



# Nachhaltige Logistik

Tagungsband 2020; Graz, 24.11.2020

**Nachhaltige Logistik**  
**Logistikwerkstatt Graz 2020**  
**24.11.2020**

**Editor:**

Institut für Technische Logistik, Technische Universität Graz  
Christian Landschützer

**Layout:**

Christina Fraueneder / Stefan Schleich  
Katja Lindenthal

**Editorial Office:**

Christian Landschützer  
Petra Gasser

**Print:**

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

© 2020 Verlag der Technischen Universität Graz  
<https://www.tugraz-verlag.at/>

Nachhaltige Logistik  
(Logistik Werkstatt Graz; ISSN: 2411-3735)

ISBN print 978-3-85125-742-7  
ISBN e-book 978-3-85125-743-4  
DOI 10.3217/978-3-85125-742-7



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 Österreich Lizenz.  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>

Cover Picture Grazer Uhrturm: Graz Tourismus - Harry Schiffer

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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





## Sehr geehrte Damen und Herren!

Was wäre dieses Jahr 2020 ohne Logistik? Darf man so überhaupt fragen, oder muss es heißen: Was wäre die **Welt ohne Logistik?**

Wir alle haben in der uns fordernden Pandemiesituation unsere ganz eigenen Erfahrungen gemacht: vom Ausgeliefertsein, über das Verlassen-/Abgeschnittensein bis hin zur Sorge um unsere Arbeitsplätze und Betriebe reichte und reicht leider noch die Palette. Aber wenn ich für mich und vielleicht auch für Sie, geschätzte Leserin und geschätzter Leser, mit Bezug auf unser Fachgebiet eines mitnehmen darf, dann, dass **Logistik** in all ihrer aktuellen **Leistungsfähigkeit** stärker ins **Bewusstsein** vieler Menschen rückte und rückt, und das ist gut so!



Wie systemrelevant unsere Branche ist und immer schon war, wird täglich durch ihre Höchstleistungen bewiesen. Alle Anforderungen moderner **Produktion** und ihres zugehörigen **Marktes** wären ohne diese Leistungsfähigkeit der **Logistik** unvorstellbar. Mit den enorm **steigenden Mengen** in den B2C-Lieferketten, über **flexible Produktionsversorgung** (globale/lokale LockDowns) und vieles mehr gehört unsere Branche zu den **dynamischsten Bereichen der Wirtschaft überhaupt**.

Dynamik hat auch unsere Veranstaltung „**Logistik Werkstatt Graz 2020**“ abbekommen. Von mehrmaligen Verschiebungen, über die Fusion mit der Tagung „Supply Management“, haben wir zuletzt noch den Modus auf ein reines online-Format umgestellt. Wir hoffen, mit einem nun sehr dichten Halbtagsprogramm nicht nur inhaltlich zu reüssieren, sondern auch, dass die Vorteile des virtuellen Formates gegenüber dessen wenig kommunikativen Umfeldes überwiegen. Für die Mitwirkung aller **Autorinnen und Autoren**, ebenso wie für die fördernde Unterstützung durch unsere **Sponsoren KNAPP AG, SSI Schäfer GmbH, Siemens Logistics GmbH** und **Axians ICT Austria GmbH**, möchte ich hiermit unseren **größten Dank** aussprechen.

Der vorliegende **Tagungsband**, der wieder als **eBook und in Printversion** über den Buchhandel beziehbar ist, zeigt ein eindrucksvolles Bild, was **Logistik** zum (ob aktueller Geschehnisse fast nachrangig gewordenen) Thema **Nachhaltigkeit** beitragen kann, dem sich die Menschheit für eine gelingende Zukunft unmissverständlich widmen muss. Beiträge aus Wissenschaft und Wirtschaft identifizieren Potenziale und zeigen Handlungsempfehlungen sowie technische Lösungsmöglichkeiten auf, wie wir unsere logistische Zukunft nachhaltig gestalten können. Es ist an uns allen, dies kritisch aufzunehmen und weiterzudenken.



Ihnen liebe Leserin und ihnen lieber Leser wünsche ich auch im Namen des Organisationsteams um den vnl das Allerbeste für die nahe und ferne Zukunft sowie erhellende Einblicke in die Nachhaltigkeit von Logistik.

Christian Landschützer, Assoc.Prof. DI Dr.techn.  
Herausgeber der Schriftenreihe "Logistik Werkstatt Graz"





# Sponsoren

The logo for axians, featuring the word "axians" in a lowercase, sans-serif font. The "a" and "i" are blue, while the "x" is a magenta color.

The logo for KNAPP, consisting of the letters "KN" followed by a yellow triangle and "PP", all enclosed in a black rectangular border with grey horizontal bars at the top and bottom.

The logo for SSI SCHÄFER, featuring the letters "SSI" in red and "SCHÄFER" in black, set against a yellow rectangular background.

The logo for SIEMENS, featuring the word "SIEMENS" in a bold, teal, sans-serif font.

The logo for TEW LIVING LOGISTICS, featuring the letters "TEW" in a stylized font with red and black vertical stripes, followed by "LIVING LOGISTICS" in a black, sans-serif font.



# Programm

<b>08:30</b>	<b>Kaffee bereitstellen und einwählen</b>
08:45 – 09:00	<p><b>Begrüßung</b> Christian Landschützer, Professor Institut für Technische Logistik TU Graz</p> <p><b>Eröffnung, Forschungsinitiative „Nachhaltige Personen- und Gütermobilität“ der TU Graz</b> Franz Haas, Dekan der Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften der TU Graz</p>
09:00 – 09:20	<p><b>PhysICAL: Physical Internet through cooperative Austrian Logistics - Leitprojekt des BMK</b> Sandra Stein, Forschungskordinatorin Produktions- und Logistikmanagement Fraunhofer Austria Research GmbH</p>
09:20 – 09:40	<p><b>Skalierbare offene Warenaustausch-Systeme als Beitrag zur nachhaltigen City-Logistik</b> Karl Hofer, Universitätsprojektassistent Institut für Straßen- und Verkehrswesen TU Graz</p>
09:40 – 10:00	<p><b>Recycling von Kunststoffgleitketten</b> Marcus Bona, Universitätsassistent Institut für Fördertechnik und Kunststoffe Professur Förder- und Materialflusstechnik Technische Universität Chemnitz</p>
10:00 – 10:20	<p><b>Experimentelle Analyse der Ursachen von Gurtschieflauf</b> Lisa Wonner, Universitätsassistentin Institut für Logistik und Materialflusstechnik (ILM) Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg</p>
10:20 – 10:40	<p><b>Visualisierung von Ökobilanzergebnissen</b> Lynn Lüdemann, Universitätsassistentin Institut für Fördertechnik und Kunststoffe Professur Förder- und Materialflusstechnik Technische Universität Chemnitz</p>
<b>10:40 – 11:00</b>	<b>Kaffee auffüllen</b>
11:00 – 11:20	<p><b>Physical Internet and its impact on sustainability</b> Eric Ballot, Professor École nationale supérieure des mines de Paris – Mines Paris Tec</p>
11:20 – 11:40	<p><b>Nachhaltige Technik bei KNAPP</b> Samuel Krauser, Produktmanager KNAPP AG</p>
11:40 – 12:00	<p><b>Mit Daten zu nachhaltiger Logistik</b> Marcus Kottinger, Solution Architect Axians ICT Austria GmbH</p>
12:00 – 12:20	<p><b>Nachhaltige Technik bei SSI Schäfer</b> Peter Totz, Director Business Consultancy SSI Schäfer GmbH</p>
12:20 – 12:40	<p><b>Optimierung von Fahrerlosen Transportsystemen und deren Energieeffizienz durch Multi-Parameter-Optimierung</b> Domenik Prims, Systems Architect Siemens Logistics GmbH (Konstanz)</p>
12:40 – 13:00	<p><b>Teaser zur Kunstinstallation „tracingspaces“</b> Michael Hieslmair und Michael Zinganel, Architekten (Graz und Wien)</p>
<b>13:00</b>	<b>Abschluss</b>







# Inhaltsverzeichnis

1. Forschungsinitiative: Nachhaltige Personen- und Gütermobilität.....	1
<i>Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Franz Haas</i>	
2. PhysICAL: Physical Internet through cooperative Austrian Logistics -.....	9
Österreichisches Leitprojekt <i>Dr. Sandra Stein</i>	
3. Skalierbare offene Warenaustausch-Systeme als Beitrag zur nachhaltigen.....	21
City-Logistik <i>Dipl.-Ing. Karl Hofer, Dipl.-Ing. Michael Schadler</i>	
4. Recycling von Kunststoffgleitketten.....	43
<i>M.Sc. Marcus Bona</i>	
5. Messsystem zur Bestimmung von Tragrollenfehlausrichtungen an.....	65
gemuldeten Gurtförderanlagen <i>M.Sc. Lisa Wonner, Dr. Hedrik Otto</i>	
6. Umweltbewertung auf Produktebene – Aussagefähigkeit von.....	87
Produktumwelterklärungen (EPD) <i>Dipl.-Wirt.-Ing. Lynn Lüdemann</i>	
7. The physical internet and its impact on sustainability.....	97
<i>Prof. Eric Ballot</i>	
8. Nachhaltige Technik bei Knapp.....	111
<i>Samuel Krauser</i>	
9. Mit vorausschauender Analyse zur grünen Logistik.....	125
<i>Markus Kottinger</i>	
10. Nachhaltige Technik bei SSI Schäfer.....	137
<i>Peter Totz</i>	
11. Optimierung von fahrerlosen Transportsystemen und deren.....	143
Energieeffizienz durch Multi-Parameter-Optimierung <i>M. Sc. Domenik Prims</i>	
12. Graz Backstage.....	165
<i>Michael Hieslmair, Michael Zinganel</i>	





# **Forschungsinitiative: Nachhaltige Personen- & Gütermobilität**

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften  
Technische Universität Graz

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Franz Haas



Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.

## Franz Haas

- Dekan der Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität Graz
- Leiter des Instituts für Fertigungstechnik der Technischen Universität Graz

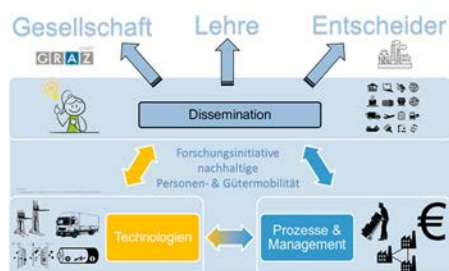
1

## Forschungsinitiative Nachhaltige Personen- und Gütermobilität

Forschungsinitiative Nachhaltige Personen- und Gütermobilität

2

### ongoing research: bundling competences @ TU Graz for sustainability Überblick



#### Forschungsinitiative: „Nachhaltige Personen- und Gütermobilität“

##### Gütermobilität

- Aufarbeitung einer Technologielücke
- Entwicklung unabhängiger Bewertungsmethoden zu Nachhaltigkeit
- Physical Internet (PI)

##### Personenmobilität

- multi-criteria Methoden zur Technologiebewertung
- Konzepte neuer Technologien und neue Mobilitätskonzepte

Ganzheitliche wirtschaftliche Bewertung von Mobilitätskonzepten

source: TU Graz

Forschungsinitiative Nachhaltige Personen- und Gütermobilität

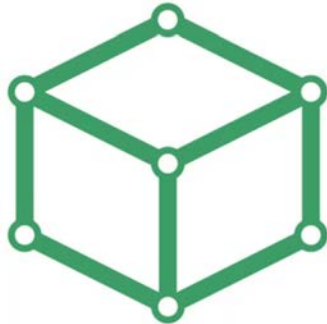


3

ongoing research: bundling competences  
@ TU Graz for sustainability  
Video: Die Kandidat\*innen und ihre Themen



Fakultät für Maschinenbau und  
Wirtschaftswissenschaften



Forschungsinitiative

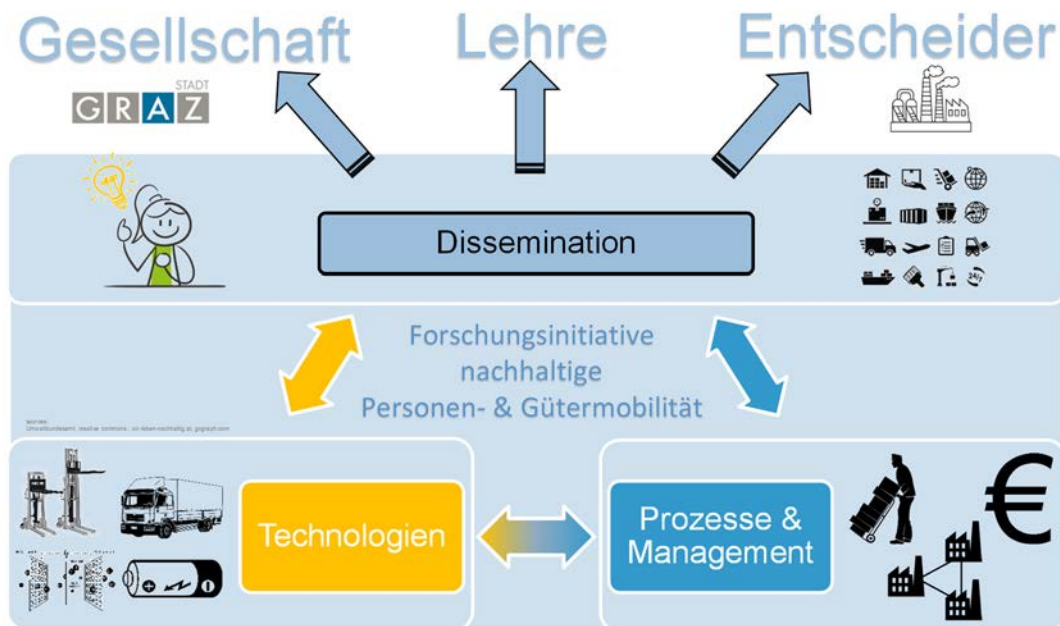
# Nachhaltige Personen- und Gütermobilität

Forschungsinitiative Nachhaltige Personen- und Gütermobilität

<https://cloud.tugraz.at/index.php/s/PgMfw9oTWgpKTQW>

Videovorstellung der PhD-Kandidat\*Innen der Forschungsinitiative:  
<https://cloud.tugraz.at/index.php/s/PgMfw9oTWgpKTQW>

**4** ongoing research: bundling competences  
@ TU Graz for sustainability  
Effekte



Forschungsinitiative Nachhaltige Personen- und Gütermobilität

**5** ongoing research: bundling competences  
@ TU Graz for sustainability  
Beispiel: Logistik



Sustainable Development Goals



source: UNESCO, Adelle

**Beispiel Logistik (KEP):**  
*Ist es nachhaltiger im e-commerce zu bestellen oder lokal einzukaufen?*

Ziele

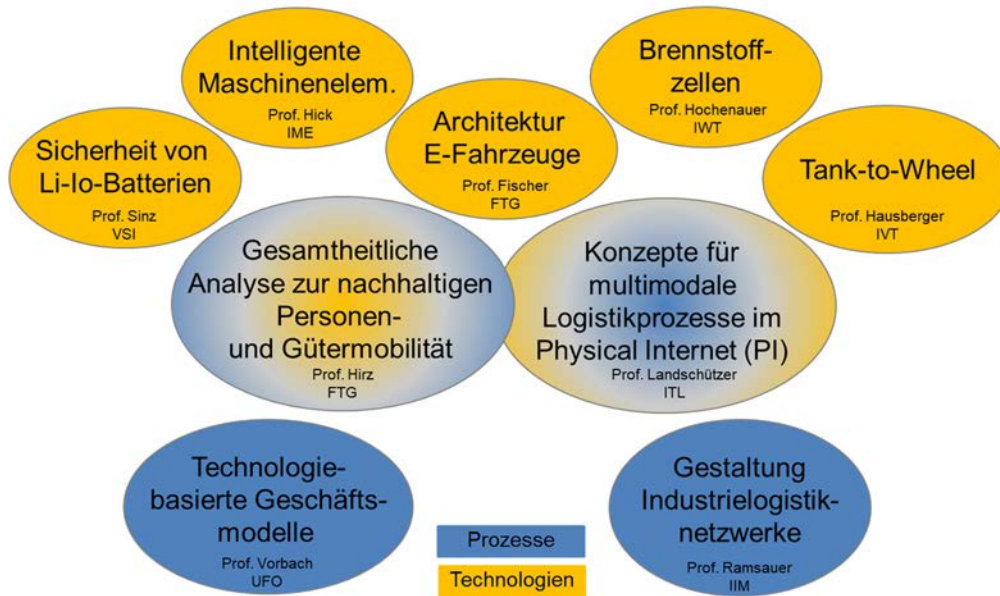
- Identifikation der Nachhaltigkeitsfaktoren (SDG)
- Darstellung der Aspekte von Nachhaltigkeit und Bewertung der logistischen Anteile
- Einfach verständliche Aufbereitung für „Logistikkunden“

Methoden

- Modelling and simulation (multidomain)
- Multi-level connection Intra- and Extralogistics

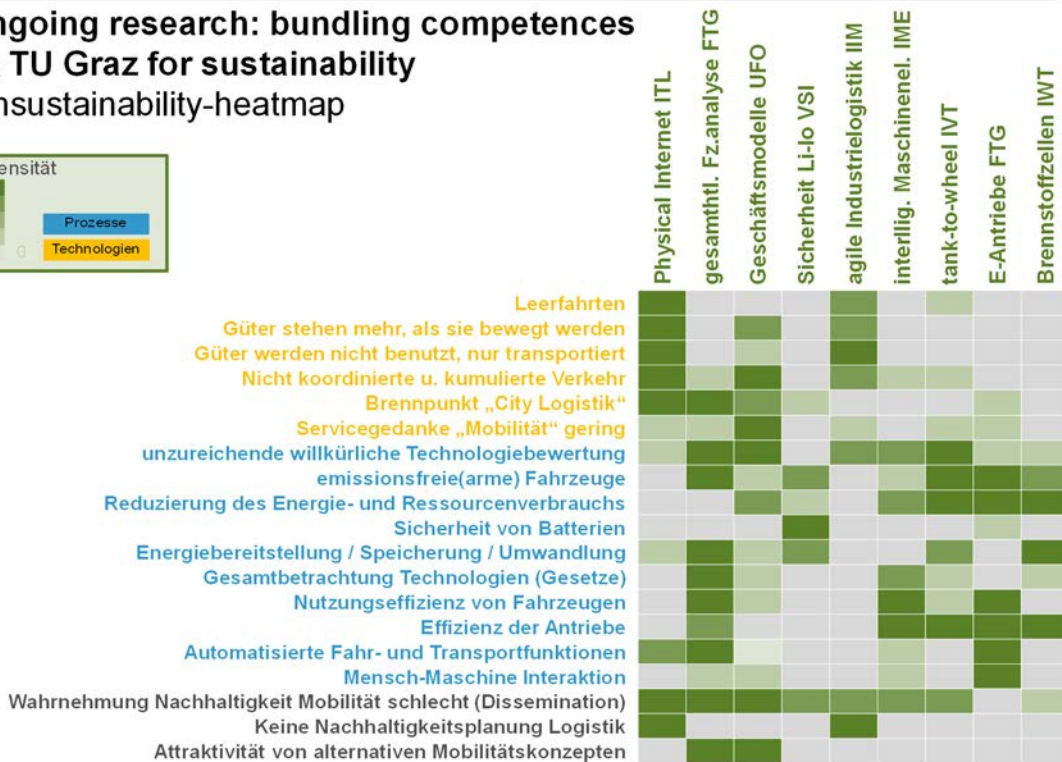
Forschungsinitiative Nachhaltige Personen- und Gütermobilität

**6** ongoing research: bundling competences  
@ TU Graz for sustainability  
Alle Doktoratsthemen



Forschungsinitiative Nachhaltige Personen- und Gütermobilität

**7** ongoing research: bundling competences  
@ TU Graz for sustainability  
Unsustainability-heatmap



source: TU Graz

Forschungsinitiative Nachhaltige Personen- und Gütermobilität





# Forschungsinitiative: Nachhaltige Personen- & Gütermobilität



## Problem unsustainabilities

### Containertransport

- ineffiziente Hubprozesse/-technologien

### Güterverkehr

- keine koordinierten Transporte
- mangelhafte Flotten-/Fahrzeugnutzung



### Güterverteilung und Personenverkehr

- unausgeglichener Fahrzeugmix
- steigende Anforderung und Herausforderungen



## Ziele Forschungsinitiative (Fortsetzung)

### Mobilität

#### Gütermobilität

- Schließung Technologielücke Logistik
- Schienengüterverkehr u. Physical Internet

#### Personenmobilität

- multikriterielle Methoden
- Modell-/Technologiebewertung
- Konzepte Mobilitätsangebote/-technologien

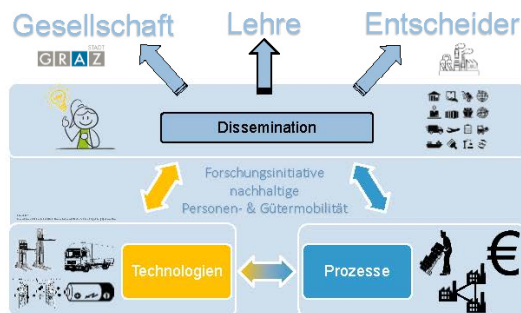
### Technologie

- ganzheitliche Betrachtung und Bewertungsmethoden
- Konzepte Optimierung Personen-/Gütermob.

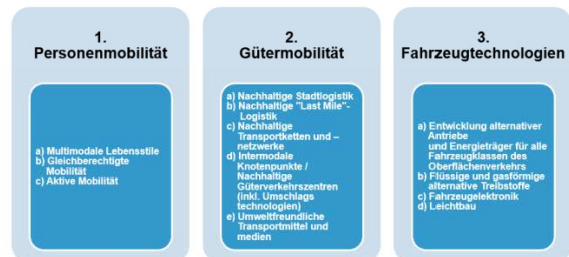
### Instrumente

- wissenschaftlich: Kongr., Paper, Vernetzung
- niederschwellig: Ergebnisverbreitung durch interaktive Simulationsplattformen (Web)

## Ansatz Forschungsinitiative



## Forschungsthemen



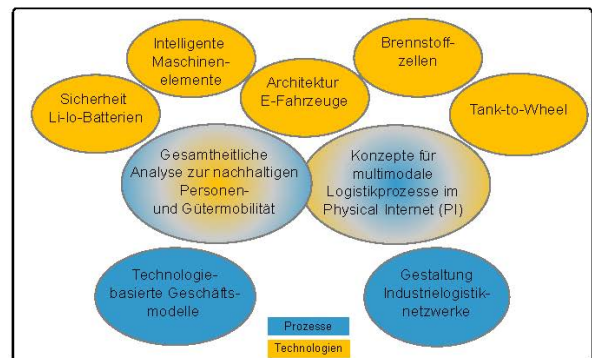
## Ziele Forschungsinitiative

### TU Graz und Fakultät MB/MBWW

- verstärkte öffentliche Wahrnehmung
- verbesserte interne Zusammenarbeit
- breitere Zugänge und Folgeforschung

### Gesellschaft und Entscheidungsträger

- Bewusstseinsbildung für Ansätze







**PhysICAL**  
**Physical Internet through cooperative**  
**Austrian Logistics**  
**- Österreichisches Leitprojekt -**


Dr. Sandra Stein



Dr.

## Sandra Stein

- Studium an der RWTH Aachen
- Promotion im Bereich Verkehrswesen und Logistik im Themenfeld der Binnenschifffahrt
- Seit 2011 Leitung im Bereich Forschung bei der Fraunhofer Austria Research GmbH
- Lehrgangsheiterin des MBA-Studiengangs „Mobility Transformation“ an der TU Wien
- Forschungsschwerpunkte:
  - Transportlogistik, insbes. Physical Internet, kollaborative Transportnetzwerke, integrierte Transport- und Produktionsplanung, FTI in der Logistik, Logistik-Cluster

**PhysICAL**  **Physical Internet through cooperative Austrian Logistics**  
**- Österreichisches Leitprojekt -**

Laufzeit:	01.06.2020 – 31.05.2024
geplante Kosten:	3.633.171 €
angesuchte Förderung:	2.499.805 €
Projektleitung:	Dr. Sandra Stein (Leitung Forschung, Fraunhofer Austria Research GmbH)

The research leading to these results will receive funding from the Mobility of the Future programme. Mobility of the Future is a research, technology and innovation funding programme of the Republic of Austria, Ministry of Climate Action. The Austrian Research Promotion Agency (FFG) has been authorised for the programme management.



