(\mu_R \approx 0,01) \text{ [JH12]}$$

Reibarbeit für Sortierung einer Sendung (entspricht Gesamtarbeit in dieser Betrachtung):

$$W_{\text{Ges}_QS} = F_R \cdot \frac{L_S}{2} = 464,1 \text{ J}$$

## Energiebedarf FFS:

Hubarbeit für eine Sendung:

$$W_H = m_{\text{Sendung}} \cdot g \cdot H = 35,3 \text{ J}$$

Verluste Steigförderer:

$$W_{St} = 2 \cdot F_R \cdot H = 187,2 \text{ J}$$

Arbeit der Umlenkmechanik:

$$W_{U\_Ges} = n \cdot W_U \cdot \eta = 157,5 \text{ J}$$

Gesamtarbeit für Sortierung einer Sendung mittels FFS:

$$W_{\text{Ges}_FFS} = W_H + W_{St} + W_{U\_Ges} = 380 \text{ J}$$



# Zusammenfassung der Ergebnisse

Auch wenn ein Vergleich dieser Art bezogen auf den Entwicklungsstand des FFS verhältnismäßig früh durchgeführt wird, zeigt sich dennoch, dass der Energiebedarf für die Sortierung einer Sendung mittels FFS tendenziell geringer ausfällt (~18 %) als bei dem betrachteten Layout eines QS. Aus den geometrischen Abmaßen des QS aus Abb. 2 sowie den Darstellungen des FFS Layouts aus Abb. 3 und Abb. 4 lassen sich die jeweiligen Flächenbedarfe

ermitteln. Es ist dabei ersichtlich das auch der Flächenbedarf geringer ausfällt (~22 %) Dennoch unterliegt der gezeigte Vergleich einer gewissen Unschärfe was, insbesondere auf die unterschiedlichen Entwicklungsstadien des FFS bzw. des QS zurück zu führen ist.

Sortertyp	Energiebedarf für Sortierung einer Sendung [J]	Platzbedarf [m <sup>2</sup> ]
Quergurtsorter	464,1	1037
FFS	380,0	800,8
Einsparung in %	18,12%	22,78%

# Literatur

- [SL21] Schedler, M.; Landschützer, C.: Methodische Entwicklung eines neuartigen Sortiersystems für Polybags. Logistic Journal, 2021.  
 [JH12] Jodin, D.; Hompel, M. ten: Sortier- und Verteilsysteme. Grundlagen, Aufbau, Berechnung und Realisierung. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2012.  
 [St22] Steinkellner, H.: Entwicklung eines erweiterten KBE - Systems der neuartigen Sortieranlage FreeFallSorter. Masterarbeit, Graz, 2022.





# Entwicklung eines erweiterten KBE-Systems der neuartigen Sortieranlage FreeFallSorter

Harald Steinkellner

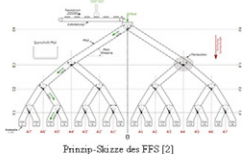


## Einleitung

Studien zeigen, dass das Sendungsvolumen von KEP-Sendungen in den letzten Jahren einem enormen Wachstum ausgesetzt war, was vor allem der zunehmenden Globalisierung und dem steigenden Online-Handel zuzuschreiben ist [1].

Zudem werden zur Verpackung vermehrt Kunststoffverpackungen, sogenannte Polybags, anstatt von Kartonagen verwendet. Diese zeichnen sich vor allem durch ihre Formstabilität aus, die zu Problemen im Sortierprozess herkömmlicher Sortieranlagen führen kann.

am Institut für Technische Logistik an der TU Graz die Idee einer neuartigen Sortieranlage. Diese Anlage, genannt FreeFallSorter (FFS), unterscheidet sich hinsichtlich ihres Aufbaus und ihrer Funktionsweise sehr stark von herkömmlichen Sortieranlagen. Zudem ist sie trotz ihres einfachen Grundprinzips durch eine hohe Variantenvielfalt gekennzeichnet.



Im Hinblick auf diese Trends entstand

## Zielsetzung

Um die Entwicklung des FFS voranzutreiben, ist die Konstruktion von vielen Layout-Varianten nötig, um etwa theoretische Überlegungen praktisch bzw. virtuell überprüfen, sowie Vorteile hervorheben zu können.

Ziel dieser Arbeit ist daher die Erstellung eines Knowledge Based Engineering (KBE) - Systems, welches

folgende Anforderungen und Aufgaben erfüllen soll:

- Benutzerfreundliche Anwendung
- Ermittlung optimaler Anlagen-Layouts
- Automatisierte Konstruktion eines CAD-Modells der Anlage
- Automatisierte Erstellung eines Projekt-Berichts

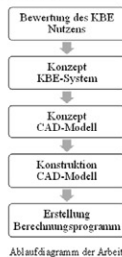
## Methoden und Systemaufbau

KBE ist eine wissenschaftliche Methode, die mittels CAD und hinterlegten Datenbanken bzw. Berechnungsvorschriften automatisiert CAD-Modelle erstellt.

Methoden für die Entwicklung:

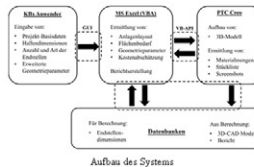
- Konstruktionsunterstützende Methode MeK5 [3]
- Schnittstellenbasierter Ansatz [4] für den Aufbau des Systems

Entwickelt wurde das System nach folgendem Schema:



Das System besteht aus mehreren Bestandteilen, die unabhängig

voneinander aufgebaut werden und über Schnittstellen untereinander agieren. Der Kern des Systems ist das Berechnungsprogramm - neben der Anlagenberechnung findet hier auch die Schnittstellenverwaltung statt. Die Eingabe durch den Anwender wird über ein Graphical User Interface (GUI) realisiert.



Für die graphische Darstellung und weitere Analysen wird PTC Creo angesteuert. Dabei wird ein über Parameter gesteuertes CAD Modell durch automatisiertes Einlesen der im Programm ermittelten Werte neu aufgebaut. Dazu verwendete Methoden sind:

- Top-Down-Modellierung / Skelett
- Parametrisierung
- Variantenkonstruktion

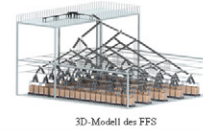
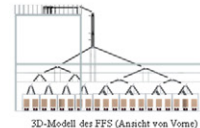
## CAD-Modell

Der Aufbau erfolgt mit Hilfe eines Skelettes, welches sämtliche Bezüge und Komponentenschnittstellen enthält und vollständig extern gesteuert werden kann. Durch diese Modellierungsform sind die einzelnen Baugruppen sehr einfach adapter- bzw. austauschbar. Da es sich hier um eine Planung des Layouts handelt, ist der Detaillierungsgrad der einzelnen Komponenten (v.a. von Gestüt und Einschleusung) noch gering.

Verwendete Tools sind u.a.:

- Parameter & Beziehungen
- Familientabellen

- Mustertabellen
- Publizier-Kopiegeometrien
- Interne Creo Programmierung



## Ergebnisse

Das Ergebnis der Arbeit ist das FFS - KBE Tool. Dabei handelt es sich um eine Anwendung, mit dessen Hilfe eine benutzerfreundliche Handhabung des konzipierten KBE-Systems ermöglicht wird. Die Anlage wird dabei auf folgenden Anforderungen aufgebaut:

- Minimaler Flächenbedarf
- Geringe Anlagenhöhe
- Geringe Durchlaufzeiten

Das Tool liefert neben dem CAD-Modell einen übersichtlichen Bericht, der u.a. Folgendes enthält:

- Bilder der Anlage & Dimensionen
- Stückliste
- Materialverbrauch
- Flächenbedarf der Anlage
- Kostenabschätzung

Vorteile des Tools sind:

- Reduktion des Aufwands durch Automatisierung
- Ermittlung vieler Layouts einer Ausgangskonfiguration (bis zu 13 Varianten für eine Endstellenzahl)
- Gewinnung von Erkenntnissen, die der Weiterentwicklung des FFS dienen
- Optimierte Layouts



## Ausblick

Das Tool soll in weiterer Folge noch weiter detailliert werden und zwar

Zudem soll eine Erweiterung in Richtung CAE erfolgen, um eine Basis für folgende Funktionen zu schaffen:

- zusätzliche Berechnungsvorschriften
- eine detaillierte Durchsatzermittlung
- ständige Anpassung an den aktuellen FFS-Entwicklungsstand
- Simulation des Bewegungsverhaltens von Polybags innerhalb einer Anlage
- Digitaler Zwilling für virtuelle Inbetriebnahmen