In unserem Leitprojekt „PhysICAL“ wollen wir die Chance nutzen, mit 17 Partnern aus ganz Österreich Elemente des Physical Internets weiterzuentwickeln und zum Leben zu erwecken. In den nächsten vier Jahren stehen vier unterschiedliche Branchen und ihre Herausforderungen im Fokus, die repräsentativ für Österreich sind.

## Zur Person

Sandra Stein studierte an der **RWTH Aachen** und promovierte im Bereich Verkehrswesen und Logistik im Themenfeld der Binnenschifffahrt.

Vor ihrer Promotion war sie u.a. bei der Fédération Internationale de Football Association (FIFA) beschäftigt, bevor sie in den wissenschaftlichen Bereich wechselte.

Seit 2011 ist sie bei der **Fraunhofer Austria Research GmbH** im Bereich Forschung tätig und leitet diesen Bereich. An der **TU Wien** betreut sie Dissertationen, Diplom- und Masterarbeiten, Lehrveranstaltungen und ist Lehrgangsführerin des neuen MBA-Studiengangs „Mobility Transformation“.

Ihre Forschungsschwerpunkte sind:

- Transportlogistik, insbes. Physical Internet, kollaborative Transportnetzwerke, integrierte Transport- und Produktionsplanung, FTI in der Logistik, Logistik-Cluster



**Operatives Ziel** ist es, bis zum Jahr 2024 mittels vier Piloten zu demonstrieren, dass kooperative Logistik

- a) Verladern und der Transportwirtschaft in Österreich ökonomische Vorteile und
- b) der österreichischen und europäischen Gesellschaft ökologischen und sozioökonomische Nutzen bringt.

**Strategisches Ziel** ist

- a) die flächendeckende Realisierung der kooperativen Logistik in Österreich und darüber hinaus, sowie
- b) die Weiterentwicklung der Branche auf dem Weg zur vollständigen Implementierung des Physical Internet.

Worauf zielt unser Leitprojekt ab? Neben den genannten Aspekten wollen wir den Stakeholdern die Angst nehmen. Angst vor Disruption, Veränderungen, Angst davor, evtl. zu den „Verlierern“ zu gehören – denn obwohl es nicht nur Gewinner geben wird, bietet das System Platz für alle. Wir wollen die kritischen Fragen verständlich beantworten und die Branche auf dem notwendigen Weg zur Transformation begleiten.

## PhysICAL | Die Ausgangssituation

**Gap 1: Dringende Notwendigkeit der Umsetzung konkreter Maßnahmen zum Klimaschutz**

**Bedarf 1:** innovative, teils disruptive Änderungen im Transportsystem, um einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz leisten zu können.



**Gap 2: Fehlende Digitalisierung am Weg zur Transportlogistik 4.0**

**Bedarf 2:** offene Tools, die eine horizontale und vertikale, digitale Vernetzung zwischen den Akteuren einer Transportkette und im Logistiknetzwerk ermöglichen



**Gap 3: Beitrag zur Weiterentwicklung und schrittweisen Implementierung des Physical Internets**

**Bedarf 3:** Demonstration und Schaffung von Best Practice-Beispielen, um zu beweisen, dass kooperative Logistik ökologische, ökonomische und soziale Vorteile bringt



Drei wichtige Herausforderungen stellen sich (neben weiteren) aktuell in der Logistik und im Güterverkehr da: Klimaschutz, Digitalisierung und notwendige, neue Konzepte zur Transformation des Güterverkehrs. Aus diesen Herausforderungen, die wir im Leitprojekt angehen wollen, ergeben sich konkrete Bedarfe.

## PhysICAL | Die Ausgangssituation

### PhysICAL – Maßnahme 1:

Entwicklung **echtzeit-basierter Planungsmethodiken, um synchromodale Transporte** zu ermöglichen (Pilot Plattform und Digitaler Zwilling)

### PhysICAL – Maßnahme 2:

Entwicklung **digitaler und offener Plattformen** zum gegenseitigen, vertrauensvollen Datenaustausch (Pilot offene Plattform und Supply Chain 3.0)

### PhysICAL – Maßnahme 3:

Entwicklung **neuartiger Transporteinheiten**, um einen **Modal Shift** sowie eine verkehrsträgerübergreifende und **horizontale Kooperation** zu realisieren (Pilot smarte Holzlogistik und die neue letzte KEP-Meile)



Diesen Bedarfen begegnen wir im Projekt mit konkreten Maßnahmen, die wir nicht nur konzeptionell entwickeln, sondern in erster Linie demonstrieren werden. Dieses werden wir in 4 Piloten aus unterschiedlichen Branchen umsetzen:

## Smarte Holzlogistik **StB**

- Holz wird einzeln / in offenen Bündeln aus dem Wald auf LKW verladen und über die Straße entweder direkt oder über einen Hub (ggf. Umschlag) zum Zielort verbracht
- Allein im oberen Murtal und Lungau werden pro Jahr etwa **100.000t Holz** per LKW transportiert (max. Transportgewicht für Rundholz: 40t - entsprechend generieren 100.000t Rundholz Fahrten von 2500 LKW pro Jahr)
- wovon etwa **30.000t** realistisch verlagert werden können

### Nutzen

- bis zu **50 %** weniger Kranungsvorgänge gegenüber der herkömmlichen Situation Straße – Schmalspur – Normalspur
  - standardisiertes, kooperativ genutztes Gebinde, was immer wieder verwendet wird
    - bis zu **15%** Kosteneinsparung durch Vermeidung von Spezialfahrzeugen
    - Entfall von Wartezeiten → Reduktion von Schädlingbefall
  - Reduktion von GHG bis zu **30%** durch Nutzung von emissionsarmen Loks

### wichtigstes Ergebnis: 1-2 Prototypen eines standardisierten Containertraggebindes für Holz und Holzprodukte und dessen Demobetrieb über einen sinnvollen Zeitraum

- Gebinde wird den Waldbauern (auf Abruf über App) zur Verfügung gestellt
- Verladung direkt in die Gebinde → auf vorhandene Schmalspurbahn → Umschlag am Knoten auf die Normalspur → Hauptlauf
- im **Rücklauf** kann Holzrohstoff für die regionale verarbeitende Holzindustrie rückgeführt werden

In der Holzlogistik ist unser erster Pilot angesiedelt, mit dem wir einer Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Bahn mit Hilfe einheitlicher und standardisierter Transporteinheiten, wie einem Containertraggebinde für Holz, erreichen wollen.



7

## Offene Transport-Management-Plattform ///4PL Intermodal

- Buchungsplattformen für Güterverkehre sind bereits mehrere verfügbar (z.B. Transporeon TIMOCON, Spotworx, Transwide...) → Verlager (bzw. der Transportauftraggeber) gibt die von ihm benötigte Transportdienstleistung bekannt und erhält über die Plattform Angebote.
- Angebot/Nachfrage von hauptsächlich **unimodalen** (straßengebundene) Transportdienstleistungen
- in seltenen Fällen kann ein Angebot durch einen intermodalen Spediteur unterbreitet werden, die selbst eine intermodale Kette anbietet

**Nutzen**

- signifikante Vereinfachung / Verkürzung des intermodalen Buchungsvorganges (bis zu 70% schneller) durch Konsolidierung sämtlicher Prozesse in einem Tool
  - erwartete Transportkostensenkungen **bis zu 10%** durch Bündelungseffekte
  - reduzierte Logistik-Prozesskosten (**bis zu 30%**) durch Konsolidierung sämtlicher Prozesse
- geringere Umschlagszeiten (**bis zu 50%**) durch verbesserte Planbarkeit / Transparenz der Transportkette
  - reduzierte Leerfahrten (**bis zu 15%**) durch Bündelung
- Algorithmus zur Berechnung von unterschiedlichen intermodalen Routenvorschlägen, um eine möglichst breite Palette an Transportangeboten einholen zu können

**wichtigstes Ergebnis: offene Transport-Management-Plattform (Leitprojekt-eigen) und deren Demobetrieb über 12 Monate (etwa 20-30 Verlager, 5 Aufträge/Tag)**

- Verlager stellen Transportauftrag in Plattform → Plattform generiert automatisch optimalen intermodalen Transport und bucht diesen zu den besten Konditionen (ökol./ökon.)
- Durchführung der Transporte mit anschließender Kosten-Nutzen-Evaluierung
- Ziel: Etwa **5-6 Aufträge/Tag über min. 6 Monate** über die Plattform durchzuführen

Unser zweiter Pilot ist branchenübergreifend: Wir entwickeln eine bestehende Transportplattform weiter und stattdessen diese mit neuen Modulen wie einem Slot Optimizer, einer automatisierten intermodalen Buchungsoption oder GHG-Monitoring aus. Auch diese Plattform geht in den Live-Betrieb und wird mit Kunden und tatsächlich durchgeführten Aufträgen getestet.

8

## SupplyChain 3.0



- Im eCommerce Sektor gibt es – im Gegensatz zum stationären Handel – **keine Unterteilung zwischen Retail und Großhandel**
- Österreichische KMU, die eCommerce betreiben, sind strategischen und organisatorischen Herausforderungen wie Lagerung, IT-Lösungen, Vertriebsstrukturen, Kommissionierung / Disposition und die Transportlogistik ausgesetzt, die sie oftmals aufgrund ihrer **Unternehmensgröße nicht bewältigen können**
- In Kooperation mit anderen KMU und Logistikdienstleistern ist diese jedoch machbar

**Nutzen**

- erstes reales Handelshaus in der virtuellen Welt
- In Österreich und Mitteleuropa angesiedelten KMU wird ermöglicht, effizient am eCommerce teilnehmen
  - Verringerung der Energieeinsätze und Leerkilometer pro Produkt um **bis zu 15%**
    - Berechnung und Nutzung von Synergien in der kooperativen SC3.0
    - kooperativ genutzter Hub zum Umschlag, Lagerung und Veredlung

**wichtigstes Ergebnis: erstes reales Handelshaus in der virtuellen Welt und dessen Demobetrieb über 12 Monate**

- kollaborative Abholung der Produkte ab Rampe beim Produzenten bis zur Übernahme der gesamten **Logistik in kollaborativer Form** (z.B. Lagerung, Retouren, Bezahlung) und dem Vertrieb der Produkte weltweit auf multiplen Online-Marktplätzen
- in der Pilotphase geht es nicht um das Erreichen einer Masse, sondern um die Auswahl von wenigen, aber passenden Produkten; wenigen, aber passenden KMU als Lieferanten und deren Kollaboration

Im dritten Piloten geht es um kooperative Logistik für KMU im eCommerce. Es wird ein „Großhandel“, ein reales Handelshaus in der virtuellen Welt, für produzierende KMU etabliert. Die physischen Logistikvorgänge von der kollaborativen Abholung der Produkte ab Rampe, der kollaborativen Lagerung, Kommissionierung und Lieferung wird von einem Logistikdienstleister koordiniert und durchgeführt.

## Die neue letzte KEP-Meile



- aktuell werden Pakete im Allgemeinen nicht kooperativ zugestellt
- jeder KEP-Dienstleister fährt jede Adresse bei Bedarf an und erzeugt damit Verkehrsleistung und GHG-Emissionen
- durch die strategische Platzierung der Verteilzentren sowie der daraus resultierenden ähnlichen Zustellrouten kommt es immer wieder vor, dass mehrere KEP-Dienstleister zur selben Zeit im selben Gebiet (z.B. Straßenzug) zustellen → **Behinderung des fließenden Verkehrs, Verminderung der Transportnetzwerkleistung, unnötige Emissionen**

### Nutzen

- Zustellung entfällt (Reduktion von Treibhausgasen, Zeitersparnis beim LDL und Kunden)
  - PI-Box, die nur vom KEP-Dienstleister und Endempfänger geöffnet werden kann
    - mobile Paketwand, die den klassische Paketwandeinsatzbereich erweitert
      - positive verkehrliche Auswirkungen?
  - Forcierung der Kooperation der KEP-Dienstleister
  - Reduktion des innerstädtischen Verkehrs um bis zu 15%

**wichtigstes Ergebnis: Prototypen PI-Box, Prototypen Paketwand, Demobetrieb einer kooperativen KEP-Zustellung über min. 6 Monate**

- einzelne Sendungen werden in **verschießbare, modulare und miteinander verbindbare Boxen** (PI Box) gegeben, die erst wieder vom Empfänger entsperrt werden kann
- Empfänger erhält einen Freischaltcode per Mobiltelefon
- Paketwand ist mit einem **fahrbaren Untersatz** ausgestattet, sodass sie strategisch - je nach Paketaufkommen - platziert werden kann

Unser vierter Pilot fokussiert auf kooperative White-Label-Logistik im KEP-Bereich. Aufbauend auf dem Projekt GrazLog werden wir in Graz und ggf. anderen Testräumen mit einer modularen Paketwand einen mobilen City-Hub ins Leben rufen.

## Der Digitale Zwilling als verbindendes Element

Es wird ein digitaler Zwilling (von Teilen) des österreichischen Transportnetzwerks erstellt, der Prognose- und Optimierungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit der Netzwerknutzung und -gestaltung ermöglicht



Konzeption: AIT, FHA



Datenstreaming/IoT devices/5G: A1 digital



Software-Integration / GUI: Bitsfabrik

Der jederzeit aktuelle digitale Zwilling der Infrastruktur lässt zuverlässig, in Echtzeit und auch unter widrigen Umweltverhältnissen Ableitungen aller relevanten Informationen für jedes Fahrzeug/jedes Gut/jeden Verkehrsträger zu. Makrogeographisch werden die **wichtigsten Verkehrsachsen** in Österreich abgebildet und mikrogeographisch die **Demonstrationsgebiete** der Piloten.



Um die Piloten einerseits miteinander zu verbinden, aber auch die einzelnen Optimierungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer ökologischen und ökonomischen Wirksamkeit bewerten zu können, wird es Digitale Zwillinge geben. Momentan sind wir dabei, in Details für die einzelnen Piloten zu klären, welche Elemente der Digitale Zwilling sinnvoller Weise abbilden wird.



## Das Konsortium



Die Zusammensetzung der Projektpartner entspricht dem Charakter eines österreichischen Leitprojektes:

Es wurde ein Verhältnis 14:3 Unternehmens- und Technologiepartnern zu wissenschaftlichen Partnern erreicht.

Hinsichtlich der Unternehmenspartner ist es gelungen, **12 KMU** einzubinden. Die 17 Partner stammen aus 4 Bundesländern (Wien, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark). Weiterhin gibt es einen deutschen Partner.

## Und danach.... Die Verwertung

- nach dem Projektende ist die Gründung eines "**Austrian Centre for sustainable and collaborative logistics**" (**ACSL**) geplant
- Co-Finanzierung erfolgt optimaler Weise durch Bund, Länder, in Form eines K1 Zentrums, o.ä.
- **ACSL** wird unterteilt in die vier Areas der Piloten, in denen die **PhysICAL**-Ergebnisse marktreif weiterentwickelt werden
- Partnerunternehmen des **ACSL** sind die Konsortialpartner sowie weitere finanzierende Unternehmen
- Hardware - insbesondere die Transporteinheiten - werden im Zuge der Entwicklung durch die an der Entwicklung beteiligten Partner patentiert und somit eine Verwertung nachhaltig geschützt

Nach dem Projektende planen wir, die Ergebnisse weiterzuentwickeln. Dieses soll im Rahmen eines neu zu gründenden Centers geschehen, an dem alle Partner – und natürlich auch weitere Stakeholder – teilhaben können. Strategie ist, die Ergebnisse auf ein marktreife TRL zu bringen und so für Österreich und Europa einen Mehrwert durch innovative Produkte und Dienstleistungen zu liefern.

## Und danach.... Die Verwertung

Ergebnis	spätere Verwendung	Marktpotential
Prototyp eines Container-Tragegebändes für Holz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weiterentwicklung in ein serienreifes Container - Tragegebände</li> <li>• Betrieb durch die Steiermarkbahn und weitere EVU in Österreich</li> <li>• das Gebinde ist auch in anderen vergleichbaren Regionen mit Neben- /Schmalspurnetz einsetzbar (z.B. Ötscherland, Waldviertel)</li> <li>• Möglichkeit des Technologieexportes für vergleichbare internationale Anwendungsfälle (z.B. Rumänien, Lateinamerika)</li> </ul>	In AT: etwa 50.000 Stück in unterschiedlichen Regionen
Offene Transport-Management- Plattform	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitprojekt-eigene Plattform wird im ACSL weiterentwickelt und live geschaltet</li> <li>• der weiterführende Betrieb erfolgt z.B. durch das ACSL oder durch 4PL Intermodal</li> <li>• Innovationen aus PhysICAL gehen in den Live-Betrieb in der IMSLOT-Plattform über</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verlader in AT: etwa 200</li> <li>• Logistikdienstleister in AT: etwa 20-30</li> <li>• Verlader in DE: etwa 1000</li> <li>• Logistikdienstleister in DE: etwa 150-250</li> <li>• Verlader in HU: etwa 50</li> <li>• Logistikdienstleister in HU: etwa 20</li> <li>• Verlader in CH: etwa 150</li> <li>• Logistikdienstleister in CH: etwa 20-30</li> </ul>

## Und danach... Die Verwertung

Ergebnis	spätere Verwendung	Marktpotential
erstes reales Handelshaus in der virtuellen Welt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weiterführung des Konzeptes SupplyChain3.0, z.B. durch Stranzinger und den Global Web Shop oder im Rahmen des ACSCl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KMU in AT und Mitteleuropa, für die ein Zugang zum eCommerce relevant ist (etwa 10% der Grundgesamtheit). 10% aller KMU im Handel allein in AT = 7900 Unternehmen, 10% aller KMU in der Produktion = 2500 Unternehmen</li> </ul>
Prototypen einer PI-Box	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weiterentwicklung der PI-Box, sodass Marktreife erreicht werden kann, z.B. durch das ACSCl</li> <li>• durch die geplante koppelbare Paketbox kann ein Logistiksegment bedient werden, für die das aktuelle Angebot der Variocube GmbH zu kostenintensiv ist. (Pharmahandel oder die Dokumentlogistik)</li> <li>• direkter Nutzen für verdichtete Logistikprozesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In AT: etwa 5.000.000 Stück</li> </ul>
mobile Paketwand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablierung eines neuen Produkts am Markt durch die Konsortialpartner oder das ACSCl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In AT: etwa 10.000 Stück</li> </ul>

Gibt es noch Fragen?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

<https://physical-project.at/>

<https://www.facebook.com/Physical-108920320940493>

<https://www.linkedin.com/company/physicalproject/>







# **Skalierbare offene Warenaustausch- Systeme als Beitrag zur nachhaltigen City-Logistik**

Dipl.-Ing. Karl Hofer, Dipl.-Ing. Michael Schadler

Dipl.-Ing

## Karl Hofer

- Universitätsprojektassistent am Institut für Straßen- und Verkehrswesen an der Technischen Universität Graz
- Studium: Bauingenieurwissenschaften an der Technischen Universität Graz
- Abschluss 2015 in der Vertiefung „Umwelt und Verkehr“
- Forschungsschwerpunkte: Verkehrsplanung und -modellierung im Personen- bzw. Güterverkehr

Dipl.-Ing

## Michael Schadler

- Universitätsassistent am Institut für Technische Logistik an der Technischen Universität Graz
- Studium: Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau an der Technischen Universität Graz
- Abschluss 2015 im Studiengang „Production Science and Management“
- Forschungsschwerpunkte: Automatisierungstechnik im Kontext der Industrie 4.0, Instandhaltung sowie nachhaltige Urbane Logistiksysteme



### **Dipl.-Ing. Karl Hofer, BSc.**

Karl Hofer studierte Bauingenieurwissenschaften an der Technischen Universität Graz. Er schloss das Masterstudium Bauingenieurwissenschaften mit der Vertiefung „Umwelt und Verkehr“ im Jahr 2015 ab. Seitdem ist er als Universitätsprojektassistent am Institut für Straßen- und Verkehrswesen tätig. Seine Forschungsschwerpunkte sind Verkehrsplanung und -modellierung im Personen- bzw. Güterverkehr.

### **Dipl.-Ing. Michael Schadler, BSc.**

Michael Schadler studierte an der Technischen Universität Graz Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau und schloss das Masterstudium „Production Science and Management“ im Jahr 2015 ab. Seitdem ist er als Universitätsassistent am Institut für Technische Logistik der Technischen Universität Graz tätig. Seine Schwerpunkte in Forschung und Lehre sind Automatisierungstechnik im Kontext der Industrie 4.0, Instandhaltung sowie nachhaltige Urbane Logistiksysteme.

### **Zusatzinformationen zum Forschungsprojekt „SoWAS“:**

Ansprechpartner: Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Hafner

Mail: [norbert.hafner@tugraz.at](mailto:norbert.hafner@tugraz.at)

Telefon: +43 (316) 873 - 7329

Homepage: [www.sowas.st](http://www.sowas.st)

FFG-Projektnummer: 862833

Projekt-Laufzeit: Juli 2017 bis Juni 2021

Standort Pilotsystem: Technische Universität Graz, Campus Neue Technik, Stremayrgasse



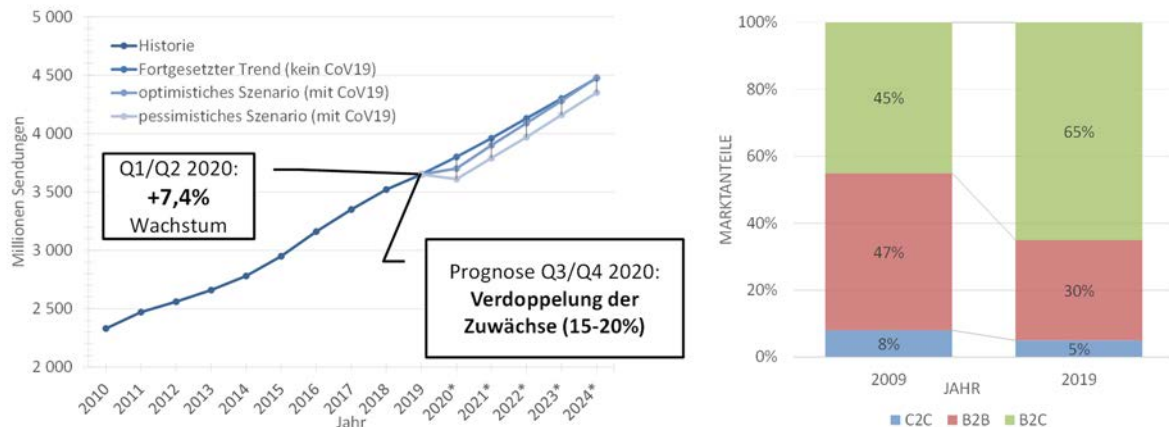
## Die Zustellprozesse der „Letzten Meile“ haben ein hohes Potential zur Verkehrsreduktion durch Vermeidung von Mehrfachzustellungen



Nicht nur in großen Ballungszentren verursacht die „Letzte Meile“, d.h. die Zustellung von Paket- und oder Warensendung an den Empfänger bis zur Haustür, eine Reihe von Problemen. Auch in verhältnismäßig kleinen Städten wie Graz zeichnen sich Herausforderungen im Zusammenhang mit dem innerstädtischen Güterverkehr ab. Selbst in Fußgängerzonen, wie hier in der Herrengasse ist eine Erhöhung des Verkehrsaufkommens, u.a. bedingt durch Ausnahmegenehmigungen, festzustellen. Darum ist es ein zentrales Anliegen der Stadt Graz, nicht nur eine Lösung für die gegenwärtige Situation des Güterverkehrs, sondern auch langfristig für die Gestaltung der Stadt, insbesondere bei große Neubauprojekte wie „Reininghaus“ oder „Smart City Graz“, zu finden.