## Literatur

[1] Esser, K.; Kurte, J.: KEP-Studie 2021 - Analyse des Marktes in Deutschland. Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK), Cologne, 2021.  
 [2] Schedler, M.; Landschützer, C.: Methodische Entwicklung eines neuartigen Sortiersystems für Polybags. Logistics Journal. Proceedings, 2021.  
 [3] Landschützer, C.: Methoden und Beispiele für das Engineering in der Technischen Logistik. Habilitationsschrift TU Graz, 2018.  
 [4] Ortner-Pichler, A.; Landschützer, C.: Improving Geometry Manipulation Capabilities of knowledge-based Engineering Applications by the versatile Integration of 3D-CAD Systems. The Publications of the MultiScience - XXX. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference University of Miskolc, 2017.



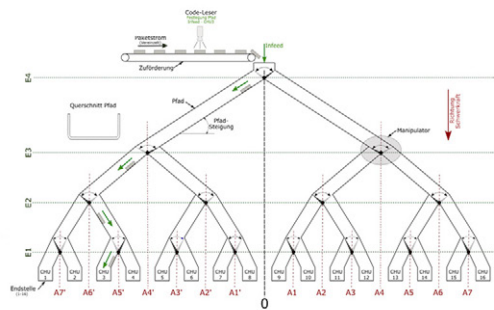
# Einleitung

Studien zeigen, dass das Sendungsvolumen von KEP-Sendungen in den letzten Jahren einem enormen Wachstum ausgesetzt war, was vor allem der zunehmenden Globalisierung und dem steigenden Online-Handel zuzuschreiben ist [1].

Zudem werden zur Verpackung vermehrt Kunststoffverpackungen, sogenannte Polybags, anstatt von Kartonagen verwendet. Diese zeichnen sich vor allem durch ihre Forminstabilität aus, die zu Problemen im Sortierprozess herkömmlicher Sortieranlagen führen kann.

Im Hinblick auf diese Trends entstand

am Institut für Technische Logistik an der TU Graz die Idee einer neuartigen Sortieranlage. Diese Anlage, genannt FreeFallSorter (FFS), unterscheidet sich hinsichtlich ihres Aufbaus und ihrer Funktionsweise sehr stark von herkömmlichen Sortieranlagen. Zudem ist sie trotz ihres einfachen Grundprinzips durch eine hohe Variantenvielfalt gekennzeichnet.



Prinzip-Skizze des FFS [2]

# Zielsetzung

Um die Entwicklung des FFS voranzutreiben, ist die Konstruktion von vielen Layout-Varianten nötig, um etwa theoretische Überlegungen praktisch bzw. virtuell überprüfen, sowie Vorteile hervorheben zu können.

Ziel dieser Arbeit ist daher die Erstellung eines Knowledge Based Engineering (KBE) - Systems, welches

folgende Anforderungen und Aufgaben erfüllen soll:

- Benutzerfreundliche Anwendung
- Ermittlung optimaler Anlagen-Layouts
- Automatisierte Konstruktion eines CAD-Modells der Anlage
- Automatisierte Erstellung eines Projekt-Berichts

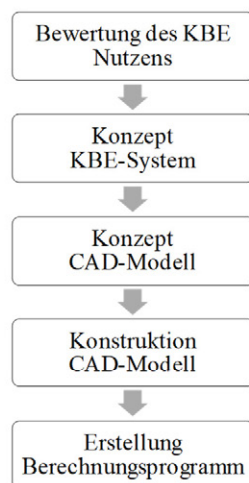
# Methoden und Systemaufbau

KBE ist eine wissensgestützte Methode, die mittels CAD und hinterlegten Datenbanken bzw. Berechnungsvorschriften automatisiert CAD-Modelle erstellt.

Methoden für die Entwicklung:

- Konstruktionsunterstützende Methode MeK5 [3]
- Schnittstellenbasierter Ansatz [4] für den Aufbau des Systems

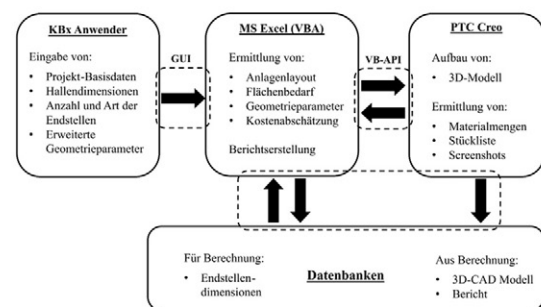
Entwickelt wurde das System nach folgendem Schema:



Ablaufdiagramm der Arbeit

Das System besteht aus mehreren Bestandteilen, die unabhängig

voneinander aufgebaut werden und über Schnittstellen untereinander agieren. Der Kern des Systems ist das Berechnungsprogramm - neben der Anlagenberechnung findet hier auch die Schnittstellenverwaltung statt. Die Eingabe durch den Anwender wird über ein Graphical User Interface (GUI) realisiert.



Aufbau des Systems

Für die graphische Darstellung und weitere Analysen wird PTC Creo angesteuert. Dabei wird ein über Parameter gesteuertes CAD Modell durch automatisiertes Einlesen der im Programm ermittelten Werte neu aufgebaut. Dazu verwendete Methoden sind:

- Top-Down-Modellierung / Skelett
- Parametrisierung
- Variantenkonstruktion

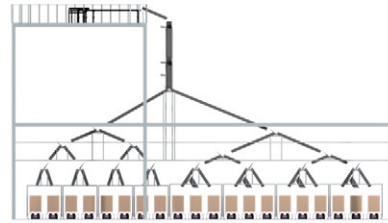
# CAD-Modell

Der Aufbau erfolgt mit Hilfe eines Skelettes, welches sämtliche Bezüge und Komponentenschnittstellen enthält und vollständig extern gesteuert werden kann. Durch diese Modellierungsform sind die einzelnen Baugruppen sehr einfach adaptier- bzw. austauschbar. Da es sich hier um eine Planung des Layouts handelt, ist der Detaillierungsgrad der einzelnen Komponenten (v.a. von Gerüst und Einschleusung) noch gering.

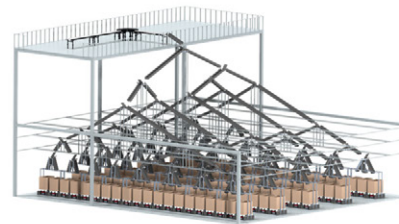
Verwendete Tools sind u.a. :

- Parameter & Beziehungen
- Familientabellen

- Mustertabellen
- Publizier-/Kopiegeometrien
- Interne Creo Programmierung



3D-Modell des FFS (Ansicht von vorne)

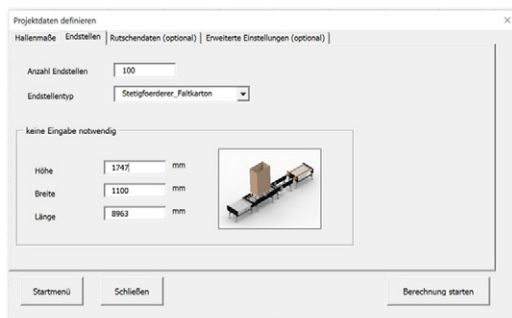


3D-Modell des FFS

# Ergebnisse

Das Ergebnis der Arbeit ist das FFS – KBE Tool. Dabei handelt es sich um eine Anwendung, mit dessen Hilfe eine benutzerfreundliche Handhabung des konzipierten KBE-Systems ermöglicht wird. Die Anlage wird dabei auf folgenden Anforderungen aufgebaut:

- Minimaler Flächenbedarf
- Geringe Anlagenhöhe
- Geringe Durchlaufzeiten



Praktische Anwendung des Tools

Das Tool liefert neben dem CAD-Modell einen übersichtlichen Bericht, der u.a. Folgendes enthält:

- Bilder der Anlage & Dimensionen
- Stückliste
- Materialverbrauch
- Flächenbedarf der Anlage
- Kostenabschätzung

Vorteile des Tools sind:

- Reduktion des Aufwands durch Automatisierung
- Ermittlung vieler Layouts einer Ausgangskonfiguration (bis zu 13 Varianten für eine Endstellenzahl)
- Gewinnung von Erkenntnissen, die der Weiterentwicklung des FFS dienen
- Optimierte Layouts



## Ausblick

Das Tool soll in weiterer Folge noch weiter detailliert werden und zwar durch:

- zusätzliche Berechnungsvorschriften
- eine detaillierte Durchsatzermittlung
- ständige Anpassung an den aktuellen FFS-Entwicklungsstand

Zudem soll eine Erweiterung in Richtung CAE erfolgen, um eine Basis für folgende Funktionen zu schaffen:

- Simulation des Bewegungsverhaltens von Polybags innerhalb einer Anlage
- Digitaler Zwilling für virtuelle Inbetriebnahmen

## Literatur

[1] Esser, K.; Kurte, J.: KEP-Studie 2021 - Analyse des Marktes in Deutschland. Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK), Cologne, 2021

[2] Schedler, M.; Landschützer, C.: Methodische Entwicklung eines neuartigen Sortiersystems für Polybags. Logistics Journal: Proceedings, 2021.