Die letzte Meile ist mit bis zu 55% der gesamten Transportkosten nicht nur der ineffizienteste und kostspieligste Anteil in der Lieferkette [Goo05, Mod10], sie hat gleichzeitig durch die großen ökologischen Auswirkungen für die Gesellschaft große Relevanz [GvV09]. Aktuelle Forschungsarbeiten zeigen, dass die Zustellung von Paketen zu Endkunden großes Potential hinsichtlich einer Reduktion der verursachten Verkehrsleistung aufweist [FM17]. Vorherrschende Zustellprozesse auf der letzten Meile zeigen einen hohen Anteil fehlgeschlagener Zustellungen auf der Seite KEP-Dienstleister, ebenso wie einen hohen Anteil daraus induzierter individueller Abholfahrten auf der Seite der Endkunden.

## Die Sendungsvolumina in der KEP-Branche - insbesondere B2C steigen trotz/wegen COVID19 weiter kontinuierlich

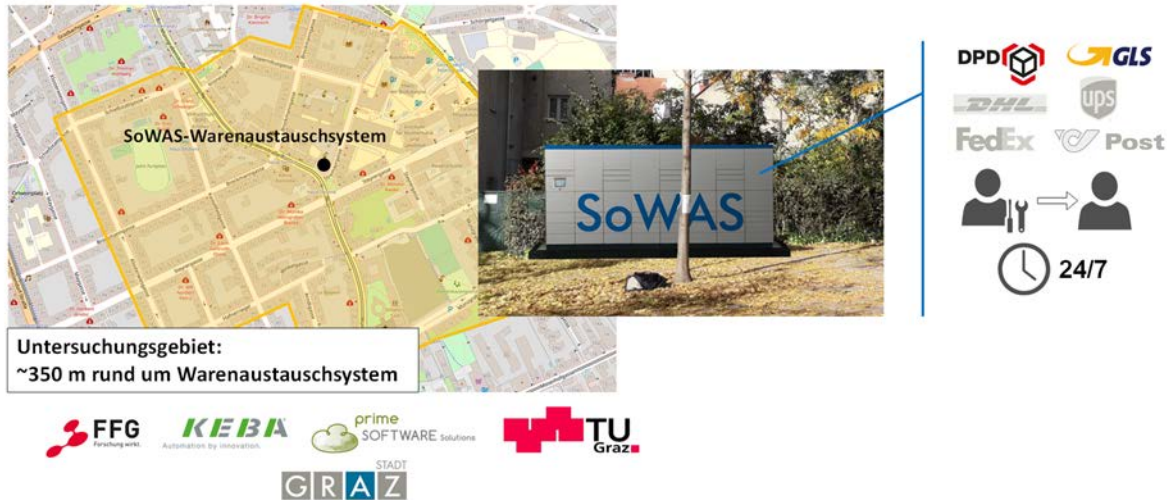


Quellen: BIEK KEP-Studie 2020 (KE-Consult), BIEK Pressemeldung vom 27.10.2020

Die stetige Entwicklung des KEP-Markts, u.a. bedingt durch das kontinuierliche Wachstum des E-Commerce-Marktes, ist seit gut 20 Jahren ungebrochen. Das Sendungsvolumen stieg bspw. in Deutschland jährlich um durchschnittlich 4,1% auf zuletzt 3,65 Milliarden im Jahr 2019 [EK20a]. Auch für Österreich lässt sich am Beispiel Wiens ein ähnliches Bild zeigen. Dort stieg das Sendungsvolumen laut der Wirtschaftskammer Wien von 2014-2019 um 73% auf absolut 95,7 Millionen Sendungen [FDS+20]. Deutlich zeigt sich in den genannten Studien, dass sich der Marktanteil an B2C Sendungen im vergangenen Jahrzehnt deutlich vergrößert hat. Aufgrund der anhaltenden COVID-19-Pandemie ist davon auszugehen, dass sich dieser Trend noch deutlich ausbauen wird. Hinsichtlich der Sendungsvolumina sind weitere Vorhersagen aufgrund der unklaren globalen Entwicklungen natürlich schwierig zu treffen. Die beiden Studien zeichnen daher verschiedene Szenarien ausgehend von einem pessimistischen bis hin zu einem sehr optimistischen Szenario (im Bild ist aufgrund der umfänglichen Darstellung Deutschland zu sehen). Der Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK) mit Sitz in Berlin veröffentlichte Ende Oktober bereits die Zahlen des ersten und zweiten Quartals dieses Jahres. Mit einer Steigerung von 7,4% ist das Wachstum des Sendungsvolumens im ersten Halbjahr sehr deutlich ausgefallen. Ebenso wird aufgrund der Pandemie mit einer Verdoppelung der Zuwächse im Weihnachtsgeschäft gerechnet [EK20b].

Es wird anhand der Zahlen nochmals deutlich, dass es zukünftig dringend weitere bzw. alternative Zustellmöglichkeiten geben muss. Einige KEP-Dienstleister haben bereits Warenaustauschsysteme (Paketschließfächer) als optionale Lösung für die Zustellung auf der letzten Meile implementiert. Leider sind viele dieser Systeme wegen des Wettbewerbs exklusiv für den einzelnen Dienstleister und daher für niemanden sonst nutzbar. Folglich ist die Effizienz dieser Systeme begrenzt, da weiterhin Mehrfachzustellungen anderer KEP-Dienstleister notwendig sind, oder die Endkunden durch die Anfahrt Dienstleister-spezifischer Standorte abermals Verkehr verursachen.

## Das Forschungsprojekt „SoWAS“ untersucht kolaborative Systeme zur Nutzung aller KEP-Dienstleister im (halb-)öffentlichen Raum



Um das vorliegende Potential zugunsten einer nachhaltigeren innerstädtischen Güterverteilung ganzheitlich zu erschließen und kurzfristig nutzbar zu machen, hat sich das folgende Projektkonsortium gefunden:

- Technische Universität Graz, Institut für Technische Logistik (Konsortialführer)
- Technische Universität Graz, Institut für Straßen- und Verkehrswesen
- Stadt Graz, Abteilung für Verkehrsplanung (unterstützt durch A10-BD / EU-Referat)
- KEBA AG, Linz
- Prime Software GmbH, Graz

Ziel des mehrjährigen Forschungsprojekts „Skalierbares, offenes Waren-Austausch-System (SoWAS)“, das durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft gefördert wird, ist die Entwicklung und Erprobung eines Übergabesystems für Waren und Pakete, für den (halb-)öffentlichen Raum, um die urbane Güterlogistik ökologisch nachhaltiger zu gestalten. Das System soll jederzeit zugänglich bzw. einfach und flexibel nutzbar sein und grundsätzlich allen Logistikdienstleistern sowie Privatkunden offenstehen. Neben den herkömmlichen Möglichkeiten des Paketempfangs und -versands, eignet sich ein anbieter-offenes Warenaustauschsystem auch für weitere, neuartige Dienst- und Serviceleistungen, z.B. der Übergabe von Waren oder Ersatzteile im gewerblichen Bereich („verlängerte Öffnungszeiten“) oder dem Austausch und das Verwahren im privaten Umfeld als Teil der „sharing economy“. Die Innovation eines offenen, kollaborativ genutzten Warenaustauschsystems bietet den Vorteil der gemeinsamen, flexiblen und damit effizienteren Nutzung von Infrastruktur. Der im Projekt entwickelte Prototyp wird am Standort Campus Neue Technik errichtet. Durch die Lage am Rande des Zentrums von Graz ist das direkte Umfeld sehr dicht besiedelt (3.000 Haushalte) sowie eine gute Erreichbarkeit zu Fuß, mit dem Rad und den öffentlichen Verkehrsmitteln gegeben. Im direkten Umfeld der Anlage befindet sich die TU Graz sowie zahlreiche Geschäfte und Gastronomie.

## Der Fokus des Vortrags liegt auf den Ergebnissen auf der Bewertung von Veränderungen im Mobilitätsverhalten



Methode



Status Quo im Testgebiet  
Tatsächliches Verhalten



Reduktionspotentiale

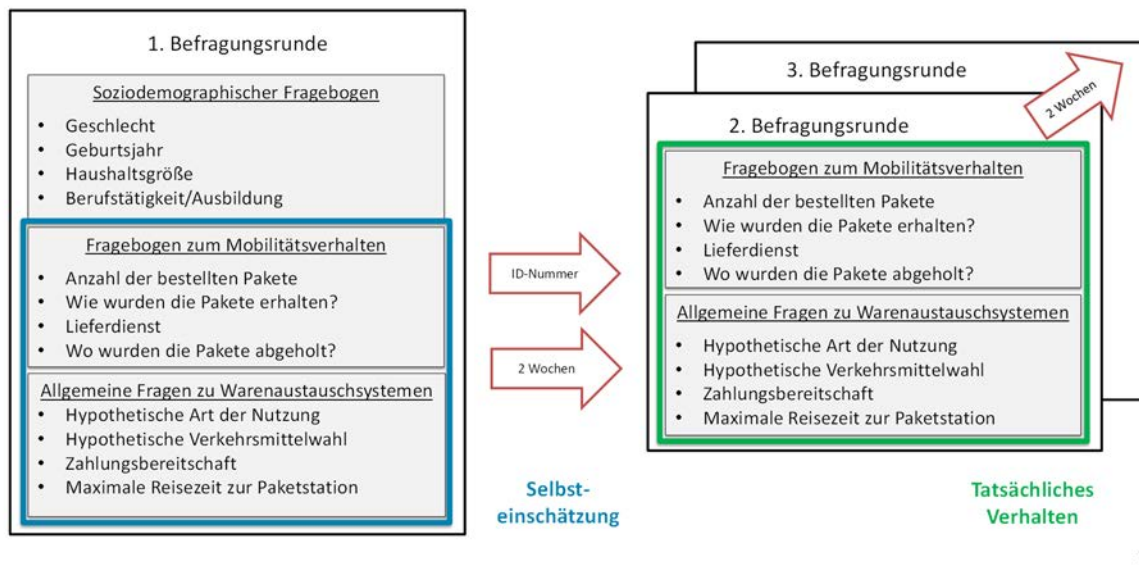
Übergeordnetes Ziel des geplanten Systems ist es, Zustell- und Abholwege zu reduzieren und der prognostizierten steigenden Nachfrage an Lieferdiensten zu begegnen. Dafür werden im Projekt, unter Einbindung aller relevanten Stakeholder, soziale, organisatorische, rechtliche, wirtschaftliche, strukturelle und technische Anforderungen und Rahmenbedingungen geklärt.

Aktuell befindet sich das Forschungsprojekt in jener Phase, in dem ein offenes Warenaustauschsystem über einen längeren Zeitraum unter realen Bedingungen hinsichtlich Funktionalität sowie die Benutzerfreundlichkeit getestet und unter Einbeziehung der Nutzergruppen evaluiert wird. Bei der Evaluierung des Gesamtsystems soll nicht nur die Frage beantwortet werden, welche individuellen Vorteile das konzipierte System für die identifizierten Nutzergruppen aufweist, sondern insbesondere welche positive Auswirkungen auf Verkehr und Umwelt gegeben sind.

Generell gibt es nur sehr spärlich Literatur über das tatsächliche Mobilitätsverhalten von Stakeholdern in Bezug auf die Annahme sowie den Versand bzw. die Rückgabe von Paketen. Auf der einen Seite finden sich vereinzelt Hinweise und Einschätzungen zur Reduktion von Zustellfahrten von KEP-Dienstleistern durch die Einbindung von Warenaustauschsystemen in den Zustellprozess. Auf der anderen Seite hingegen findet sich in der Literatur keine wissenschaftliche Auswertung bzw. Analyse über eine mögliche Veränderung des Mobilitätsverhaltens auf Seiten der Endkunden durch die Nutzung selbiger Systeme. Ebenso gibt es keine Untersuchungen die eine messbare Reduktion von Fahrtstrecken und produzierten Emissionen der Endkunden darlegen. Daher konzentriert sich der vorliegende Beitrag auf die Bewertung des Mobilitätsverhaltens der Kunden hinsichtlich der Paketannahme und -rückgabe im Untersuchungsgebiet des Forschungsprojekts. Neben der eingesetzten Methode sollen nun die neuesten Erkenntnisse aus der ersten Befragung, welche den Status quo des Mobilitätsverhaltens vor Einführung eines Wareübergabesystems darstellen, erläutert und aufgezeigt werden. Schlussendlich erfolgt eine rechnerische Einschätzung der Reduktionspotenziale, die durch die Einführung eines Systems entsteht.



## Die Datenerhebung erfolgt mittels mehrstufigem Online-Survey-Panel



Zur Beschreibung des vorhandenen Mobilitätsverhaltens im Untersuchungsgebiet des Forschungsprojekts „SoWAS“ wurde eine Online-Panel Befragung entwickelt. Die gezeigte Abbildung stellt das Design bzw. die Durchführung der Online-Panel-Befragung dar. Diese besteht aus insgesamt drei Befragungsrunden, die jeweils in einem Abstand von zwei Wochen stattfanden. Die erste Befragungsrunde erfasste zunächst soziodemographische Daten und wies jedem Teilnehmer eine spezifische ID-Nummer zu, um die Antworten DSGVO-konform über die Befragungsrunden hinweg verknüpfen zu können. In den weiteren Teilen des ersten Fragebogens wurden die Teilnehmer gebeten, eine Selbsteinschätzung ihres Mobilitätsverhaltens vorzunehmen, sowie hypothetische Fragen zum Thema Warenaustauschsysteme zu beantworten.

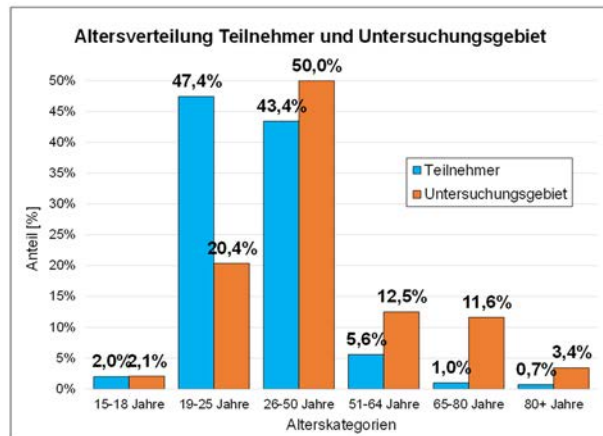
Die Fragebögen der zweiten, sowie der dritten Befragungsrunde bestehen aus je zwei Hauptteilen mit standardisierten Fragen zur Paketannahme bzw. Paketrückgabe und einem dritten Teil, der bei jeder Erhebungswelle entsprechend der Teilnehmereingaben variiert. Im Gegensatz zur ersten Befragungsrunde wurde das tatsächliche Verhalten abgefragt, sodass Informationen über jedes im Untersuchungszeitraum erhaltene bzw. versendete Paket vorliegen.

Falls die Befragten im Untersuchungszeitraum alternative Zustellmöglichkeiten nutzten (z.B. Paketshops) wurden spezifische Informationen über ihr zutage gelegte Mobilitätsverhalten (z.B. genutztes Verkehrsmittel, Aktivitätenketten, Fahrten inklusive Abhol-/Abstelladressen, Zeitspanne zwischen Benachrichtigung und Abholung) erfragt. Der dritte Teil behandelte abermals kundenorientierte Themen wie persönliche Einstellung zur Art der Paketzustellung oder die Zahlungsbereitschaft (WTP) für die Nutzung eines neuen Warenaustauschsystems.

Dieser erste Befragungsdurchgang dient zur Erfassung des aktuellen Mobilitätsverhaltens im Untersuchungsgebiet und wurde von Mitte August bis Ende September 2020 durchgeführt. Im weiteren Verlauf des Forschungsprojektes und der Inbetriebnahme des Prototyps, wird ein zweiter Befragungsdurchgang nach derselben Methodik mit denselben Probanden durchgeführt um das tatsächliche Einsparpotential empirisch belegen zu können (voraussichtlich ab Jänner 2021).

## Es zeigen sich folgende soziodemographische Kenngrößen

- 317 Teilnehmer
  - 40% im Untersuchungsgebiet
  - 193 über alle 3x Runden
- Geschlecht:
  - 60% w - 40% m
- Durchschnitt je Haushalt:
  - 2,28 Personen wohnhaft
  - 1,8 Pakete/Monat erhalten
  - 0,35 Pakete/Monat versendet
- PKW-Verfügbarkeit
  - 37% immer
  - 13% häufig

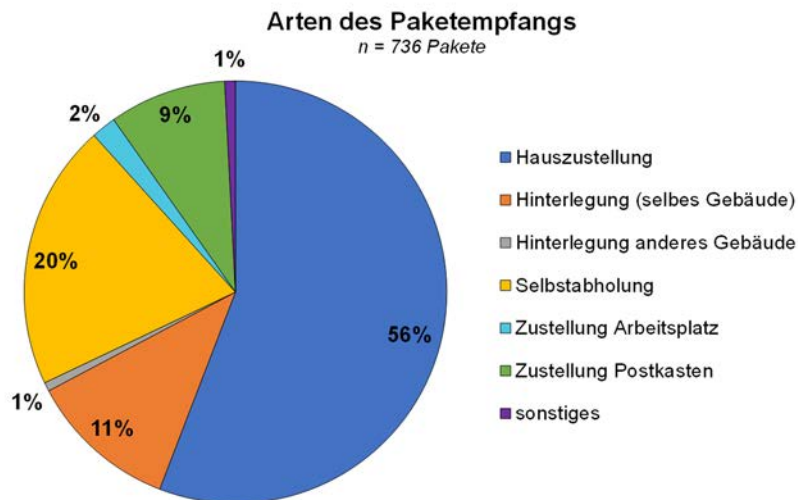


i

Über verschiedene Werbekanäle wie bspw. Postwurfsendungen und Türhänger im Untersuchungsgebiet konnten insgesamt 317 TeilnehmerInnen (60% weiblich, 40% männlich) akquiriert werden. 40% der Teilnehmer gaben an, tatsächlich in einem der ca. 3.000 untersuchten Haushalte zu leben. 193 TeilnehmerInnen beantworteten alle Fragebögen der drei Befragungsrunden vollständig. Die Befragung ergab, dass in einem durchschnittlichen Haushalt etwas über zwei Personen leben, die knapp zwei Pakete im Monat erhalten. Die Aufgabe oder die Rücksendung von Paketen liegt mit einem Paket alle drei Monate deutlich darunter. Die Hälfte aller Befragten gibt an, immer bzw. häufig einen PKW zur Abholung/Aufgabe von Paketen zur Verfügung zu haben.

Die Altersverteilung der TeilnehmerInnen ist in der Abbildung zu erkennen. Diese Verteilung deckt sich in einigen Altersgruppen gut mit den tatsächlichen BewohnerInnen des Untersuchungsgebiets. Die Teilnahme von Personen im Alter zwischen 19-25 Jahren ist überproportional höher als die Anzahl an Personen im Untersuchungsgebiet. Dies ist dadurch zu erklären, dass diese Altersgruppe auch als E-Commerce und technikaffin eingestuft werden kann. Die Teilnahmebereitschaft wird geringer je höher das Alter der BewohnerInnen im Untersuchungsgebiet ist. Aus Studien ist bekannt, dass sich auch die Bestellhäufigkeit im Internet mit steigendem Alter verringert [Sta16]. Somit kann die Altersverteilung der BefragungsteilnehmerInnen als plausibel beurteilt werden.

## Die Hauszustellung ist weiterhin die häufigste Zustellungsart



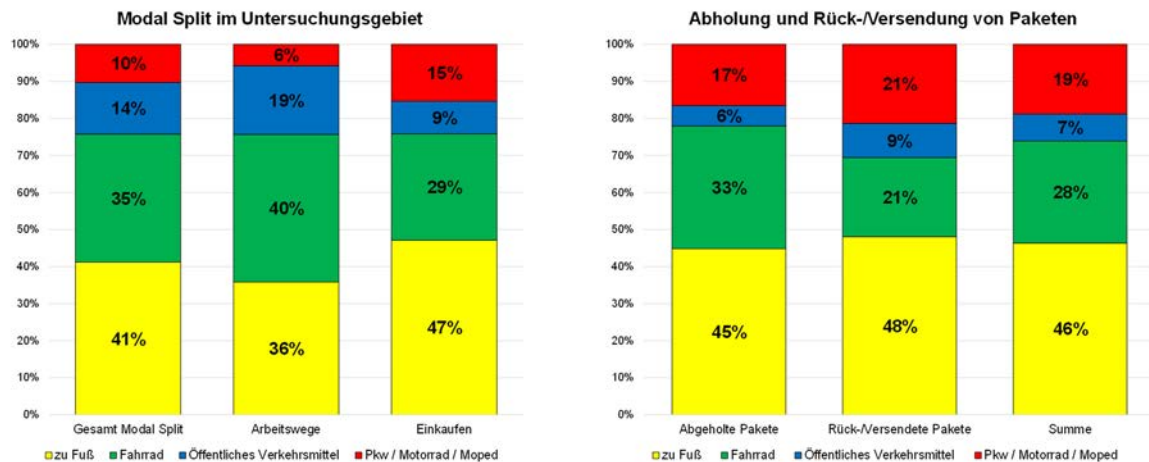
i

Im Befragungszeitraum wurden 736 Pakete bei den TeilnehmerInnen abgegeben. Deutlich ist in der Abbildung zu erkennen, dass die Hauszustellung noch immer die dominanteste Form der Zustellung ist. Als Hauszustellung ist im Fragebogen die persönliche Übergabe des Pakets an der Wohnungs- bzw. Haustür des Endkunden definiert. Mit 20% an zweiter Stelle findet sich jedoch bereits die Selbstabholung der Sendung (z.B. Paketshop, Postamt, etc.). Erst an dritter und vierter Stelle liegen die Abstellgenehmigung mit Hinterlegung im selben Gebäude bzw. die Zustellung in den Postkasten. Addiert man diese beiden Zustellungsarten zur Hauszustellung hinzu, erreicht man einen Anteil von 76% an Zustellungsarten, die kein Verlassen des Gebäudes notwendig machen. Sehr selten wird die Zustellung am Arbeitsplatz genutzt.

Vor allem Personen „In Ausbildung“ weisen einen hohen Anteil an Hauszustellungen auf. Es wird vermutet, dass sie eher die Möglichkeit besitzen am voraussichtlichen Liefertermin anwesend zu sein. Im Vergleich dazu ist der Anteil der Selbstabholung bei Erwerbstätigen Personen am höchsten, da die fixen Arbeitszeiten die Anwesenheit am Liefertermin eher verhindern.

Die empirischen Daten zeigen darüber hinaus, dass der Anteil der Hauszustellung von der Haushaltgröße abhängt. Je größer der Haushalt, desto höher ist auch die Wahrscheinlichkeit der Hauszustellung. Dies ist ein weiterer Grund für den hohen Anteil von Hauszustellungen bei Personen „In Ausbildung“, da viele in studentischen Wohngemeinschaften leben. Durch die höhere Anzahl an Personen im Haushalt ist eine Entgegennahme durch eine andere Person im selben Haushalt möglich.

## Pakete werden häufig zu Fuß oder mit dem Fahrrad abgeholt bzw. aufgegeben



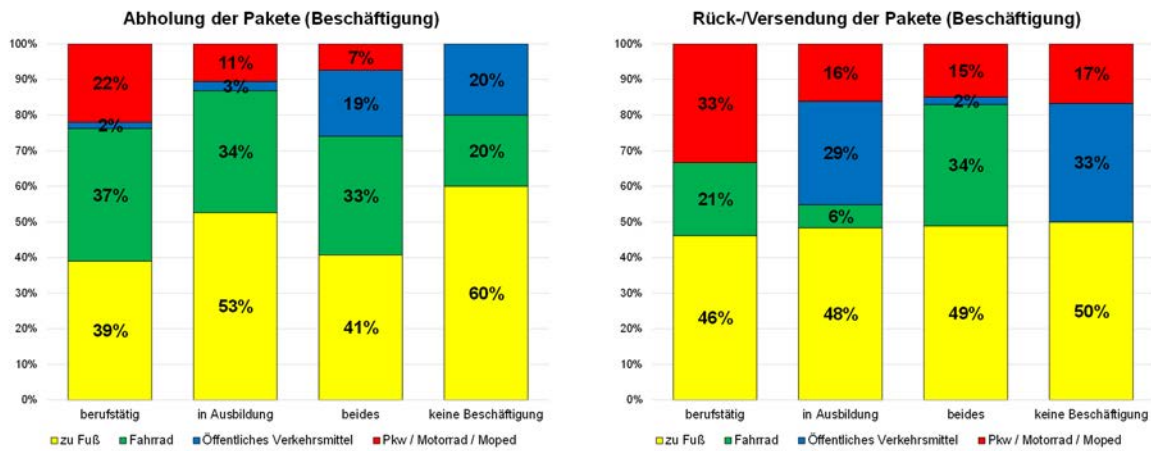
i

Die Abfrage zur Verkehrsmittelwahl ergab zum einen wichtige Erkenntnisse über das allgemeine Mobilitätsverhalten im Untersuchungsgebiet (linke Darstellung), als auch zum Mobilitätsverhalten bei der Paketabholung bzw. -abgabe (rechte Darstellung). Die zentrumsnahe Lage des Untersuchungsgebiets zeigt sich auch in der Wahl der Verkehrsmittelwahl im Alltag. Trotz einer hohen Pkw-Verfügbarkeit, werden durchschnittlich nur 10% der Wege mit dem Pkw absolviert. Die kurzen Wege zu Einkaufsmöglichkeiten und auch die Nähe zur Universität und ins Stadtzentrum begünstigt die Verkehrsmittel „per pedes“ und Fahrrad.

Insgesamt weist der Modal Split bei der Paketabholung und -abgabe nur einen geringen Anteil von 19% für Pkw-Fahrten auf. 46% der Wege werden zu Fuß und weitere 28% mittels Fahrrad zurückgelegt. Der Pkw-Anteil für zurückgesendete/versendete Pakete ist höher als für abgeholt Pakete. Dies hängt mit der Paketgröße zusammen, da beispielsweise große Pakete per Hauszustellung erhalten werden und das Zurücksenden mit Fahrrad bzw. zu Fuß unkomfortabel ist. Der öffentliche Verkehr spielt nur eine geringe Rolle. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Vermutlich sind Fahrten mit den öffentlichen Verkehrsmitteln zur Abholung/Abgabe eines Pakets, insbesondere in Stoßzeiten und bei Überfüllung Busse und Straßenbahnen, zu umständlich um verbreitet angenommen zu werden. Zusätzlich liegen die Abholmöglichkeiten (Paketshops und Postämter) in fußläufiger Erreichbarkeit der Wohnorte von Personen im Untersuchungsgebiet. Der öffentliche Verkehr wird hauptsächlich dann verwendet, wenn ein Paket am Weg von der Arbeit bzw. von der Ausbildung nach Hause abgeholt wird.



## Die Untersuchung zeigt deutliche Korrelationen zwischen Beschäftigung und PKW-Nutzung



*i*

Der Modal Split wurde auch in Hinblick auf die Beschäftigungsform betrachtet, um Unterschiede zwischen Berufstätigen, sowie Personen „In Ausbildung“ aufzeigen zu können. Es bestätigt sich die Vermutung, dass Berufstätige mit 22% bzw. 33% am häufigsten ihren PKW zur Abholung/Aufgabe von Paketen nutzen. Der Anteil an umweltfreundliche Verkehrsmittel ist unter den Personen „In Ausbildung“ wesentlich höher. Lediglich bei der Aufgabe/Rückgabe zeigt sich eine stärkere Nutzung des PKWs. Die Daten legen abermals nahe, dass es insbesondere bei großen Paketen, für die Teilnehmer bequemer ist, die zu Hause entgegengenommenen Pakete, mit dem Auto zu retournieren.

## Berufstätige weisen ebenso einen höheren Anteil an kombinierten Aktivitätenketten auf

Aktivitatenkette	Erhaltene Pakete			Versendete Pakete		
	Berufstätig	in Ausbildung	Gesamt	Berufstätig	in Ausbildung	Gesamt
W-P-W	18,6%	34,2%	24,1%	38,5%	35,5%	37,4%
W-P-A	3,4%	-	4,1%	5,1%	16,1%	12,2%
W-P-F	3,4%	-	2,8%	5,1%	16,1%	8,4%
W-P-E	3,4%	7,9%	6,2%	5,1%	19,4%	16,8%
A-P-W	45,8%	15,8%	34,5%	17,9%	3,2%	7,6%
A-P-A	8,5%	2,6%	4,8%	15,4%	-	4,6%
A-P-F	6,8%	-	1,4%	2,6%	-	0,8%
A-P-E	-	-	2,8%	2,6%	-	2,3%
B-P-W	-	7,9%	2,8%	-	-	-
F-P-W	1,7%	10,5%	5,5%	-	3,2%	2,3%
E-P-W	5,1%	10,5%	6,9%	2,6%	6,5%	5,3%
sonstige	3,4%	10,5%	4,1%	5,1%	-	2,3%

W: Wohnen, A: Arbeiten, E: Einkaufen, F: Freizeit, B: Bildung, P: Paketabholung

- Symmetrische Aktivitatenkette
- Kombinierte Aktivitatenkette

i

Die Analyse des Mobilitätsverhalten von Paketabholung und -abgabe z.B. in einem Paketshop kann neben der Untersuchung der Verkehrsmittelwahl auch nach der Art der durchgeführten Aktivitätenketten untersucht werden. Hier dargestellt sind die Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen „Erwerbstätig“ und „In Ausbildung“. Ihre angegebenen Aktivitätenketten sind jeweils unterteilt in Abhol- oder Abgabeprozess. Von besonderer Bedeutung ist des Weiteren die Klassifizierung der Aktivitätenketten in folgende Typen:

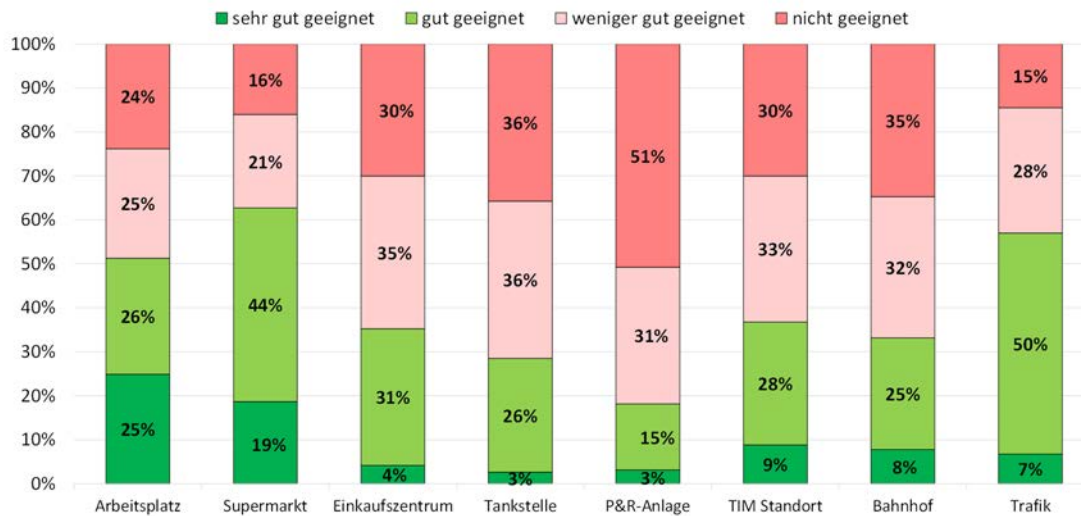
- symmetrische Aktivitätenketten wie bspw. W-P-W oder A-P-A (gelbe Markierung)
- kombinierte Aktivitätenketten wie A-P-W oder E-P-W (grüne Markierung)

Diese Klassifizierung ist insofern wesentlich für die nachfolgende Abschätzung der Reduktionspotenziale, da symmetrische Aktivitätenketten ein hohes Reduktionspotenzial aufweisen, wenn sie in kombinierte Aktivitätenketten umgewandelt werden. Die Umwandlung ist hauptsächlich durch die ständige Verfügbarkeit und Zugänglichkeit zu erreichen.

Die Untersuchung zeigte, dass bei Berufstätigen die symmetrische Aktivitatenkette Wohnung-Paket-Wohnung (W-P-W: 18,6%) bzw. die kombinierte Aktivitatenkette Arbeit-Paket-Wohnen (A-P-W: 45,8%) jene mit den jeweils größten Anteilen sind. Dabei ist ersichtlich, dass für die Abholung in dieser Gruppe bereits ein großer Anteil an kombinierten Aktivitätenketten durch die Integration in den täglichen Arbeitsweg vorhanden ist. Beim Versenden zeigt sich ein anderes Bild, hier dominieren symmetrische Aktivitätenketten (W-P-W: 38,5%).

Für die Personengruppe „In Ausbildung“ zeigt sich sowohl für das Erhalten, als auch für das Versenden hohe Anteil an symmetrischen Aktivitätenketten (W-P-W: 34,2% Erhalt/ 35,5% Versand).

## Folgende Örtlichkeiten werden als adäquate Standorte eingeschätzt



i

Da im Rahmen des Forschungsprojekts explizit Warenaustauschsysteme im (halb-) öffentlichen Raum untersucht werden, galt es in der Befragung ebenso die Akzeptanz von diversen Standorten aufseiten der Endkunden abzufragen. Dazu wurde durch das Projektteam eine Liste möglicher Standorte innerhalb des Grazer Stadtgebiets aufgestellt und diese generalisiert als Antwortmöglichkeiten in den Fragebogen übernommen. Die Teilnehmerinnen konnten den jeweiligen Standort mit einem Ranking zwischen „nicht geeignet“ bis „sehr gut geeignet“ in vier Stufen bewerten.

In der Auswertung zeigt sich deutlich, dass eine hohe Akzeptanz für Orte vorliegt, die im Alltag oft frequentiert werden. So wird insbesondere die Nähe zu einem Supermarkt mit 19% als sehr gut bzw. 44% als gut geeignet eingeschätzt. Ein entsprechender Ansatz wird in Österreich bereits von einem KEP-Dienstleister zusammen mit einem Lebensmitteleinzelhändler verfolgt. Eine hohe Akzeptanz wird ebenso Trafiken bescheinigt. Hier dürfte die Tatsache, dass viele Trafiken bereits als Paketshops fungieren, ausschlaggebend sein. Schlussendlich werden auch Warenaustauschsysteme in der Nähe des Arbeitsplatzes mit 25% am häufigsten als sehr geeignet bzw. mit 26% als geeignet eingestuft. Auch für diesen Fall gibt es bereits Firmen, die proaktiv Warenaustauschsysteme aufgestellt haben.

Als nicht besonders geeignet angesehen werden P&R-Anlagen, sowie Tankstellen. Diese Angaben sind der Tatsache geschuldet, dass das Untersuchungsgebiet zentrumsnahe liegt und die beiden Örtlichkeiten eher am Rande der Stadt zu finden sind. Aus Endkundensicht würden sich entsprechend lange Wegstrecken ergeben, die einer häufigen Nutzung diametral entgegenstehen.

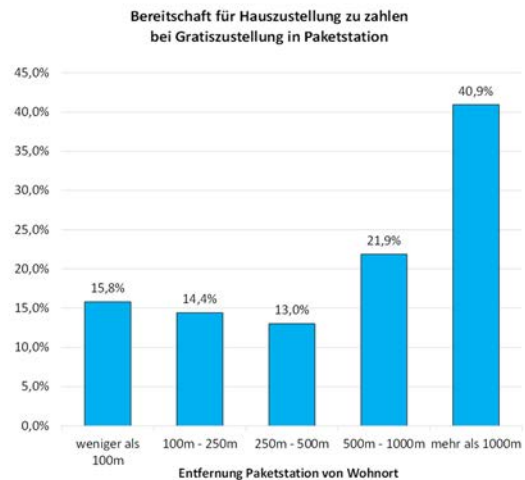
## Die Teilnehmer würden diese Rahmenbedingungen akzeptieren

Akzeptierte Kenngröße	Fuß	Rad	Öff. Verkehr	Pkw
Reisezeit [min]	11,1	8,8	9,6	7,4
Reiseweite [km]	0,7	2,2	1,4*	3,7

\* Annahme im ÖV: 5min Takt (2,5min Wartezeit) und 2min Zu-/Abgangszeit

### Anteil der Teilnehmer, die SoWAS nutzen würden

- 98% im Untersuchungsgebiet
- 96% außerhalb Untersuchungsgebiet



i

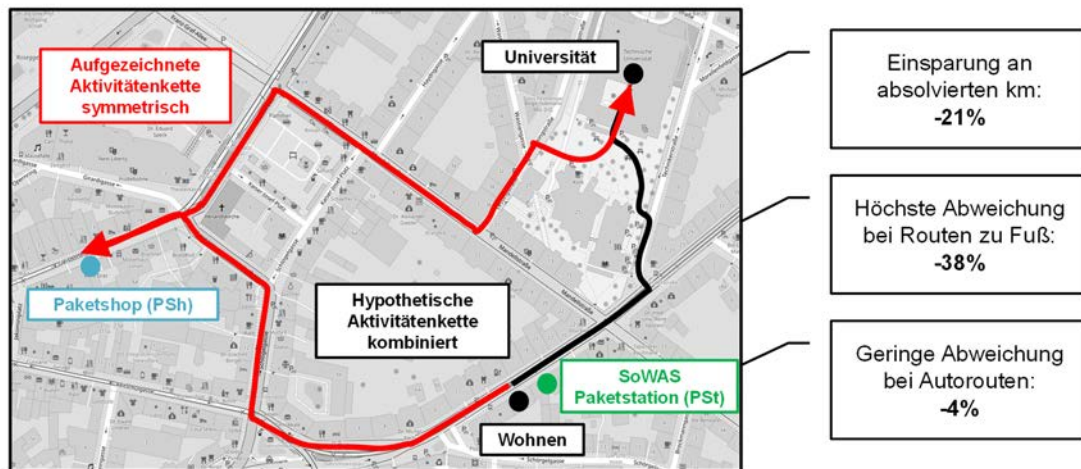
Es wurden weitere Rahmenbedingungen erfasst, welche die TeilnehmerInnen bei der Nutzung von Warenaustauschsystemen akzeptieren würden. Dies betrifft insbesondere auch die Reisezeit, die zur Erreichung in Kauf genommen würde. Möchte man die durchschnittlichen Reisezeiten, welche laut Befragung noch akzeptiert werden, in einer weiterführenden Standortplanung miteinfließen lassen, so sind auch die Reiseweiten, aufgeteilt auf den jeweiligen Anteil des Modal Splits von Interesse. Daher wurden anhand der durchschnittlichen Reisegeschwindigkeiten je Verkehrsmittel die maximalen Reiseweiten ermittelt. In der linken Tabelle sind die jeweiligen Werte gelistet. Daraus können für Wohnbau-Neugebiete oder zentrumsnahe Lagen wie bspw. Innenstadt/Altstadt folgende Erkenntnisse gezogen werden:

- Ein Warenaustauschsystem, die fußläufigen zur Abholung/Aufgabe von Paketen in etwa 11 Minuten erreicht werden kann, muss innerhalb eines maximalen Radius von 700 Metern zum Aufenthaltsort (Wohnort/Arbeitsplatz) aufgestellt sein.
- EinwohnerInnen, die ihre täglichen Strecken mit dem Fahrrad überwinden, sind bereit, etwa 9 Minuten für die Abholung/Aufgabe von Paketen in Kauf zu nehmen. Dies entspricht einer relativ langen Wegstrecke von etwa 2,2 Kilometern.
- Wird der öffentliche Verkehr genutzt, so wird eine Zeit von etwa 10 Minuten akzeptiert. Nimmt man an, dass der öffentliche Verkehr einen 5-Minuten-Takt besitzt und 2 Minuten für den Weg von und zur Haltestelle benötigt werden, so kommt man auf eine Wegstrecke von 1,4 Kilometern.
- Die akzeptierte Reisezeit von 7,4 Minuten ist bei der PKW Nutzung am geringsten. Aufgrund der höheren durchschnittlichen Reisegeschwindigkeit ergibt sich ein akzeptierter Weg von 3,7 km.

Die Auswertung der Befragung ergab ebenso, dass die Teilnehmer einer Nutzung von Warenaustauschsystemen grundsätzlich sehr positiv eingestellt sind. 98% der im Untersuchungsgebiet lebenden würden die SoWAS Teststellung nutzen. Von den nicht im Untersuchungsgebiet lebenden Personen würden ebenso 96% ein Warenaustauschsystem nutzen.

Eine weitere zentrale Fragestellung in der Untersuchung war die Bereitschaft der Endkunden für eine bestimmte Zustellungsart zu zahlen. Von besonderem Interesse ist das hypothetische Szenario, dass es ein kostenfreies Warenaustauschsystem gibt und die Hauszustellung extra abgegolten werden muss. Wie in der rechten Abbildung zu sehen ist, würden nur 13% der Befragten für die Hauszustellung extra bezahlen, wenn das Warenaustauschsystem in einer Entfernung von 250-500 Metern, d.h. im Grunde genommen fußläufig erreichbar, aufgestellt ist.

## Weg- und Zeiteinsparungen wurden über echte Aktivitätenketten und Routen zum fiktiven Standort von SoWAS berechnet



Beispielroute



Die aufgezeichneten Aktivitätenketten der Abhol- und Versendungswege wurden dazu genutzt, um Einsparungspotentiale zu ermitteln. Dazu wurden die georeferenzierten Daten in ein Open-Source Routingsystem eingegeben und die zugehörigen Reisezeiten bzw. -weiten je nach Verkehrsmodus ermittelt. Die Reisezeiten und -weiten beziehen sich dabei auf ein unbelastetes Straßennetz ohne Verzögerungen oder Staus. Die Reisezeiten und -weiten der gesammelten tatsächlich absolvierten Aktivitätenketten wurden mit den hypothetischen Wegen verglichen, die durch die Einführung des Warenaustauschsystems im Untersuchungsgebiet ermöglicht werden. Dadurch können Einsparungspotentiale errechnet werden.

Die Abbildung zeigt das methodische Vorgehen anhand einer Beispielroute. Die wesentlichste Erkenntnis ist, dass eine Einsparung von durchschnittlich 21% der zurückgelegten Kilometer erreicht werden kann. Die höchste Abweichung der Routen ist mit 38% bei fußläufiger Abholung/Aufgabe zu erreichen, hingegen ist mit nur 4% die geringste Abweichung bei der Nutzung des PKWs festzustellen.



## Es bestehen folgende Einsparungspotentiale auf der Kundenseite

					Hochrechnung für Untersuchungsgebiet		
Paket-		Abholung		Aufgabe	Paket-	Abholung	Aufgabe/Retoure
Einsparung [pro Paket]	Weg [km]	Zeit [min]	Weg [km]	Zeit [min]	Anzahl pro Jahr		
Fuß	0,65	9,8	0,54	8,1		85.428	16.594
Rad	1,48	5,9	1,32	5,3	Eingesparte Fhzkm/Jahr	3.482	4.077
Öff. Verkehr*	-	-	-	-	CO <sub>2</sub> [t/a]	0,6	0,7
Pkw	1,16	2,6	1,17	2,5	NO <sub>x</sub> [t/a]	0,002	0,002
					PM <sub>10</sub> [t/a]	0,00003	0,00003

\*Keine signifikanten Einsparungen/Zeitgewinne aufgrund der geringen Stichprobe im ÖV

Emissionswerte von Umweltbundesamt für 2018



Gemäß der vorhin erklärten Methodik zeigt die links dargestellte Tabelle die errechneten Werte der Einsparungen hinsichtlich der Reisezeit und Reiseweite abermals aufgeteilt in Paketabholung und -aufgabe. Lediglich für den öffentlichen Verkehr kann aufgrund der zu geringen Stichprobe keine endgültige Aussage getroffen werden.

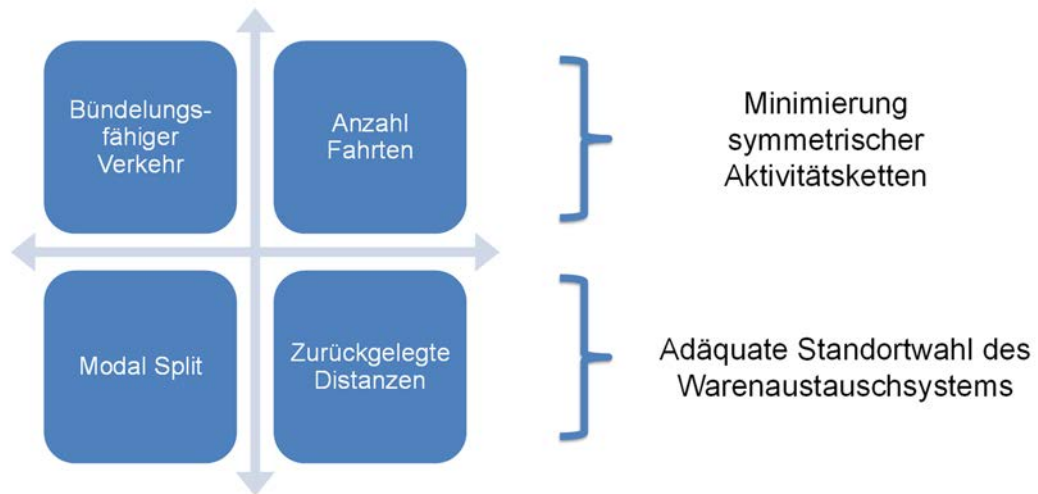
Die errechneten Zeiteinsparungen betreffen hierbei nur die Reisezeit im Straßennetz und beziehen keine Wartezeiten im Paketshop bzw. Parkplatzsuchen mit ein. Würden diese miteinbezogen werden, steigen die Einsparungen weiter, da besonders in den Abendstunden kurz vor Schließen der Paketshops die Wartezeiten an den Schaltern bis zu 10 Minuten betragen können. Solche Spitzen werden durch die 24/7 Verfügbarkeit der Paketstation abgeschwächt.

Für das Untersuchungsgebiet wurde des Weiteren eine erste Hochrechnung hinsichtlich der Reduktion der Emissionen vorgenommen. Unter der Annahme von 5.200 Einwohnern, wovon 4.000 Personen der Zielgruppe entsprechen, ergibt sich anhand des abgefragten durchschnittlichen Mobilitätsverhaltens, zusammen mit den 2018 veröffentlichten Emissionswerten des Umweltbundesamts [SR18] für den jeweiligen Anteil des Modal Splits, die in der rechten Tabelle ausgewiesenen Einsparungen pro Jahr.

Man kommt zu folgender Erkenntnis:

Durch die Einführung einer Warenaustauschsysteme können schon in einem kleinen Untersuchungsgebiet, in dem ein sehr hoher umweltfreundlicher Modal Split herrscht und der Pkw nur eine untergeordnete Rolle im alltäglichen Mobilitätsverhalten spielt, pro Jahr in Summe 7.400 Fahrzeugkilometer und 1,3 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Da dieses begrenzte Untersuchungsgebiet sehr zentrumsnah liegt, kann davon ausgegangen werden, das in anderen Bereichen von Graz wie z.B. den Randbezirken deutlich größere Einsparungen erzielt werden können. Dort spielt der Pkw eine deutlich größere Rolle im täglichen Mobilitätsverhalten, da die Wege zu Arbeitsplätzen, Geschäften und Paketshops deutlich länger sind und auch der Anteil der Personen „In Ausbildung“ geringer ist.