[3] Landschützer, C.: Methoden und Beispiele für das Engineering in der Technischen Logistik. Habilitationsschrift TU Graz, 2018.

[4] Ortner-Pichler, A.; Landschützer, C.: Improving Geometry Manipulation Capabilities of knowledge-based Engineering Applications by the versatile Integration of 3D-CAD Systems. The Publications of the MultiScience - XXX. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference University of Miskolc, 2017.





# Bewertung der Nachhaltigkeit in der Logistik

Anto Zelić

## Nachhaltigkeitsbewertung

- Verschiedenartige Einflussfaktoren müssen in Betracht genommen werden, um konkrete Aussagen treffen zu können.
- Komplexität unterschiedlicher Logistikprozesse (wie z. B. Beschaffungs-, Transport-, Produktions- und Intralogistik).
- 3 Dimensionen der Nachhaltigkeit: ökologisch, ökonomisch, soziale Verantwortung. [1]
- Nachhaltige Logistik → nachhaltiger Transport
  - Vermeidung und Verringerung des Transports
  - Verminderung der Schädlichkeit durch Transport
  - Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen. [2]
- Nachhaltige Lieferketten als Wettbewerbsfaktor.
- Stärkung der Energieeffizienz logistischer Prozesse.



## Stand der Forschung

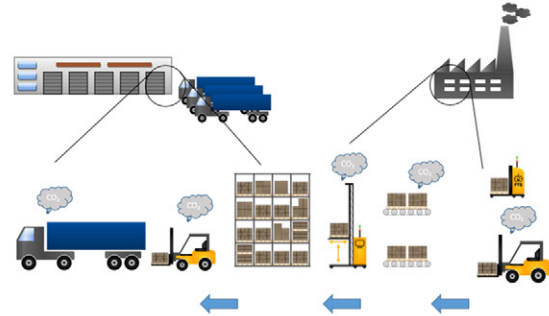
- Die Ökobilanz bzw. das Life Cycle Assessment (LCA) ist eine Methode zur Abschätzung der mit einem Produkt/Prozess/Dienstleistung verbundenen Umweltauswirkungen. [3]
- Die beruht auf einem Lebenswegansatz – die Umweltauswirkungen von der Wiege bis zur Bahre (cradle to grave) werden erfasst und beurteilt. [3]
- Eine Ökobilanz ist gemäß ISO 14040 in vier Phasen unterteilt:
  1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
  2. Sachbilanz
  3. Wirkungsabschätzung
  4. Auswertung [3]
- Die Ökobilanz im Gebiet der Intralogistik ist noch immer ein unerforschtes Gebiet.
- Obwohl die Ökobilanz standardisiert ist, heißt es immer noch nicht, dass verschiedene Ökobilanzen untereinander vergleichbar sind.
- Es gibt keine standardisierte Vorgehensweise zur einheitlichen Erstellung von Ökobilanzen im Bereich der Transport- oder Intralogistik, um eine Vergleichbarkeit untereinander zu gewährleisten.
- Die Produktkategorieregel (PKR) könnte eine Hilfe darstellen. PKR stellen zusammen spezifische Regeln, Anforderungen oder Leitlinien, um Umweltproduktdeklaration (UPD) für verschiedene Produktkategorien zu erstellen. Mithilfe der UPD sind dann verschiedene Produkte oder Prozesse vergleichbar. [4]
- Die Basis für die UPD (eng. EPD – Environmental Product Declaration) ist die ISO Norm 14025. [4]