## Wie kann das Mobilitätsverhalten positiv beeinflusst und Einsparungspotentiale gehoben werden?



Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Warenaustauschsysteme sowohl die Aktivitätenketten, also auch die Anzahl der erzeugten Fahrten sowie den Modal Split und die zurückgelegten Distanzen für die Abholung und Abgabe von Paketen beeinflussen und verändern können. Diese vier Ansätze können auf zwei wesentliche Stellhebel zusammengefasst werden.

Wie in den vorhergehenden Abschnitten gezeigt wurde, sind wesentliche Änderungen bei den Aktivitätenketten und der Anzahl der Fahrten möglich, wenn es den Endkunden ermöglicht wird, ihre regelmäßigen Fahrten zum Arbeitsplatz oder nach Hause mit einer Abhol-/Aufgabefahrt zu kombinieren. Insbesondere die 24/7-Verfügbarkeit und Zugänglichkeit von Warenaustauschsystemen trägt entscheidend zur Verringerung symmetrischer Aktivitätenketten bei.

Die adäquate Wahl der Standorte hilft einerseits dabei, die notwendigen zurückgelegten Distanzen zu verringern und andererseits gleichzeitig ein entsprechend umweltfreundliches Verkehrsmittel zu wählen.



## Zusammenfassend haben SoWAS eine hohe Akzeptanz und Einsparungspotential auf der Kundenseite durch

Schaffung kombinierter  
Aktivitätenketten

durch

Schaffung adäquater Standorte



### Fragen?

#### Literatur:

- [EK20a] Esser, K.; Kurte, J.: KEP-Studie 2020 – Analyse des Marktes in Deutschland. Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK), Cologne, 2020.
- [EK20b] Esser, K.; Kurte, J.: Rekord-Weihnachten: 420 Millionen Sendungen an Privatpersonen erwartet, 2020.
- [FDS+20] Faast, A. et al.: KEP-Branchenreport 2020. Wien, 2020.
- [FM17] Faugere, L.; Montreuil, B.: Hyperconnected Pickup & Delivery Locker Networks. In (Landschützer, C.; Ehrentraut, F. Hrsg.): IPIC 2017, 4th International Physical Internet Conference. July 4-6, 2017.
- [Goo05] Goodman, R. W.: Whatever you call it, just don't think of last-mile logistics, last: Global Logistics & Supply Chain Strategies, 2005.
- [GvV09] Gevaers, R.; van de Voorde, E.; Vanellander, T.: Characteristics of innovations in last-mile logistics - using best practices, case studies and making the link with green and sustainable logistics. In (European transport conference Hrsg.). Association for European Transport, London, 2009.
- [Mod10] Moder, N.: Standard-Vorgehensweise zur Analyse und Optimierung der Distributionslogistik im Bereich Business to Consumer. Dissertation. Univ.-Bibliothek, Ilmenau, 2010.
- [SR18] Schwingshackl, M.; Rexeis, M.: Straßenverkehrsemissionen und Emissionen sonstiger mobiler Quellen Österreichs für die Jahre 1990 bis 2017 (OLI2018), Environment Agency Austria GmbH. Bericht Nr. I-23/18 Schwi Em 18/2018-679; Graz, 2018.
- [Sta16] Statista. "Anzahl der E-Commerce-Nutzer nach Alter und Einkommen weltweit im Jahr 2016 (in Millionen)." Chart. 26. September, 2016. Statista. Zugegriffen am 09. November 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/485135/umfrage/e-commerce-nutzer-nach-alter-und-einkommen-weltweit/>







# Recycling von Kunststoffgleitketten

M.Sc. Marcus Bona

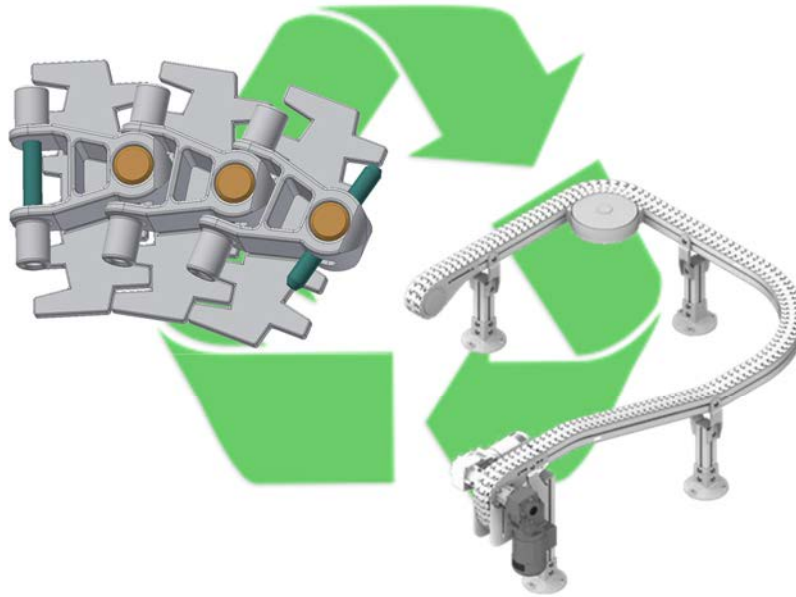


M.Sc.

## Markus Bona

- geboren 1986 in Neuruppin
- Maschinenbaustudium an der Technischen Universität Chemnitz, Vertiefungsrichtung Produktentwicklung
- Konstrukteur bei einem Nutzfahrzeughersteller
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Förder- und Materialflusstechnik, TU Chemnitz

## Recycling von Kunststoffgleitketten



## M.Sc. Marcus Bona



- geboren 1986 in Neuruppin
- Maschinenbaustudium an der Technischen Universität Chemnitz, Vertiefungsrichtung Produktentwicklung
- Konstrukteur bei einem Nutzfahrzeughersteller
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Förder- und Materialflusstechnik, TU Chemnitz



# Agenda

1. Ausgangssituation/Motivation
2. Zielstellung
3. Lösungsansatz
4. Materialuntersuchungen
5. Zusammenfassung und Ausblick



## Ausgangssituation/Motivation

- signifikanter Anstieg in der Kunststoffproduktion weltweit setzt sich fort
- massiver Eintrag von Plastikabfällen in die Umwelt stellt große Herausforderung dar
- hochwertige technische Kunststoffe werden derzeit im Restmüll entsorgt und energetisch verwertet

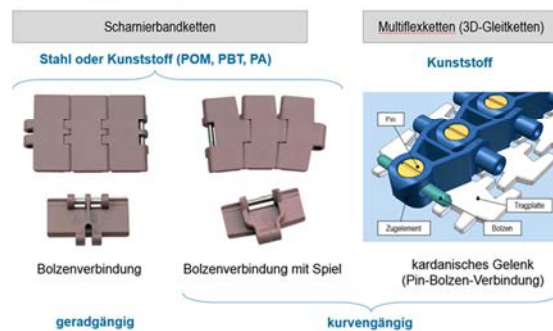
Seit den 1960er Jahren ist ein signifikanter Anstieg der Kunststoffproduktion auf weltweit ca. 348 Millionen Tonnen (Stand 2017, [PIEu19]) zu verzeichnen und ein Ende dieser Entwicklung ist derzeit nicht abzusehen. Der massive Eintrag von Plastikabfällen in die Umwelt stellt jedoch schon jetzt eine der größten ökologischen Herausforderungen der Menschheit dar. So wurden z. B. im Jahr 2013 72 % der weltweit produzierten Kunststoffe deponiert oder in die Natur eingebracht. Wird diese Entwicklung nicht gestoppt, wird die Masse an Kunststoffen in den Ozeanen 2050 größer sein als die Masse an Fischen [RöSti19]. Dabei sind die Folgen für die Umwelt und die Menschen bisher noch gar nicht abzusehen. Das größte Problem sind vor allem Einwegplastikprodukte aus dem Verpackungsbereich, deren Gebrauchszeiten im Schnitt nur rund 15 Minuten betragen. Dem gegenüber steht eine durchschnittliche Zersetzungszeit von 450 Jahren (abhängig von der Kunststoffart) [RöSti19].

Die vorangegangenen Angaben zeigen den dringenden weltweiten Handlungsbedarf um dieser Entwicklung entgegen zu wirken. Langfristig wird es somit notwendig, den größten Teil der produzierten Kunststoffe in die Kreislaufwirtschaft zurückzuführen. Ansätze dafür sind bereits in der Verpackungsmittelindustrie vorhanden, in der ein Großteil der anfallenden Kunststoffabfälle, darunter vor allem Standardthermoplaste wie PE, PVC, PS oder PET, gesammelt und in Deutschland derzeit zu 99% verwertet werden [Conv18]. Auch im innerbetrieblichen Transport innerhalb von Produktionseinrichtungen und Fabriken gewinnen Kunststoffe immer mehr an Gewicht. Eine große Bedeutung bei intralogistischen Förderaufgaben besitzen Kunststoffgleitkettenförderer. Diese gehören zur Klasse der ortsgebundenen Stetigfördersysteme im innerbetrieblichen Materialfluss und dienen der Beförderung einheitlicher und gleichartiger Transportgüter zwischen einzelnen Stationen eines Logistiknetzwerkes oder Produktionsnetzes. Die Förderer sind auf Dauerbetrieb ausgelegt und laufen meist vollautomatisch.

## Ausgangssituation/Motivation



Quelle: [moau19]




Die Gleitketten, auch Gliederketten genannt, bestehen in einigen Anwendungen aus Stahl, werden jedoch zunehmend aus Kunststoff hergestellt. Kunststoffketten zeichnen sich vor allem durch eine geringe Kettenmasse, geringe Geräuschemission sowie sehr gute tribologische Eigenschaften aus, die einen schmiermittelfreien Betrieb ermöglichen und somit auch in sensiblen Bereichen wie Lebensmittel-, Pharma-, Verpackungsmittelindustrie usw. eingesetzt werden können. Gleitketten werden in Scharnierbandketten und Multiflexketten eingeteilt. Während Scharnierbandketten aus einteiligen, mit Stahlbolzen verbundenen Kettengliedern bestehen, besitzen Multiflexketten ein zusätzliches Horizontalgelenk für eine verbesserte Beweglichkeit. Gleitkettenfördersysteme sind häufig modular aufgebaut und können sehr flexibel gemäß der Förderaufgabe angepasst werden. Das Förderlayout besteht aus verschiedenen Streckenelementen (z. B. Gerade, Kurve, Steigung, Antrieb und Umlenkung), welche neben der Gleitkette u. a. auch die Gleit- und Führungsprofile aus Kunststoff sowie das Gestell aus Aluminium umfassen.

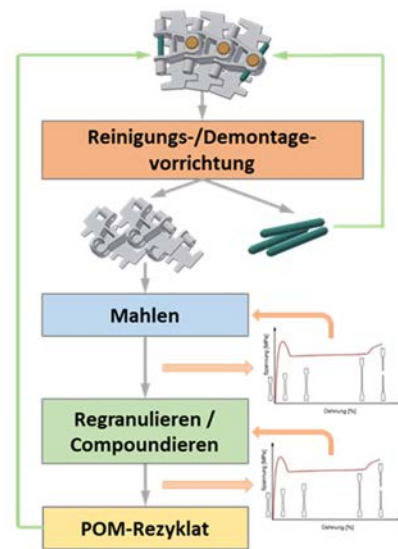
In der Fördertechnik werden Kunststoffketten, Gleitelemente, Antriebsräder usw. häufig aus hochwertigen technischen Thermoplasten hergestellt. Vorzugsweise kommt dabei POM (Polyoxymethylen) zum Einsatz, weiterhin werden u. a. PBT, PA oder PE-UHMW verwendet. Das Recycling dieser wertvollen Polymere erfolgt bisher zumeist nur in Form von Produktionsabfällen (post-industrial recycling), bei dem z. B. Angüsse und Zerspanungsabfälle direkt in den Produktionskreislauf zurückgeführt oder sortenrein gesammelt und regranuliert werden. Dagegen wird eine wirtschaftliche Rückführung von Altteilen von Endverbrauchern (post-consumer-recycling) nicht durchgeführt. Gebrauchte, ausgesonderte Kunststoffkomponenten, welche z. B. beim Umbau eines Förderers oder beim verschleißbedingten Austausch anfallen, werden derzeit im Restmüll entsorgt und verbrannt.

## Zielstellung

- Entwicklung eines umwelt- und ressourcenschonenden Kettenfördersystems auf Basis recycelter Werkstoffe und Komponenten
- Entwicklung eines hochwertigen POM-Rezyklats aus gebrauchten Kunststoffgleitketten zur erneuten Verwendung speziell für Gleitkettenfördersysteme

## Lösungsansatz

- Rezyklat aus Förderketten für Förderketten
  - werkstoffliches Recycling von gebrauchten Förderketten
  - Entwicklung von Mahl-, Compoundier- und Regranuliertverfahren
  - Untersuchung der Materialeigenschaften (mechanische, tribologische, prozesstechnische)



Das Recycling von gebrauchten Kunststoffgleitketten (post-consumer) wird in diesem Forschungsvorhaben erstmals durchgeführt. Dabei wird sich primär auf die Rückgewinnung des Werkstoffs Polyoxymethylen (POM) sowie des Verbindungsbolzens aus Edelstahl konzentriert, da anderen Werkstoffe nur in untergeordneten Mengen vorliegen. Als Lösungsansatz soll deshalb eine vollständige, sortenreine Trennung der Kunststoffe durch Demontage der Ketten erfolgen. Nachdem die Polymere sortenrein vorliegen, schließt sich ein Schreddern bzw. Mahlen der einzelnen Kunststoffe an, wodurch diese in eine einheitliche und besser handhabbare Korngröße gebracht werden.

Nach dem Stand der Technik existieren bereits Untersuchungen zu Charakteristika von rezyklierten Produktionsabfällen (pre-consumer) die zeigen, dass vor allem POM-Copolymer (POM-C) bei geeigneter Additivierung keine nennenswerte Veränderung der Molekülketten durch Mehrfachverarbeitung aufweist [Arc07]. Da auch die meisten Gleitketten aus diesen POM-Copolymeren bestehen, sind bei deren Recycling akzeptable Resteigenschaften zu erwarten.

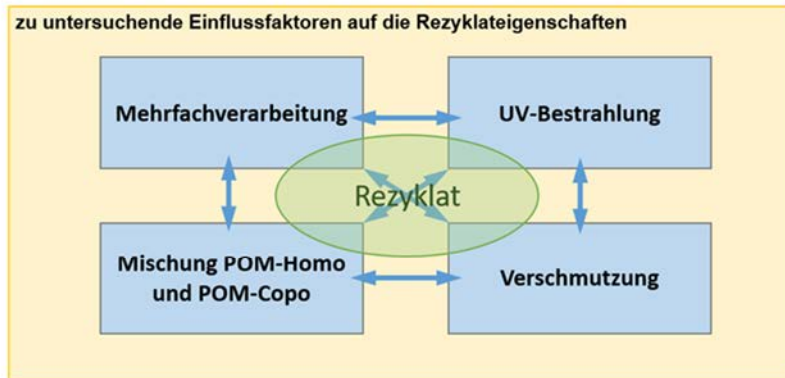
Dagegen sind die werkstofflichen Eigenschaften von POM-Post-Consumer-Rezyklat aus Gebrauchtteilen bisher nicht bekannt. Vor allem die unbekannt Additive und Belastungs- und Umgebungseinflüsse während des Betriebs des Kettenförderers lassen eine Charakterisierung nur durch experimentelle Untersuchungen zu. Hervorzuheben ist hierbei die Untersuchung von Mischungen aus POM-Homopolymer und POM-Copolymer, da Gliederketten aus beiden Typen verwendet werden, diese jedoch in der Sortierung schwer unterscheidbar sind. Derartige Blends sind derzeit in Deutschland unüblich, werden jedoch im asiatischen Raum mit akzeptablen Eigenschaften vermarktet. Die Eruiierung der Gebrauchseigenschaften der recycelten Polymere und die Feststellung der Eignung zur Wiederverwendung in Fördersystemen stellt demnach eine wesentliche Aufgabe des Forschungsprojektes dar.



Der vorliegende Beitrag befasst sich lediglich mit der Untersuchung der Materialeigenschaften entsprechender recycelter Werkstoffe.

## Materialuntersuchungen

### Alterungsversuche



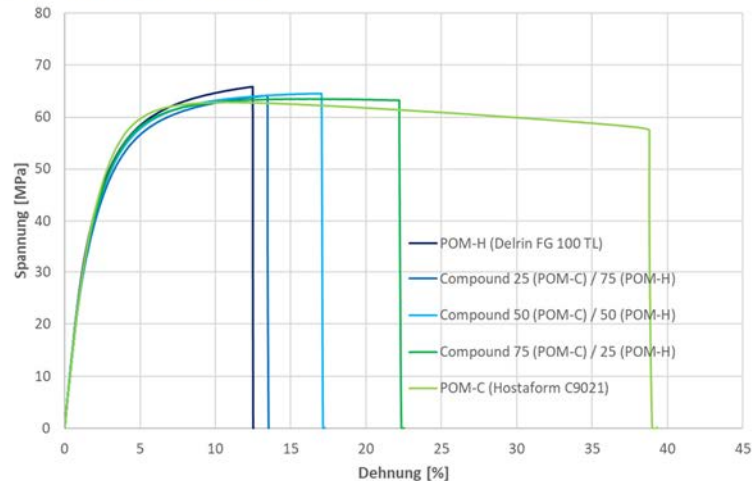
Die Bestimmung der mechanischen Eigenschaften und die Feststellung inwieweit sich Polyoxymethylen-Rezyklat aus gebrauchten Förderketten zur erneuten Verwendung in Förderern eignet, ist eine der wesentlichen Problemstellungen des Forschungsvorhabens. Ziel ist es, ein eigenes Rezyklat mit reproduzierbaren Mindesteigenschaften zu entwickeln. Dazu erfolgen systematische Untersuchungen zum Einfluss bestimmter Umgebungseinflüsse und Verunreinigungen auf die Rezyklateigenschaften. Auch die Wechselwirkungen dieser praxisrelevanten Einflussfaktoren untereinander werden untersucht. Die folgende Grafik fasst das geplante Versuchsprogramm zusammen, wobei der Fokus auf Zugprüfungen nach DIN EN ISO 527, Schlagzähigkeitsuntersuchungen nach ISO 178 sowie Reibuntersuchungen gelegt wurde. Diese gehören zu den für Gleitketten relevantesten Versuchsmethoden, da sie zum einen zur Auslegung der Ketten herangezogen werden und zum anderen die im Betrieb erforderlichen tribologischen Eigenschaften abbilden. Die Tests werden jeweils an POM-Homopolymer (Delrin FG100TL) und POM-Copolymer (HOSTAFORM C 9021), bei denen es sich um gängige Materialien für Gleitketten handelt, durchgeführt.



# Materialuntersuchungen

## Mischung von POM-H und POM-C

### Spannungs-Dehnungs-Verläufe



Zunächst wurden die mechanischen Eigenschaften des Neumaterials ermittelt und das Spannungs-Dehnungsverhalten der zwei POM-Werkstoffe gegenübergestellt. Die Abbildung zeigt repräsentative Spannungs-Dehnungskurven. Das POM-Homopolymer, welches sich allgemein durch höhere Festigkeiten und Steifigkeiten auszeichnet, zeigt dabei eine ausgeprägtere Reißfestigkeit bei mittleren Dehnungen von rund 12,3 %. Das POM-Copolymer dagegen bildet eine maximale Streckspannung bei mittleren Dehnungen um 11,1 % aus. Zu einem Bruch der Probe kommt es bei diesem wesentlich duktileren Werkstoff jedoch erst bei Dehnungen größer 30 %.

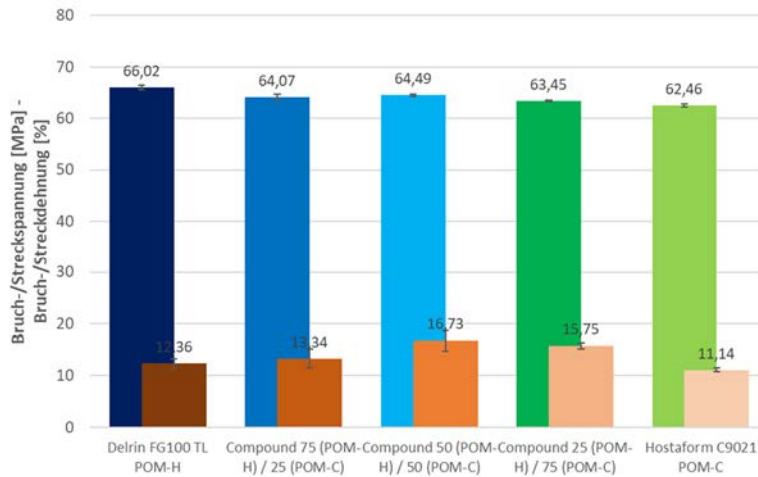
### Mischung von POM-H und POM-C

Die Unterscheidung von POM-Homo- und -Copolymer unter Produktionsbedingungen ist sehr schwierig zu realisieren und eine Kontaminierung der beiden Materialien untereinander während des Recyclens kann nicht ausgeschlossen werden. Aus diesen Gründen erfolgte der Spritzguss von Zugstäben in den Gewichtsanteilen 25 % POM-C / 75 % POM-H, 50 % POM-C / 50 % POM-H sowie 75 % POM-C / 25 % POM-H. Die spritzgegossenen Proben zeigen dabei augenscheinlich sehr gute Qualitäten, die Oberflächen sind ohne Fehlstellen. Um die Eigenschaften des Materialgemisches zu verdeutlichen sind in obiger Abbildung die Spannungs-Dehnungskurven der beiden Grundmaterialien und der Compounds dargestellt. Hierbei wird ein Übergang der Kurven ausgehend von den Grundwerkstoffen deutlich.

# Materialuntersuchungen

## Mischung von POM-H und POM-C

### Bruch- bzw. Streckspannungen und -dehnungen



Die Grafik zeigt die erreichbaren mittleren Bruch- bzw. Streckspannungen und -dehnungen der Grundmaterialien und Compounds. Wie eingangs beschrieben weist POM-H gegenüber POM-C höhere Festigkeiten auf. Die Mischung beider Materialien führt zu einer Verschiebung der Maximalspannung entsprechend des Mischungsverhältnisses.





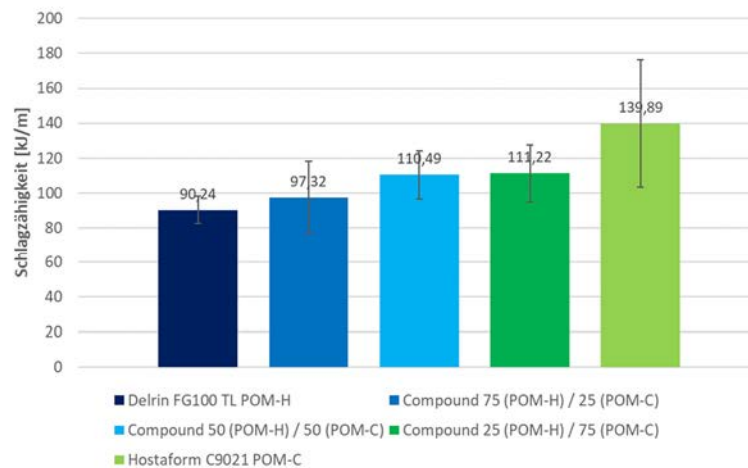
js8



## Materialuntersuchungen

### Mischung von POM-H und POM-C

#### Schlagzähigkeit

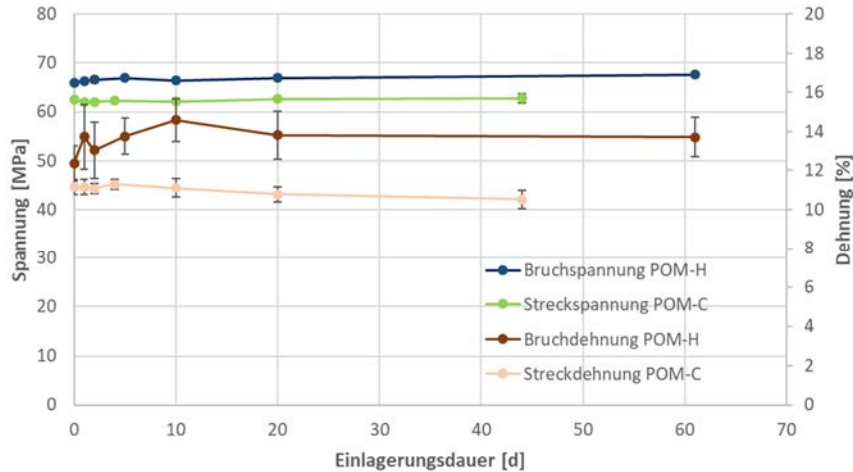


Das untersuchte Polyoxymethylen-Homopolymer besitzt geringere Schlagzähigkeiten als das Copolymer. Auch hier kommt es entsprechend der Zumischung von POM-C zu einem Anstieg der Schlagzähigkeit.

## Materialuntersuchungen

### Alterungsversuche – Einlage in Öl

#### Bruch- bzw. Streckspannungen und -dehnungen



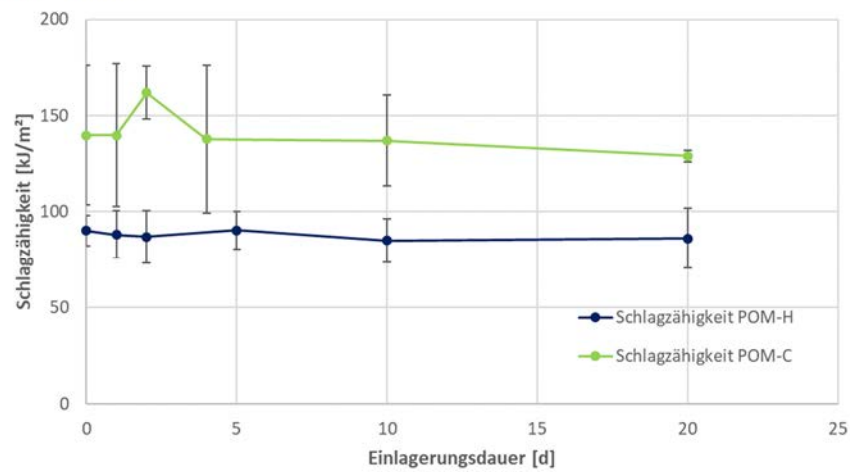
### Einlagerung in Öl

Zur Untersuchung des Einflusses von Schmiermittel auf die Eigenschaften von POM wurden die Neumaterial-Zugproben in gebrauchtes Motoröl 5W-30 gehängt. Die Entnahme der Proben erfolgte nach Tag 1, 2, 5, 10, 20 und um Tag 50. Ein großer Einfluss des gewählten Schmiermittels auf die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes kann nicht beobachtet werden. Auch zeigen die Proben nach der Reinigung keinerlei farbliche Beeinflussungen oder sonstige äußere Veränderungen.

## Materialuntersuchungen

### Alterungsversuche – Einlage in Öl

#### Schlagzähigkeit

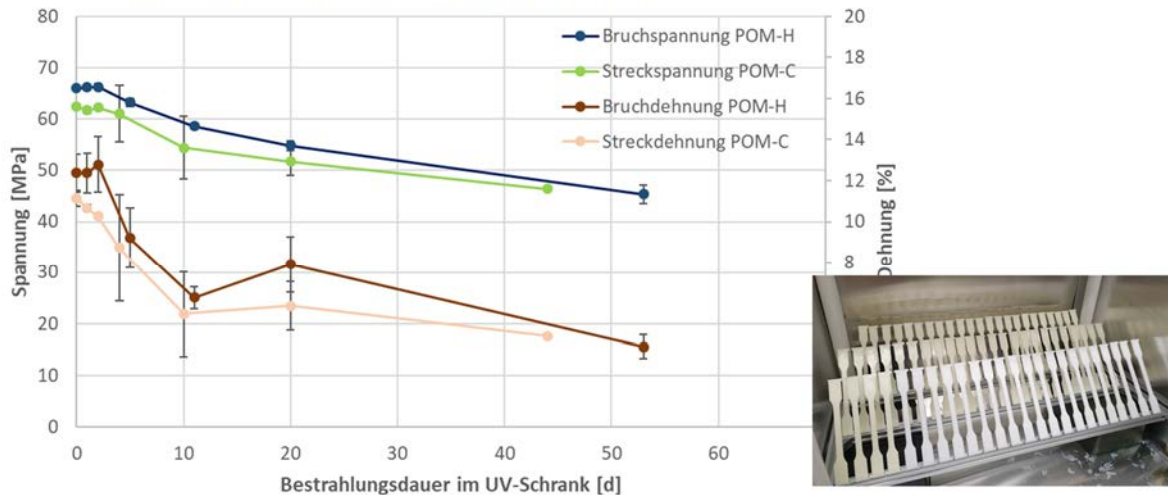


Auch auf die Schlagzähigkeit hat die Einlage in Öl keinen erkennbaren Einfluss.

## Materialuntersuchungen

### Alterungsversuche – UV-Bestrahlung

#### Bruch- bzw. Streckspannungen und -dehnungen



FTM  
Forschungsinstitut für Textil- und Materialwissenschaft

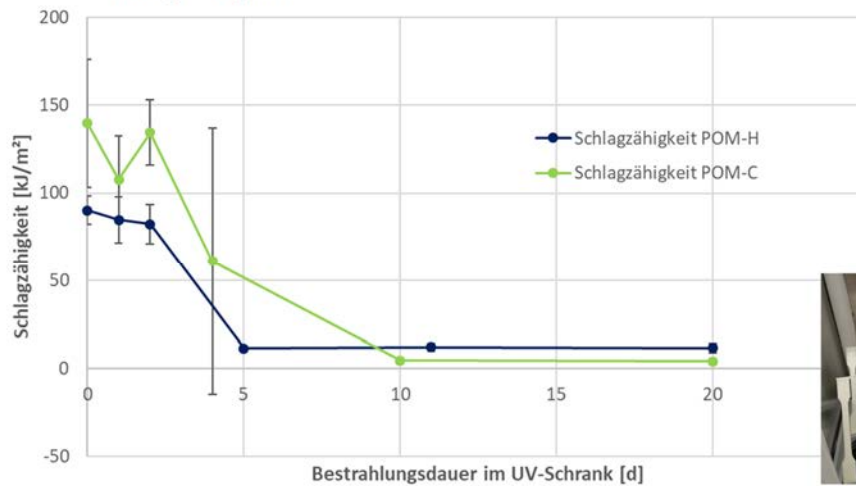
### UV-Bestrahlung

Die Bestrahlung der Proben mit UV-Licht erfolgte in einem speziellen UV-Schrank. Eine Stunde Bestrahlung im UV-Schrank entspricht dabei einer Bestrahlungsdauer von rund 23 Stunden bei Sonnenschein. So entspricht eine 50 tägige Einlage im UV-Schrank in etwa einer natürlichen Sonnenbestrahlung von 3,15 Jahren. Entgegen der Einlage in Öl zeigen die Proben unter UV-Licht bereits nach wenigen Tagen starke Veränderungen der Oberfläche. POM-Homopolymer neigt dabei zu einem Vergilben und POM-Copolymer bildet eine rein weiße Oberflächenschicht aus, die rau erscheint und bei Berührung pulverigen Abrieb hinterlässt. Die optischen Veränderungen spiegeln sich ebenfalls in den mechanischen Eigenschaften wieder. So fällt bereits nach circa 0,75 Monaten berechneter natürlicher Sonnenbestrahlung (1 Tag im UV-Schrank) die Streckdehnung von POM-C ab. Diese starke Abnahme setzt sich bis zum zehnten Tag Bestrahlung im UV-Schrank fort (entspricht in etwa einer realen Bestrahlungsdauer von 7,7 Monaten). Ab diesem Zeitpunkt ist das Gefälle nicht mehr so stark ausgeprägt. Eine Verschlechterung der Streckspannung kann erst ab etwa 1,5 Monaten (2 Tage im UV-Schrank) beobachtet werden. Beide Werkstoffe verhalten sich in ihrem Eigenschaftsabbau sehr ähnlich.

## Materialuntersuchungen

### Alterungsversuche – UV-Bestrahlung

#### Schlagzähigkeit

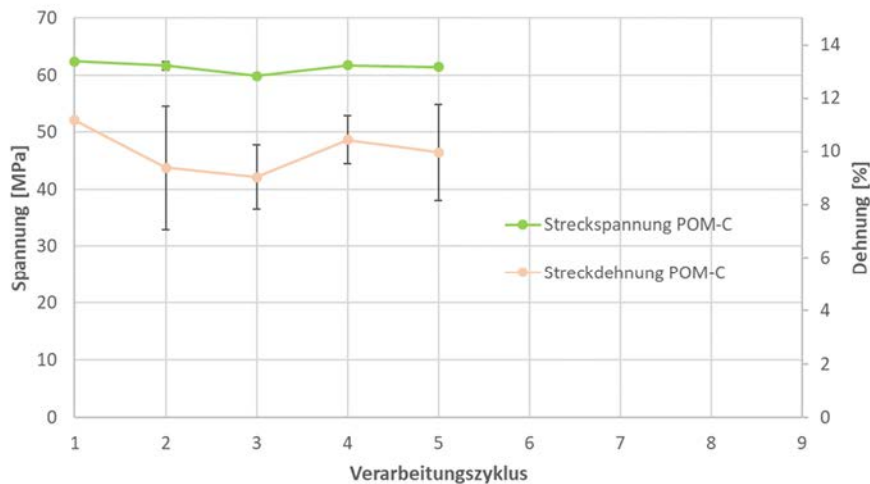


FTM  
Forschung und Technologie

Beide Werkstoffe zeigen durch UV-Bestrahlung eine massive Einbuße der Schlagzähigkeit. Bereits nach einer berechneten natürlichen Bestrahlungsdauer von etwa 3,8 Monaten (5 Tage im UV-Schrank) bei POM-H fällt diese von anfänglich 90 kJ/m<sup>2</sup> auf rund 12 kJ/m<sup>2</sup>. Noch stärker fällt der Verlust bei POM-Copolymer aus.

## Materialuntersuchungen

### Alterungsversuche – Mehrfachbearbeitung (POM-C)



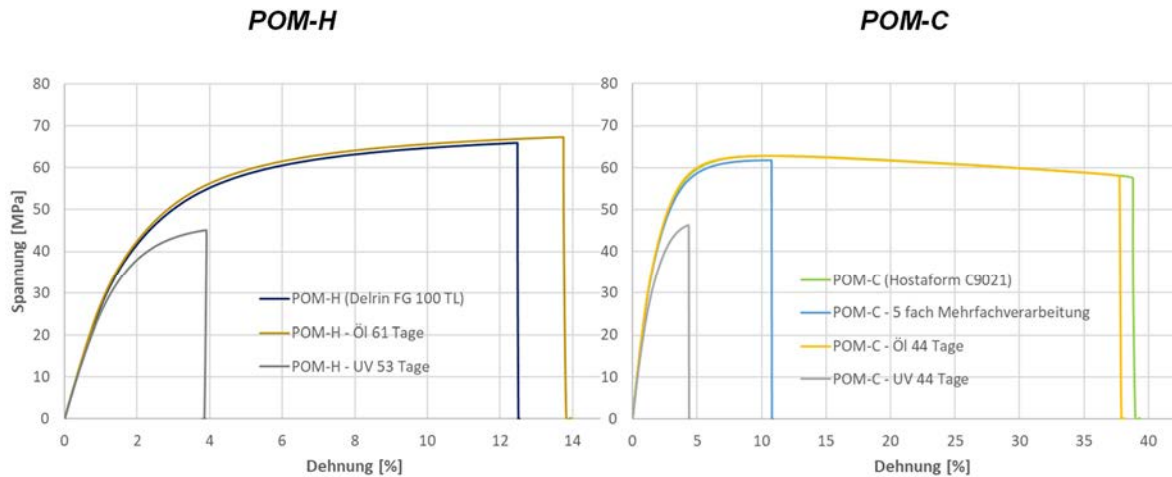
#### Mehrfachverarbeitung

Um die Auswirkung von mehrfacher Verarbeitung auf POM zu untersuchen, wurde eine bestimmte Menge Granulat zu Zugstäben spritzgegossen und im Anschluss, nach einer kurzen Abkühlphase, wieder geschreddert. Das geschredderte Material wurde dann direkt wieder in den Befülltrichter der Spritzgießmaschine gegeben. Um zu gewährleisten, dass es zu keiner Vermischung des Materials mit unterschiedlicher Verarbeitungsstufe kommt, wurde darauf geachtet, dass der Befülltrichter fast vollständig geleert war.

Die Mehrfachverarbeitung, welche mit einer thermischen, thermisch-oxidativen und mechanischen Belastungen einhergeht, führt zu einer deutlichen Abnahme der Bruchdehnung. Während diese beim Neumaterial im Mittel bei größer 35 % liegt, werden bei fünffacher Verarbeitung nur noch Bruchdehnung um 15 % erreicht. Eine zunehmende Verschlechterung der Streckspannung und -dehnung kann bisher jedoch nicht beobachtet werden, muss aber durch eine Erhöhung der Anzahl der Verarbeitungsschritte noch bestätigt werden.

# Materialuntersuchungen

## Alterungsversuche-Zusammenfassung



### Zusammenfassung Alterung

Um die Alterung von Polyoxymethylen während der Verarbeitung und dem Gebrauch zu charakterisieren, wurden Zugproben durch Einlagerung in Öl, UV-Bestrahlung und einer Mehrfachverarbeitung belastet.

Wie in der obigen Abbildung exemplarisch an jeweils einer repräsentativen Spannungs-Dehnungskurve gezeigt, kommt es dabei zu einer unterschiedlich ausgeprägten Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften des Materials. Während die Einlagerung in Öl über 44 Tage nahezu keinen Einfluss auf den Spannungs-Dehnungsverlauf hat, kommt es bei der Bestrahlung mit UV-Licht zu einer starken Versprödung und zu einem Festigkeitsabfall. Die Mehrfachverarbeitung (POM-H) führt ebenso zu einer Versprödung, wobei die Streckspannung davon nur wenig beeinflusst wird.



## Zusammenfassung und Ausblick

- Umfangreiche Materialuntersuchungen an POM wurden durchgeführt
- POM-H und POM-C sind untereinander ohne Verluste von mechanischen Eigenschaften misch- und verarbeitbar
- Materialveränderungen durch Öleinlagerung waren nicht erkennbar
- UV-Bestrahlung führt zu massiven Verschlechterungen der mechanischen Eigenschaften
- Mehrfachverarbeitung zeigt bisher nur wenig Einfluss auf den Werkstoff
- Zur endgültigen Beurteilbarkeit der Eignung von POM-Rezyklat für Förderketten stehen noch Untersuchungen zur Mehrfachverarbeitung, Verschmutzungen und Tribologie aus

## Quellen

- [PIEu19] Plastics – the Facts 2018. PlasticsEurope - Verband der Kunststoffherzeuger, <http://www.plasticseurope.de>, Abruf 03/2019.
- [RöSti19] Polyproblem – Kunststoff und Umwelt – Röchling Stiftung GmbH, <https://www.roechling-stiftung.de>, Abruf 05/2019.
- [moau19] <https://www.modular-automation.de/>, Zugriff am 28.06.2019
- [Arc07] Archodoulaki, V.-M., Lüftl, S., Koch, T.: Property changes in polyoxymethylene (POM) resulting from processing, ageing and recycling
- [Rud17] Rudolph N.; Kiesel R.; Aumnate C.: Understanding Plastics Recycling: Economic, Ecological, and Technical Aspects of Plastic Waste Handling. München: Carl Hanser Verlag, 2017
- [Conv18] Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017. Studie Conversio Market & Strategy GmbH







# **Messsystem zur Bestimmung von Tragrollenfehlausrichtungen an gemuldeten Gurtförderanlagen**

M. Sc. Lisa Wonner, Dr. Hendrik Otto



M. Sc.  
Lisa Wonner

- Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
- Doktorandin am Lehrstuhl Förder- und Materialflusstechnik



MB

ILM

FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU  
INSTITUT FÜR  
LOGISTIK UND MATERIALFLUSSTECHNIK

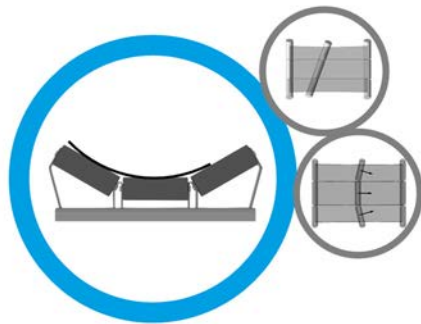
# Messsystem zur Bestimmung von Tragrollenfehlausrichtungen an gemuldeten Gurtförderanlagen

M. Sc. Lisa Wonner

Dr. Hendrik Otto

24.11.2020

## Motivation



Schieflauf reduzieren durch Tragrollenausrichtung



Anlagenparameter sammeln für Digitalen Zwilling

### Motivation zur Entwicklung des Messsystems

Das Messsystem soll dazu dienen die Ausrichtung der Tragrollen zu ermitteln. Fehlausgerichtete Tragrollen, die Gurtschieflauf erzeugen, können auf diese Weise korrigiert werden.

Hendrik Otto hat im Rahmen seiner Doktorarbeit eine Möglichkeit entwickelt, Gurtschieflauf zu simulieren. Mit dem Simulationsmodell kann zukünftig die Positionierung von Lenkeinrichtungen optimiert werden. Derzeit erfolgt dies auf der Grundlage von Erfahrung bzw. Versuch und Fehlschlag. Um das Simulationsmodell im industriellen Kontext zu nutzen, fehlt bislang die Möglichkeit, die nötigen Anlagenparameter zu messen. Insbesondere spielt die Ausrichtung der Tragrollen hier eine entscheidende Rolle. Das Messsystem ermöglicht das Sammeln dieser Parameter.



## Gliederung

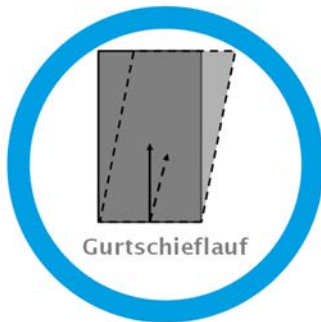


Foto: <https://dmax.de/sendungen/goldrausch-in-alaska/>



**Gurtschieflauf ist die seitliche Bewegung des Fördergurtes.**



Foto: <https://dmax.de/sendungen/goldrausch-in-alaska/>

### Was ist Gurtschieflauf?

Gurtschieflauf ist die seitliche Bewegung des Fördergurtes, senkrecht zur Förderrichtung.

Auf dem Bild ist zu erkennen, dass der Fördergurt nicht mehr mittig auf den Tragrollen liegt. Auf der rechten Seite ist von den Tragrollen, die den Gurt führen und stützen, mehr zu erkennen als auf der linken Seite. Auch das Schüttgut befindet sich nicht in der Mitte des Gurtes.



Foto: <https://dmax.de/sendungen/goldrausch-in-alaska/>

### Folgen von Gurtschieflauf

Kommt es zu Gurtschieflauf, kann der Gurt an den Stahlbau anlaufen, wie in dem Bild zu erkennen ist. Der Fördergurt wird durch diesen Kontakt beschädigt. Der Fördergurt macht ca. 1/3 der Gesamtkosten einer Gurtförderanlage aus. Durch die Beschädigung wird die Lebensdauer des Gurtes reduziert. Es entstehen damit hohe Materialkosten. Gurtförderanlagen sind in der Regel nicht redundant gebaut. Reparaturarbeiten an einer Anlage führen zu einem Stillstand der gesamten Anlage und somit zu Stillstandskosten.

Nicht nur der Fördergurt wird bei dem Kontakt mit dem Stahlbau beschädigt. Auch der Stahlbau selbst wird in Mitleidenschaft gezogen. Ein Fördergurt kann durch seine Masse und Geschwindigkeit dabei einen Stahlträger vollständig durchtrennen.



### Ursachen:

- **Tragrollen** (defekt, Ausrichtungsfehler)
- **Trommeln** (Ausrichtungsfehler, Lagerschaden)
- **Massenaufgabe**
- Feuchtigkeit
- Wind



Foto: <https://dmax.de/sendungen/goldrausch-in-alaska/>

Graz | 24.11.2020

Messsystem Tragrollenfehlausrichtungen

7

### Ursachen von Gurtschieflauf

Hier wird der Gurtschieflauf besonders deutlich. Der Fördergurt ist von der Trommel deutlich nach links gewandert. In diesem Fall war die Lagerung der Trommel defekt, was zu einer Schiefstellung der Trommel führte.

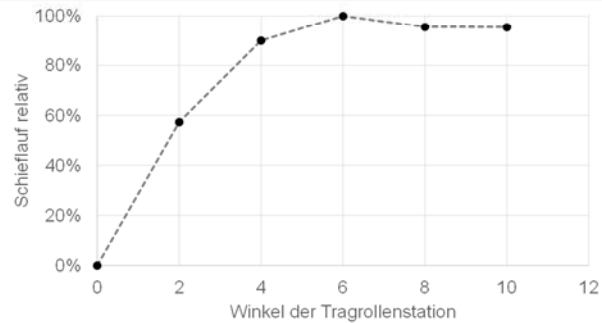
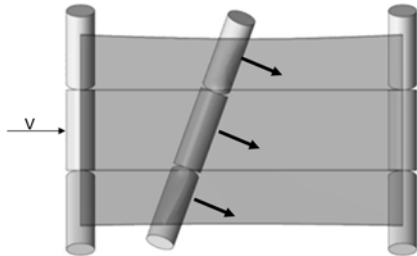
Weitere Ursachen für Schieflauf können sein:

- Fehlerhaft ausgerichtete oder defekte Tragrollen,
- Exzentrische Massenaufgabe, führt durch die wirkenden Gewichtskräfte zu einer Auslenkung des Fördergurtes,
- Einseitige Feuchtigkeit, die zu veränderten Reibwerten führt,
- Oder Seitenwind, der den Fördergurt zu Seite drückt.

Um den Fördergurt zu zentrieren und Gurtschieflauf zu mindern, werden Lenkstationen eingesetzt, die den Fördergurt bei Schieflauf wieder Richtung Mitte lenken. Möglich ist auch das Sturzstellen von Tragrollenstationen. In jedem Fall wird das Symptom bekämpft und nicht die Ursache.

## Drehung um die Vertikalachse

- Größten Lenkeinfluss von den Tragrollenstellungen
- Degressiver Verlauf der Lenkwirkung



### Drehung einer Tragrollenstation um die Vertikalachse

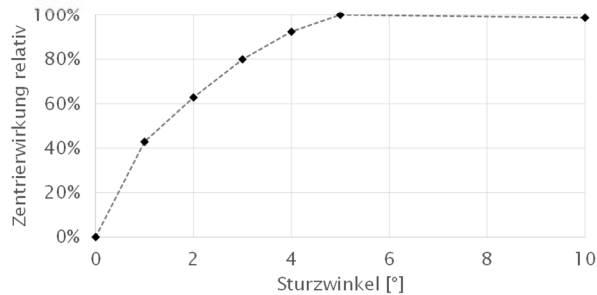
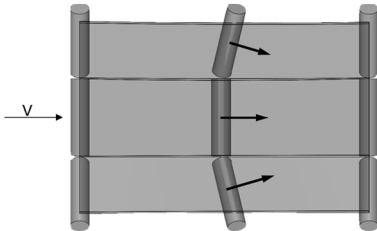
Tragrollen führen den Gurt immer in Richtung ihrer Rollennormalen. Steht eine Tragrollenstation nicht senkrecht zur Förderrichtung, wird der Gurt dementsprechend ausgelenkt.