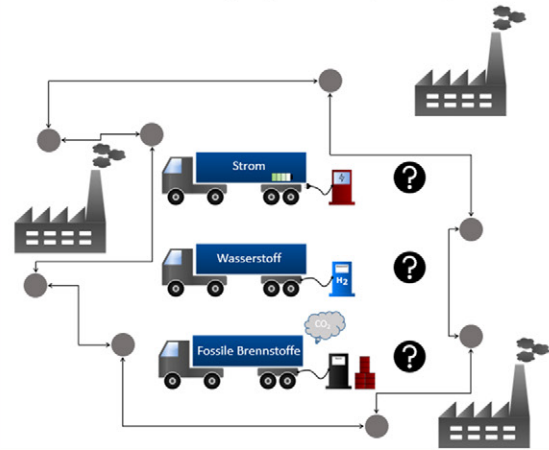
## Vorgehensweise

- Um eine Ökobilanz durchzuführen, sind umfangreiche Daten notwendig. Für die Modellierung werden Software Systeme benutzt. Die Integration von Daten in die Software ist auch eine weitere Herausforderung, da solche Datenbanken i. d. R. unabhängig von der Software sind, werden aber von der jeweiligen Software verwendet. Qualitativ hochwertige Datenbanken und moderne SW-Programme sind der Schlüssel für die Ökobilanzierung. [5]
- Informationen über die mögliche Schädigung der Umwelt durch Schadstoffe und Ressourcenverbrauch durch die Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Produkten können durch diese Vorgehensweise bereitgestellt werden. [6]

- Durch Sensitivitätsanalysen, können sehr schnell unterschiedliche Szenarien bewertet.
- Die berechneten Ökobilanzen aus den unterschiedlichen Szenarien können dann verglichen werden und es kann eine Bewertung durchgeführt werden, die dann Fragen beantworten, ob gewisse Logistikprozesse nachhaltig oder nicht gestaltet sind, und wie groß die Einflüsse sind.



- Mithilfe der UPD, die aufgrund der jeweiligen PKR erstellt worden ist, können wir verschiedene Logistikprozesse transparent vergleichen.



## Ausblick

Die Ökobilanzierung wird voraussichtlich auch in der Logistik immer bedeutender. Durch Verwendung validierter Datenbanken und neuer branchenspezifischer Software werden die Ergebnisse immer genauer. Das schafft eine gute Grundlage, einheitliche PKRs zu definieren und unterschiedliche Produkte/Dienstleistungen mit einer UPD zu zertifizieren. Dies ermöglicht gleiche Produkt- oder Dienstleistungskategorien transparent untereinander vergleichen zu können und ermöglicht ein leichteres nachhaltiges Wirtschaften in der Logistikbranche.

## Literatur

- [1] L. Andes, *Methodensammlung zur Nachhaltigkeitsbewertung – Grundlagen, Indikatoren, Hilfsmittel*. 2019.
- [2] C. Deckert, *CSR und Logistik*. 2016.
- [3] W. Klöpffer and B. Ohml, *Life Cycle Assessment (LCA) – A Guide to Best Practice*. 2014.
- [4] DIN EN ISO 14025:2011
- [5] L. Lüdemann, *Vergleich von Softwarelösungen für die Ökobilanzierung – eine softwareergonomische Analyse*. 2014
- [6] R. Frischknecht, *Lehrbuch der Ökobilanzierung*. 2020.

# Nachhaltigkeitsbewertung

- Verschiedenartige Einflussfaktoren müssen in Betracht genommen werden, um konkrete Aussagen treffen zu können.
- Komplexität unterschiedlicher Logistikprozesse (wie z. B. Beschaffungs-, Transport-, Produktions- und Intralogistik).
- 3 Dimensionen der Nachhaltigkeit: ökologisch, ökonomisch, soziale Verantwortung. [1]
- Nachhaltige Logistik → nachhaltiger Transport
  - Vermeidung und Verringerung des Transports
  - Verminderung der Schädlichkeit durch Transport
  - Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen. [2]
- Nachhaltige Lieferketten als Wettbewerbsfaktor.
- Stärkung der Energieeffizienz logistischer Prozesse.