Im Diagramm ist die Veränderung der Gurtlage in Abhängigkeit des Verdrehwinkels dargestellt. Mit zunehmender Drehung der Tragrollenstation nähert sich der Gurt asymptotisch einer maximalen Auslenkung an. Die größte Änderung entsteht bei einer Drehung von 2°, bei der bereits 60% des erzeugten Schiefelaufs bei dieser Tragrollenstellung entstehen. Ab 6° verändert sich der erzeugte Schiefelauf nicht mehr wesentlich. Hier kommt es zu einem Stick-Slip-Effekt, wodurch die gedrehte Tragrolle einen kleineren Lenkeinfluss besitzt. Die Drehung um die Vertikalachse besitzt von den Tragrollenstellungen den größten Einfluss auf die seitliche Laufrichtung des Gurtes. Drehbargelagerte Tragrollenstationen, sogenannte Zentriereinrichtungen, werden daher eingesetzt um den Fördergurt bei Schiefelauf wieder zurück zu lenken.



## Auf Sturz gestellte Tragrollen

- Positive Sturzwinkel stabilisieren den Fördergurt
  - Sturzwinkel: 0...3°
- Lenkwirkung ist sehr klein, degressiver Verlauf



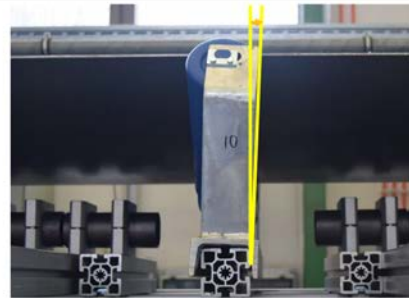
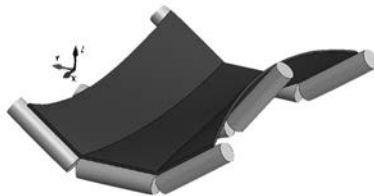
### Auf Sturz gestellte Tragrollenstationen

Beim Sturzstellen von Tragrollenstationen handelt es sich um eine Drehung einer Tragrollenstation um die y-Achse, die quer zur Förderrichtung verläuft, also dem Kippen der Tragrollenstation in Förderrichtung. Der Vektor der Rollennormalen der äußeren Tragrollen zeigt somit nicht mehr in die Förderrichtung. Der Gurt wird daraufhin, wie dargestellt, in Richtung der Mitte geführt, wenn der Gurt sich außermittig befindet und sich die seitlichen Kräfte nicht mehr ausgleichen. Positive Sturzwinkel bis 3° werden verwendet, um den Fördergurt zu zentrieren. Negative Sturzwinkel führen zu einer Destabilisierung des Fördergurt.

Die Lenkwirkungen bei auf Sturz gestellten Tragrollenstationen sind allgemein sehr gering. Zur Zentrierung werden daher immer Blöcke von Tragrollenstationen genutzt. Es werden nur kleine Sturzwinkel verwendet, da die Lenkwirkung sich ab ca. 4° nicht mehr signifikant erhöht. Stattdessen kommt es jedoch zu erhöhter Reibung, die zu Verschleiß und einem höheren Energiebedarf führt.

## Drehung um die Förderachse

- Führen des Fördergurtes in Kurven
  - Drehwinkel:  $5^\circ \dots 15^\circ$
- Zusätzliche Fehlstellungen erzeugen sehr große Lenkeffekte



Zusätzliche Fehlstellungen: Sturz

### Drehung um die Förderachse

Bei der Drehung einer Tragrollenstation um die Förderachse wird die eine Seite der Tragrollenstation angehoben, während sich die andere absenkt. Relativbewegungen zwischen Gurt und Tragrolle, die zur Lenkwirkungen führen, finden hier nicht statt. Die Tragrollennormale steht nach der Verdrehung immer noch parallel zur Förderrichtung. Diese Tragrollenstellung wird verwendet um den Fördergurt in horizontalen Kurven bei Winkel von 5 bis 15 Grad zu führen.

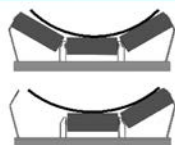
Durch das Anheben einer Seite der Tragrollenstation wird diese gegen den Gurt gedrückt. Steht die Tragrollenstation dabei leicht auf Sturz, wie in dem rechten Bild, führt das zu deutlichen ungewollten Lenkwirkungen, die zu vermeiden sind.

## Gesuchte Anlagenparameter

### Tragrollenabstand

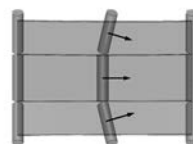


### Fehlende/kontaktlose Tragrollen

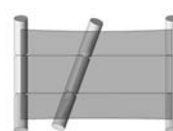


### Ausrichtung der Tragrollen

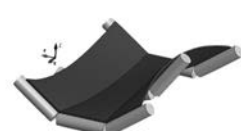
#### Auf Sturz gestellte Tragrollenstation



#### Drehung um die Vertikalachse



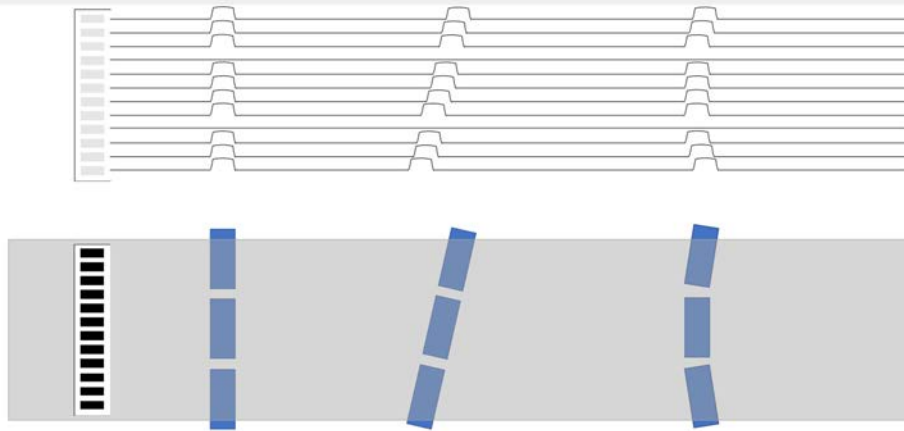
#### Drehung um die Förderachse





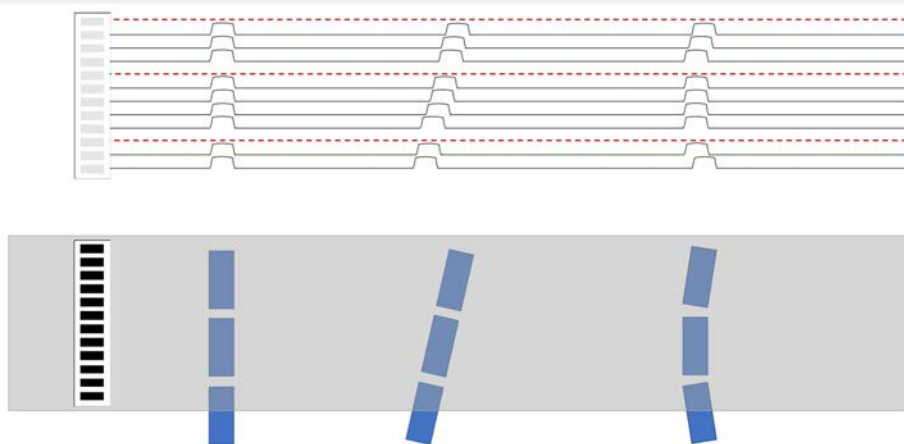
## Funktion

### Erkennung der Ausrichtung der Tragrollen



## Funktion

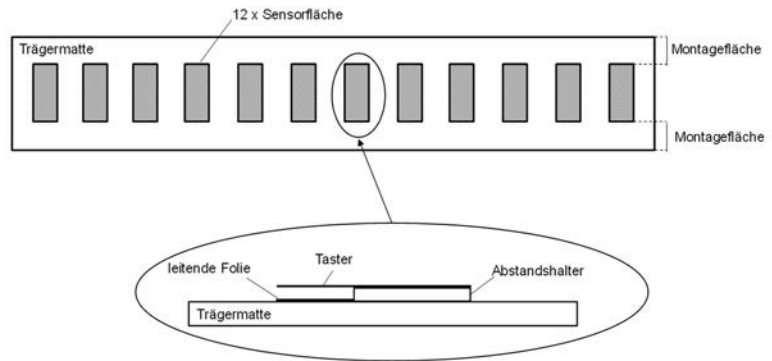
### Erkennung der Ausrichtung des Gurtes durch Tragrollenzwischenräume



## Aufbau



### Die Sensormatte



## Aufbau

Materialkosten ca. 200 €



### Die Auswertungseinheit



Raspberry Pi Zero LiPo-Akku

### Herausforderung



Umfahren der Umlenktrommel

### Die Gehäusekette

Variante 1: gelenkig



Variante 2: flexibel

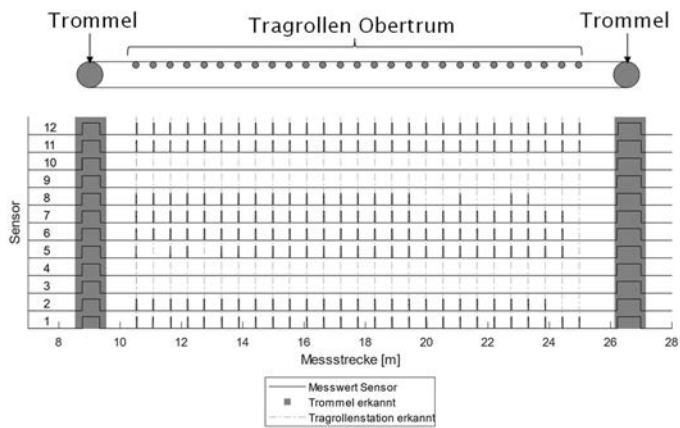


## Gelenkige Gehäusekette



**Erkenntnis:** Version funktioniert für langsame Geschwindigkeiten, für hohe Geschwindigkeiten eher ungeeignet

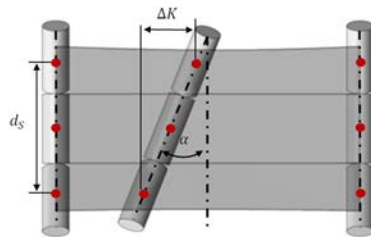
## Ergebnisse



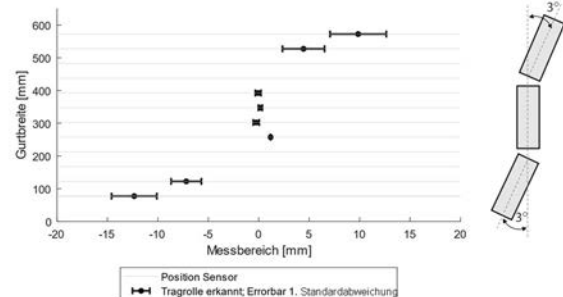
**Erkenntnis:** alle Tragrollenstationen und Trommeln werden erkannt

## Erkennung der Tragrollenausrichtung

### Drehung um die Vertikalachse



- Sensor erkennt Tragrolle
  - $d_S$  Abstand der Sensoren
  - $\Delta K$  Abstand der Kontaktpunkte
  - $\alpha$  Drehwinkel der Tragrolle
- $$\tan(\alpha) = \frac{\Delta K}{d_S}$$



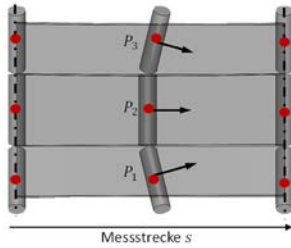
Im Schnitt wurde eine Drehung der Tragrolle von  $2,4^\circ$  gemessen.  
Die Drehung um die Vertikalachse wird durch das System erkannt.

### Erkennung der Drehung um die Vertikalachse

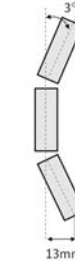
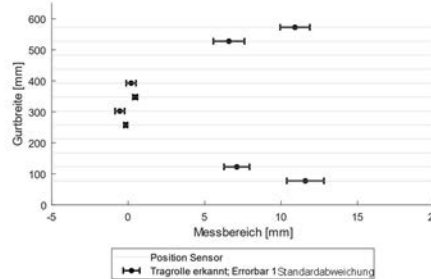
Die gemessenen Kontaktpunkte mit der Tragrolle sind im Diagramm dargestellt. Die Tragrolle wurde, wie rechts abgebildet, verstellt. Das Muster der Kontaktpunkte lässt dabei die Art der Verstellung wiedererkennen. Mittels lineare Regression ist es möglich durch die gemessenen Punkte eine Gerade zu legen. Mit dem Anstieg dieser Gerade kann der Winkel berechnet werden, um den die Tragrolle gedreht wurde. Bei den bisher erfolgten Messungen wurden mehrere Tragrollen auf die abgebildete Weise verstellt. Das entwickelte Messsystem konnte alle diese Tragrollenstationen identifizieren.

# Erkennung der Tragrollenausrichtung

## Sturzwinkel



positiver Sturzwinkel:  
 $S_{P_1} > S_{P_2}; S_{P_3} > S_{P_2}$   
 negativer Sturzwinkel:  
 $S_{P_1} < S_{P_2}; S_{P_3} < S_{P_2}$



Eine Sturzstellung wird durch das System erkannt.  
 Eine Aussage über den Sturzwinkel ist derzeit nicht möglich.

## Erkennung von Sturz

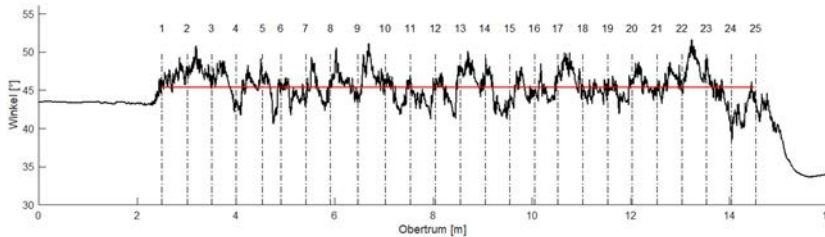
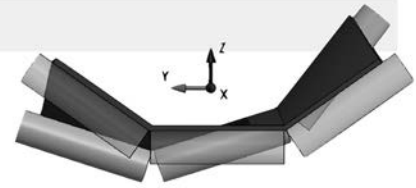
Ein positiver Sturzwinkel liegt vor, wenn die mittlere Tragrolle vor den seitlichen Tragrollen erkannt wird. Ein negativer Sturzwinkel liegt vor, wenn die mittlere Tragrolle nach den seitlichen Tragrollen erkannt wird. Im rechten Teil der Folie sind im Diagramm die erkannten Kontakte, sowie die Art der Verstellung abgebildet. Im Diagramm ist dabei die Art der Verstellung der Tragrollenstation anhand der Kontaktpunkte wieder zu erkennen. Um auf Sturz gestellte Tragrollenstationen zu identifizieren, ist es ratsam mindestens drei Messungen hintereinander durchzuführen und diese als Gesamtheit zu betrachten. Auf diese Weise konnten alle Tragrollenstationen, die in der Förderanlage einen Sturzwinkel aufwiesen, erkannt werden.

## Erkennung der Tragrollenausrichtung

### Drehung um die Förderachse

#### Messung des Anstellwinkels

- Messung mit Gyroskop & Beschleunigungssensor
- Anstellwinkel an Gurtkante ca. 45°
- Signifikante Veränderung an Ausmuldungsstellen erkennbar



### Erkennung der Drehung um die Förderachse

Diese Tragrollenausrichtung kann nicht mit Hilfe der Sensormatte ermittelt werden, hierfür ist ein weiteres Modul nötig, welches bisher nur separat getestet wurde. Bei einer Drehung um die Förderachse wird eine Tragrolle abgesenkt, während die andere angehoben wird. Dadurch verändert sich der Muldungswinkel. Das bedeutet auch, dass der Gurt an der Tragrollenstation seinen seitlichen Winkel verändern wird. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Gurtkante auf Grund der Eigensteifigkeit des Gurtes nicht exakt an der Tragrolle anliegt. Wird der Winkel des Gurtes gemessen, der hier als Anstellwinkel bezeichnet wird, ist dieser in jedem Fall größer als der Muldungswinkel. Die Messung des Anstellwinkels erfolgt mit einem Sensormodul, bestehend aus Beschleunigungssensor und Gyroskop.

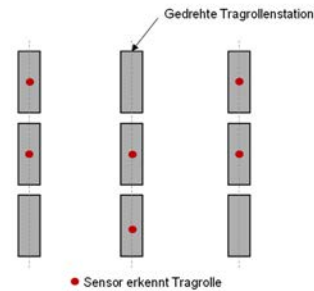
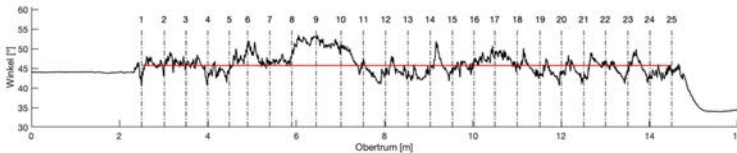
Im Diagramm ist zu erkennen, dass die Messung des Anstellwinkels in einem System ohne Drehung um die Förderachse Schwankungen im Bereich von 10° unterliegt. Die charakteristische Ausmuldungsstrecke nach der 25. Tragrolle, bei der sich der Anstellwinkel des Gurtes deutlich verringert, ist jedoch erkennbar.



## Erkennung der Tragrollenausrichtung

### Drehung um die Förderachse

- Kriterien:
  - erhöhter Anstellwinkel
  - Kontaktverlust
- Drehungen ab 5° werden erkannt



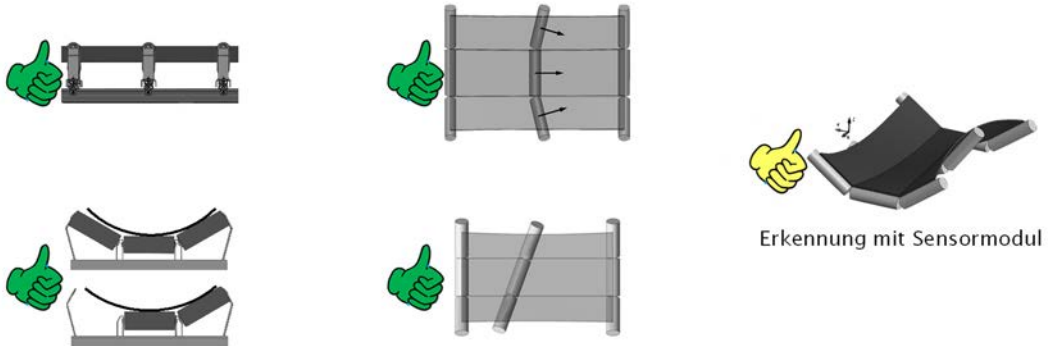
### Erkennung der Drehung um die Förderachse

Im zweiten Teil des Versuchs wurde die Tragrollenstation 9 um 10° gedreht. Bei der Betrachtung des Diagramms fällt auf, dass der gemessene Anstellwinkel im Bereich der Tragrollenstationen 8 bis 10 deutlich erhöht ist. Die gedrehte Station beeinflusst auch den Anstellwinkel der umliegenden Stationen, da sie den Fördergurt hier von den Stationen weg drückt. Das hat zu Folge, dass die umliegenden Stationen auf der Seite, auf der die Tragrolle angehoben wurde, den Kontakt zum Gurt verlieren. Die Sensormatte kann somit hier keine Tragrollen erkennen. Es ist möglich über die Kriterien: „erhöhter Anstellwinkel“ und „Kontaktverlust“ der umliegenden Stationen, eine Drehung um die Förderachse zu erkennen. Der genaue Winkel kann jedoch nicht gemessen werden.

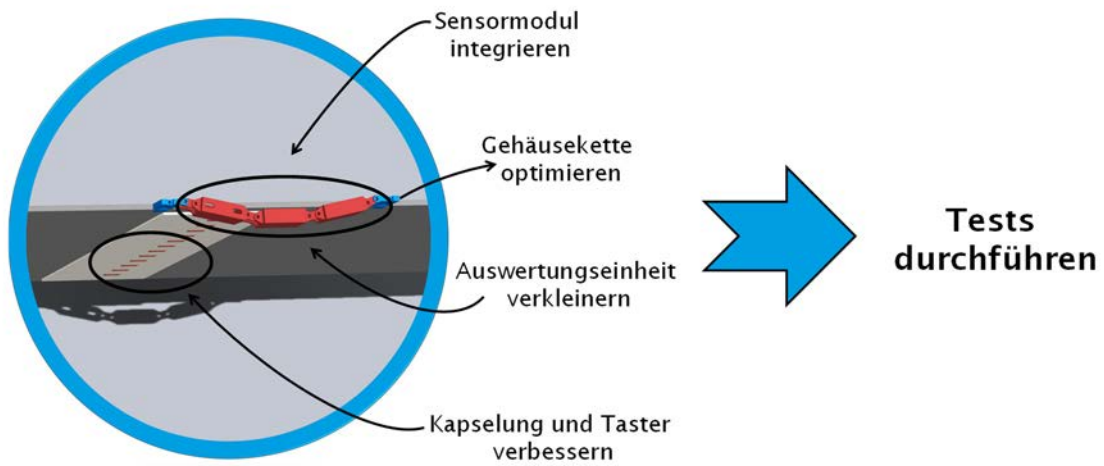


## Zusammenfassung

- Alle nötigen Anlagenparameter können ermittelt werden



## Optimierungspotential





MB

ILM

FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU  
INSTITUT FÜR  
LOGISTIK UND MATERIALFLUSSTECHNIK

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

[www.ilm.ovgu.de](http://www.ilm.ovgu.de)

**Kontakt:**

[lisa.wonner@ovgu.de](mailto:lisa.wonner@ovgu.de)  
+49 391 67-52245

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Universitätsplatz 2  
39106 Magdeburg









# **Umweltbewertung auf Produktebene – Aussagefähigkeit von Produktumwelterklärungen (EPD)**

Dipl.-Wirt.-Ing. Lynn Lüdemann



Dipl.-Wirt.-Ing

## Lynn Lüdemann

- Geboren in Berlin
- Arbeitet und forscht an der TU-Chemnitz
- An der Professur „Förder- und Materialflusstechnik“ an der Fakultät Maschinenbau
- Forschungsthema: Produktumwelterklärungen für Stetigförderer
- Interessen: Life Cycle Assessment, Circular Economy, Recycling

1

## Umweltbewertung auf Produktebene – Aussagefähigkeit von Produktumwelterklärungen (EPD)

- Untersuchungsthema „**Entwicklung einer Produktkategorie-Regel für Stetigförderer zur Veröffentlichung von Produktumwelterklärungen**“
- Aus den Ergebnissen der Ökobilanzen von „real-existierenden“ Förderern (Lichtenauer und Röstfein) wurden auch „Referenzförderer“ berechnet und simuliert
- Bestehende Gruppen von Produktumwelterklärungen wurden hinsichtlich ihres **Anspruches** „*Typ III Umweltdeklarationen stellen quantifizierte umweltbezogene Informationen aus dem Lebensweg eines Produkts zur Verfügung, um damit **Vergleiche** zwischen Produkten gleicher Funktion zu ermöglichen.*“ [2]
- Und ihres Zieles  
 „*Das übergeordnete Ziel von Umweltkennzeichnungen und -deklarationen ist, Angebot und Nachfrage von weniger umweltbelastenden Produkten durch **überprüfbare, genaue und nicht irreführende Angaben zu Umweltaspekten zu unterstützen** und damit das Potential einer marktorientierten kontinuierlichen Verbesserung anzuregen.*“

2

### Zur Person Dipl.-Wirt.-Ing. Lynn Lüdemann



- Geboren in Berlin
- Arbeitet und forscht an der TU-Chemnitz
- An der Professur „Förder- und Materialflusstechnik“ an der Fakultät Maschinenbau
- Forschungsthema: Produktumwelterklärungen für Stetigförderer
- Interessen: Life Cycle Assessment, Circular Economy, Recycling



## AGENDA

- Motivation
- Was sind Produktumwelterklärungen?
- Hintergrundwissen: Ökobilanzierung
  
- Verbesserung der Aussagefähigkeit von EPD?
- Idealkonfiguration vs. Ökoeffizienz vs. Klimazielerfüllung

## Motivation



Die Klimakatastrophe ausgelöst durch Emissionen umweltschädlicher Gase und übermäßigen Ressourcenverbrauch, führt zu weltpolitischen Herausforderungen – eine Antwort darauf ist der sog. „europäische Green Deal“, wir sind Teil dieser Aufgabe, sowohl durch Forschung und Entwicklung als auch durch Transformation der Industrie, kann die notwendige, ökologische Wende gelingen.