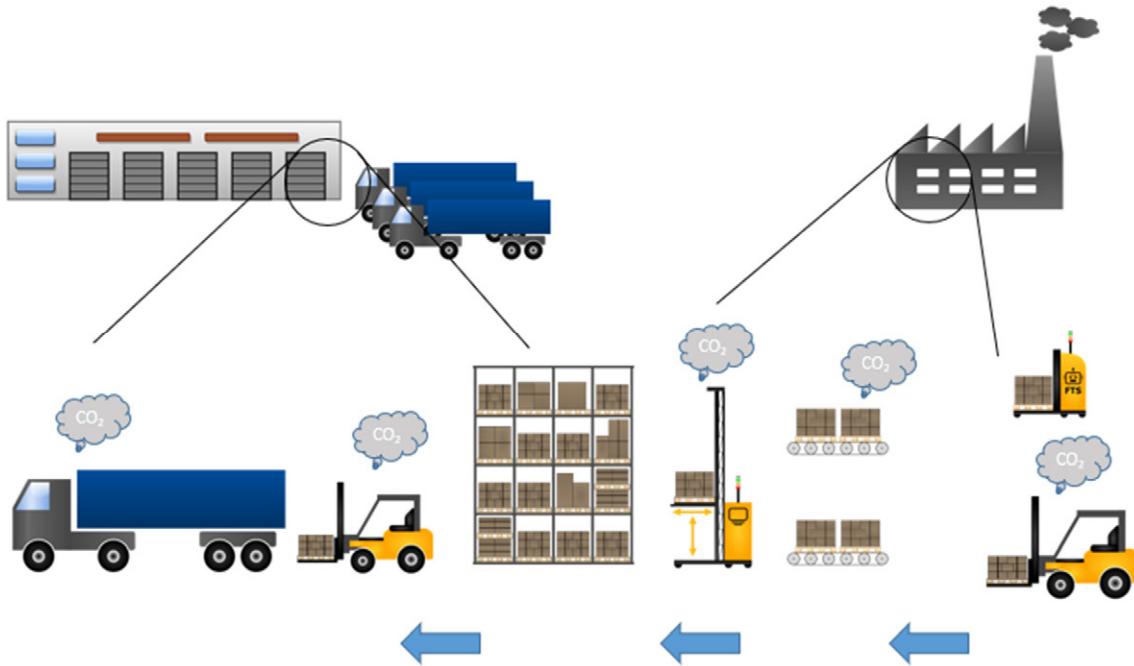


# Stand der Forschung

- Die Ökobilanz bzw. das Life Cycle Assessment (LCA) ist eine Methode zur Abschätzung der mit einem Produkt/Prozess/Dienstleistung verbundenen Umweltauswirkungen. [3]
- Die beruht auf einem Lebenswegansatz – die Umweltauswirkungen von der Wiege bis zur Bahre (cradle to grave) werden erfasst und beurteilt. [3]
- Eine Ökobilanz ist gemäß ISO 14040 in vier Phasen unterteilt:
  1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
  2. Sachbilanz
  3. Wirkungsabschätzung
  4. Auswertung [3]
- Die Ökobilanz im Gebiet der Intralogistik ist noch immer ein unerforschtes Gebiet.
- Obwohl die Ökobilanz standardisiert ist, heißt es immer noch nicht, dass verschiedene Ökobilanzen untereinander vergleichbar sind.
- Es gibt keine standardisierte Vorgehensweise zur einheitlichen Erstellung von Ökobilanzen im Bereich der Transport- oder Intralogistik, um eine Vergleichbarkeit untereinander zu gewährleisten.
- Die Produktkategorieregel (PKR) könnte eine Hilfe darstellen. PKR stellen zusammen spezifische Regeln, Anforderungen oder Leitlinien, um Umweltproduktdeklaration (UPD) für verschiedene Produktkategorien zu erstellen. Mithilfe der UPD sind dann verschiedene Produkte oder Prozesse vergleichbar. [4]
- Die Basis für die UPD (eng. EPD – Environmental Product Declaration) ist die ISO Norm 14025. [4]

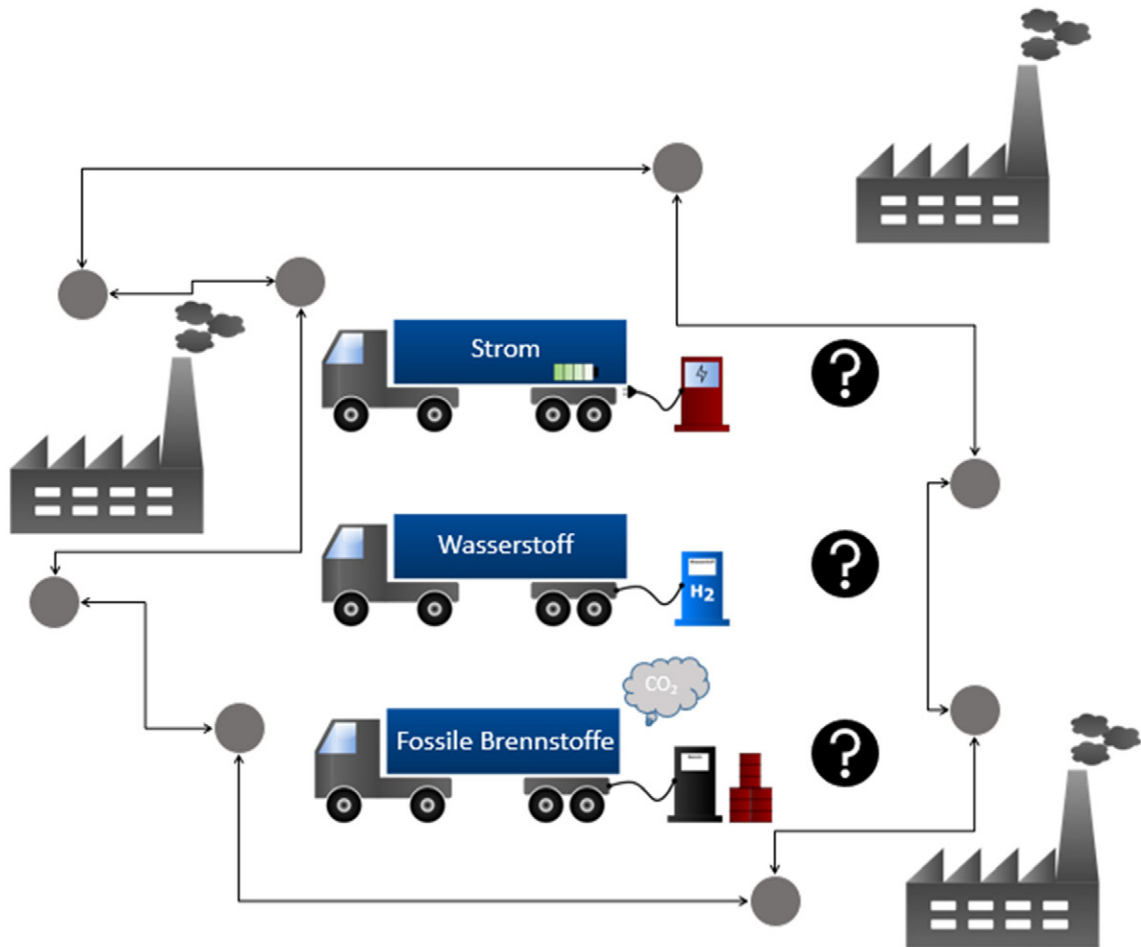


- Durch Sensitivitätsanalysen, können sehr schnell unterschiedliche Szenarien bewertet.
- Die berechneten Ökobilanzen aus den unterschiedlichen Szenarien können dann verglichen werden und es kann eine Bewertung durchgeführt werden, die dann Fragen beantworten, ob gewisse Logistikprozesse nachhaltig oder nicht gestaltet sind, und wie groß die Einflüsse sind.





- Mithilfe der UPD, die aufgrund der jeweiligen PKR erstellt worden ist, können wir verschiedene Logistikprozesse transparent vergleichen.





## Ausblick

Die Ökobilanzierung wird voraussichtlich auch in der Logistik immer bedeutender. Durch Verwendung validierter Datenbanken und neuer branchenspezifischer Software werden die Ergebnisse immer genauer. Das schafft eine gute Grundlage, einheitliche PKRs zu definieren und unterschiedliche Produkte/Dienstleistungen mit einer UPD zu zertifizieren. Dies ermöglicht gleiche Produkt- oder Dienstleistungskategorien transparent untereinander vergleichen zu können und ermöglicht ein leichteres nachhaltiges Wirtschaften in der Logistikbranche.

## Literatur

- [1] L. Andes, *Methodensammlung zur Nachhaltigkeitsbewertung – Grundlagen, Indikatoren, Hilfsmittel*. 2019.
- [2] C. Deckert, *CSR und Logistik*. 2016.
- [3] W. Klöpffer and B. Grahl, *Life Cycle Assessment (LCA) – A Guide to Best Practice*. 2014.
- [4] DIN EN ISO 14025:2011
- [5] L. Lüdemann, *Vergleich von Softwarelösungen für die Ökobilanzierung – eine softwareergonomische Analyse*. 2014
- [6] R. Frischknecht, *Lehrbuch der Ökobilanzierung*. 2020.