5

## Definition Produktumwelterklärung

**Typ III Umweltdeklarationen** stellen quantifizierte umweltbezogene Informationen aus dem Lebensweg eines Produkts zur Verfügung, um damit Vergleiche zwischen Produkten gleicher Funktion zu ermöglichen.

### Produktumwelterklärungen (EPD) für Stetigförderer

- Produktkategorieregel nötig
- Funktionelle Einheit: Gutstrom auf dem Förderer über die avisierte Lebensdauer

*fE*

$$= S_{Förder} \times \frac{\text{Beladung (kg)}}{\text{Meter}} \times V_{Kette} \times \text{Lebensdauer}_{\text{Stunden}}$$

- Einflussgrößen sind Energieverbrauch, Lebensdauer, Gutstrom, Konfiguration des Förderers
- Ergebnisse der Ökobilanz in Datenblatt oder Grafik
- Interpretation/ Evaluation?



Phase	10 Jahre Betrieb, 600kg/min		
	GWP 100 [kg CO2-eq]	AC [kg SO4-eq]	Eutrophication [kg PO4---eq]
UP-Stream I	134,3	0,35004	0,04934
UP-Stream II	227,44	1,9986	1,21226
Core	48,2	0,15158	0,03353
<b>Nutzung</b>	13429,3306	2,30E+01	2,12E+00
<b>Entsorgung</b>	85,76238	0,03548	0,33568
<b>Summe</b>	<b>13925,033</b>	<b>25,54350273</b>	<b>3,748989994</b>

Während der Forschungsarbeit, sowohl bestehende EPD für anderer Produkte (Kategorien) analysiert und verglichen, also auch EPDs für Förderer (ideale und reale) berechnet und analysiert. → Ergebnis, Zweck von EPDs bislang nur unzureichend erfüllt. Wichtiger Punkt ist die Aussagefähigkeit und Vergleichbarkeit von Ergebnissen Prüfung neuer Ansätze

6

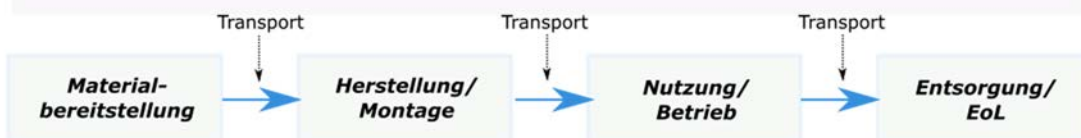
## THEORIE: Ökobilanzierung & Produktumwelterklärung

Ökobilanzierung ist eine Methode zur **Berechnung** sog. **Umweltwirkungen** eines Produktes/ Systems über dessen gesamten Lebenszyklus. Umweltwirkungen sind z.B.:

- Treibhauseffekt,
- Versauerung,
- Eutrophierung (übermäßiger Nährstoffeintrag) oder
- Ressourcenabbau

Ökobilanzierung ist in den Normen ISO 14040/44 geregelt und enthält 2 Hauptelemente:

- Referenz auf eine **funktionelle Einheit (FU)**
- Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von der Materialgewinnung bis zur Entsorgung (**cradle-to-gate**).



7

## THEORIE: Ökobilanzierung & Produktumwelterklärung



1. **Festlegung des Ziel und Untersuchungsrahmen**
  - a) Funktionelle Einheit
  - b) Geographischer und zeitlicher Rahmen
2. **Durchführung der Sachbilanz**
  - a) Modellierung des Produktsystems
  - b) Prozessschritte wie Herstellung, Montage
  - c) Verwendung spezifischer (gemessener) oder generischer (aus Datenbanken) Daten
3. **Berechnung der Wirkungsbilanz**
  - a) Verwendung von Computerprogrammen, z.B. openLCA
  - b) Zuordnung von Input-/Outputflüssen zu Wirkungen
  - c) Bilanzierung auf Äquivalenzbasis, z.B. CO<sub>2</sub>-Äquivalent
4. **Auswertung und Interpretation**
  - a) Ökodesign
  - b) Umweltausweis

8

## Benchmark-Idealkonfiguration

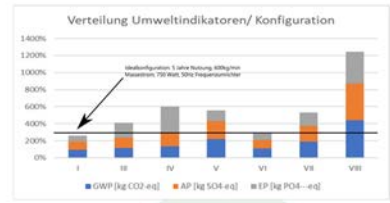
**Idee:** Berechnung der **Ökobilanz** über den gesamten **Lebenszyklus** einer vorher festgelegten Idealkonfiguration bzgl.

- Lebensdauer
- Gutstrom
- Motorauslegung
- Reibwerte

Berechnung der Kenngrößen wie Treibhauspotential, Versauerung, Eutrophierung (übermäßiger Nährstoffeintrag) für die Idealkonfiguration  
 Darstellung als umfassendes Labels, mit Kennzahlen bzgl. der Erreichung der Idealkonfiguration

**Vorteile:** Label kann um Indikatoren wie Recyclinganteil und Recyclingfähigkeit ergänzt werden.

**Nachteile:** Festlegung der Idealkonfiguration ist Herausforderung, immer wieder anpassen.



9 **Ökoeffizienz - Umweltfolgekosten**

**Definition** in Anlehnung an [5]:  
 „Ökoeffizienz (ÖE) ist die Lieferung/ Bereitstellung von Waren/ Dienstleistungen zu wettbewerbsfähigen Preisen, die sowohl die Bedürfnisse der Menschen befriedigen, als auch die ökologischen Auswirkungen bzw. den Ressourcenverbrauch über den gesamten Lebenszyklus auf ein Niveau reduziert, dass die Tragfähigkeit der Erde nicht überschreitet

**Berechnung** in Anlehnung an [4]

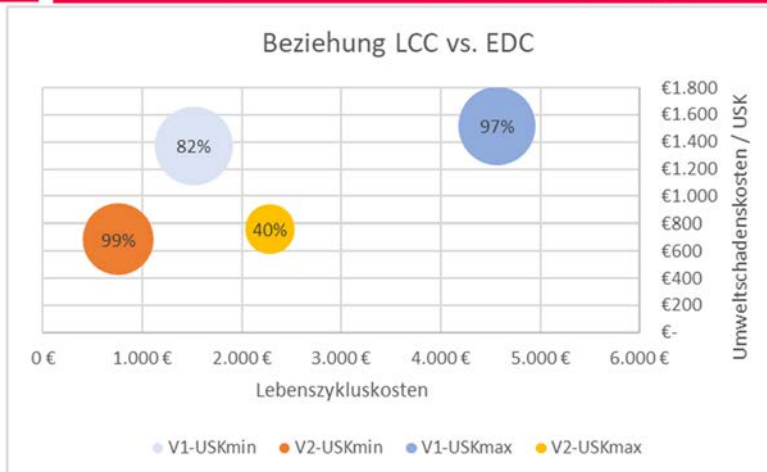
$$\text{ÖE} = \frac{\text{Produkt} - \text{Wert}}{\text{Umwelteinfluss}} = 1 - \frac{\text{EDC (environmental damage costs)}}{\text{LCC (life cycle costs)}}$$

**Bedeutung:** wenn keinerlei Schadenskosten auftreten, dann ist die ÖE bei 100%, d.h. ein Produkt trägt nicht zu Umweltschäden bei.

**Beispiel:** 2 Varianten des Referenzförderers.  
 Variante 1: 10 Jahre, 600kg/min, Stromverbrauch in Nutzungsphase 18.976 kWh; 69,02 kg x km  
 Variante 2: 5 Jahre, 100kg/min, Stromverbrauch in Nutzungsphase 9488,13 kWh; 5 kg x km

**Randbedingungen:** ausschließliche Betrachtung der Nutzungsphase, Preis je Kilowattstunde 0,08€, Schadenskosten zwischen 180€ und 600€ je Tonne CO2 [6], Energiemix erzeugt 0,401 kg CO2-eq/kWh

10 **Ökoeffizienz: Ergebnisse**

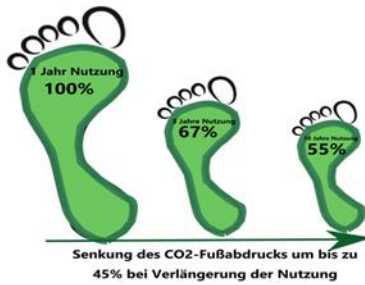


Interpretation:  
 Variante 2 mit minimalen Schadenskosten (180€/Tonne) hat die beste Ökoeffizienz, Variante 1 hat bei maximalen Schadenskosten die beste Ökoeffizienz  
 Erhöhung der ÖE, durch

- Verringerung des Energieverbrauches
- Verringerung CO2-eq je erzeugter Kilowattstunde (erneuerbare Energien)
- Erhöhung der funktionellen Einheit



## Benchmark – Klimaziel (<math> < 2^{\circ}</math> C)



Deutschland hat einen Pro-Kopf-Ausstoß an kombinierten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 11 Tonnen pro Jahr. Um die Erderwärmung auf 2° C zu begrenzen **muss der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 80-95% bis zum Jahr 2050 gesenkt werden** (im Vergleich zum Referenzjahr 1990). Dieses Ziel kann als Berechnungsbasis für „umweltfreundlichere“ Förderer verwendet werden.

Wird die Anlage nur 1 Jahr genutzt, so beträgt der Anteil der Nutzungsphase am Gesamt-Output CO<sub>2</sub>-eq ca. 67%, wird dies auf 5 Jahre erhöht, beträgt er schon 91%. Dies liegt daran, dass die Berechnung auf den „Nutzen“, also den Output des Systems bezogen wird. Der Stromverbrauch je funktioneller Einheit bleibt in der Nutzungsphase konstant. In der Herstellungsphase beträgt der Anteil CO<sub>2</sub>-eq. pro fE 33% (1.506 kg CO<sub>2</sub>-eq/fE) bei 1 jähriger Nutzung, bei 5 jähriger Nutzung kann er auf 9% (301 kg CO<sub>2</sub>-eq/fE) gesenkt werden. Dies entspricht einer Senkung um 80%. Weiterhin können Verbesserungen durch Verwendung von recyceltem Kunststoff oder recyceltem Stahl erzielt werden.

## Zusammenfassung

- 1) Abstimmung welches Label/ Umweltausweis ist aus Sicht der Zuhörer am geeignetsten?



Eingabe  
[www.menti.com](http://www.menti.com)  
 Code:

## Literatur

- 1) COM (2018)733 – EU Strategie zur Begrenzung des Klimawandels
- 2) DIN EN ISO 14025 - Umweltkennzeichnungen und Deklarationen, Typ III Umweltdeklaration
- 3) DIN EN ISO 14027 – Umweltkennzeichnungen und -deklarationen–Entwicklung von Produktkategorieregeln
- 4) Measuring Eco-efficiency by a LCC/LCA Ratio, An Evaluation of its Applicability, A case study at ABB, FREDRIK LYRSTEDT, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg, Sweden, 2005
- 5) World Business Council for Sustainable Development, book “changing cours” published in preparation to the summit 1993 in rio de janeiro
- 6) UBA: Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten, Kostensätze, 2019
- 7) Kadner, Susanne: Rolle der Circular Economy für das Erreichen der Klima- und Nachhaltigkeitsziele, Vortrag auf DIN Konferenz am 28.10.2020
- 8) UBA: Klimaneutral leben, Ratgeber 2014







# **The physical internet and its impact on sustainability**

Prof. Eric Ballot

Prof.

**Eric Ballot**

- Research Director of MINES ParisTech
- Département Economie, Management, Société



Pr. Eric Ballot

Nov, 2020 ■■

## ■ The physical internet and its impact on sustainability

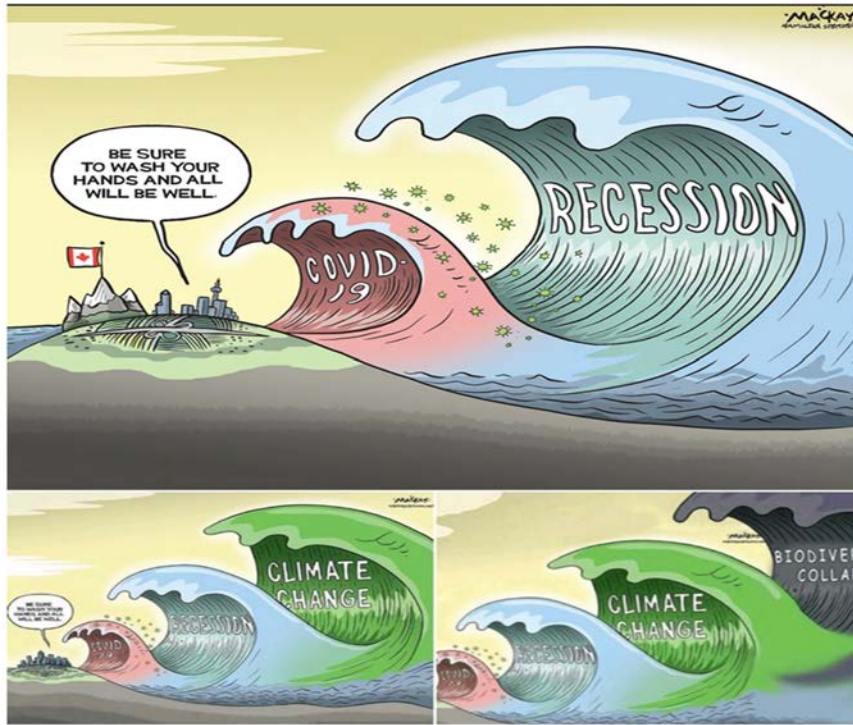


### Agenda



- Physical Internet
- The new normal
- Resilience illustration
- Economic illustration
- Sustainability illustration

# The new normal



E. Ballot

2020

3

# Sources of inspiration

Several logistics systems contains already key elements of PI!



- Multimodal
- Assets sharing
- Standardization
- Traffic exchange agreement
- ...



E. Ballot

2020

4

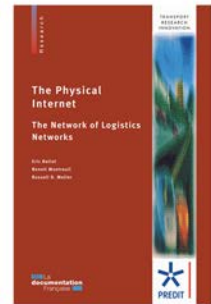


# Physical Internet



The Physical Internet is founded on universal physical, digital, operational, business and legal interconnectivity achieved through standard open protocols, "encapsulation", certification, performance assessment and monitoring.

Source: B. Montreuil, R. D. Meller & E. Ballot 2011



**alice** | Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe



E. Ballot

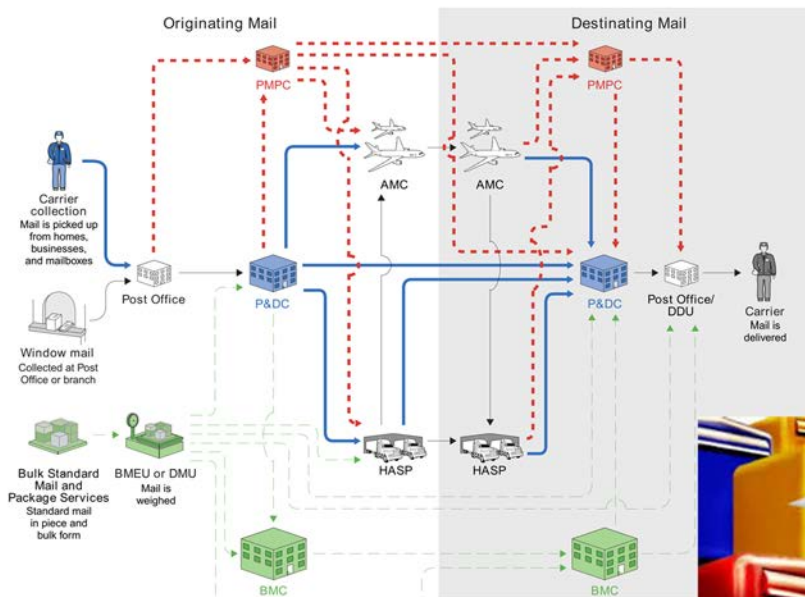
2020

5

# It exists: postal services



○ A worldwide interconnected system by state owned operators but with a strictly limited offer



Works well but 2 major limits:

- Few services
- One provider per country



Without interconnection: 192 mail boxes in each country!

E. Ballot

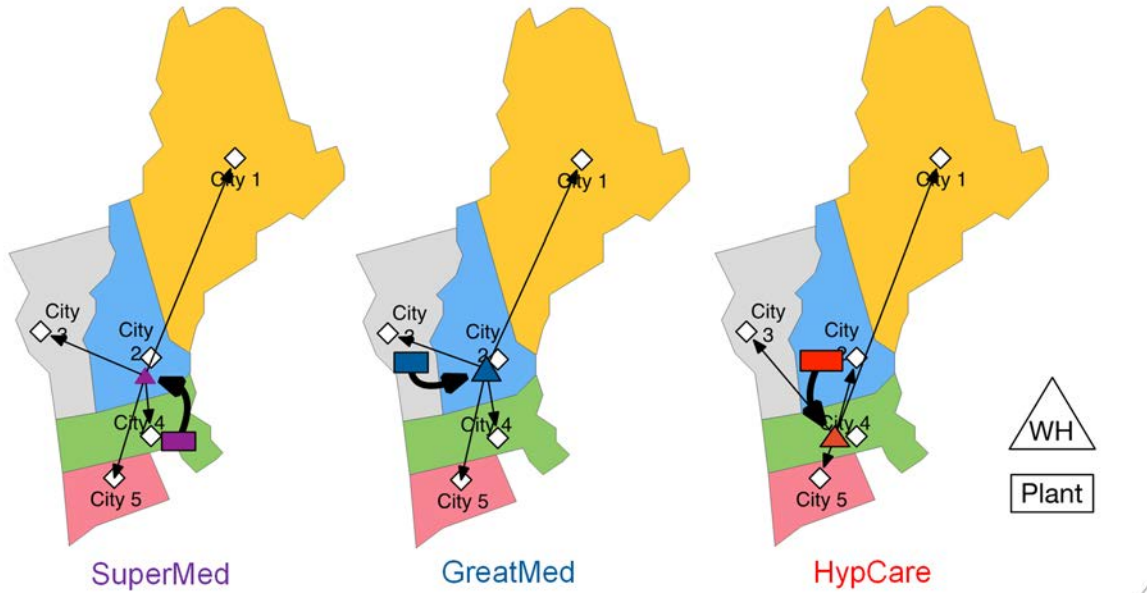
2020

6

# How to be resilient?

○ A small example

- 3 producers – 5 regions to serve



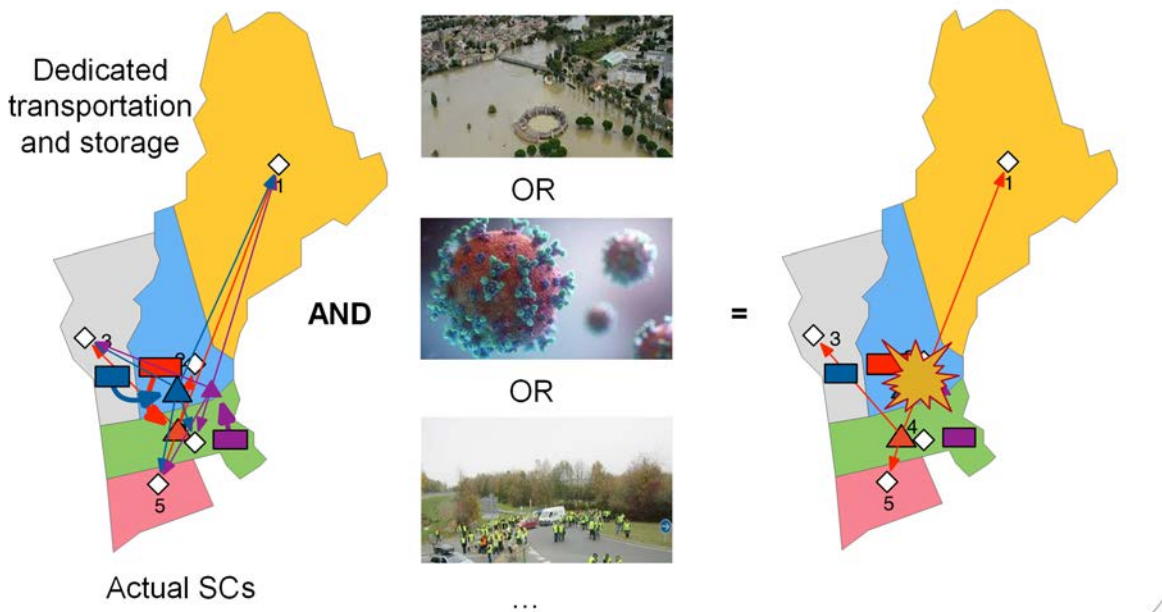
E. Ballot

2020

7

# How to be resilient?

○ Traditional SC



E. Ballot

2020

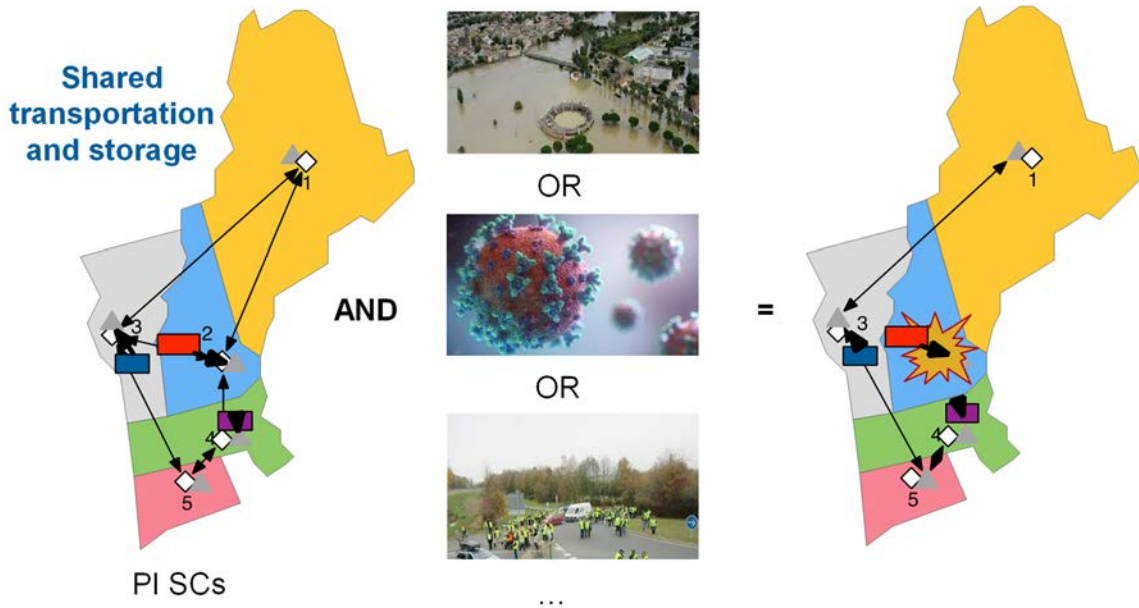
8



# How to be resilient?



○ Interconnected SC



E. Ballot

2020

9

# PI improves resilience



○ Interconnected SC

Demand surge

Demand	City 1	City 2	City 3	City 4	City 5	Total
First week						
SuperMed	750	1250	750	1250	1000	5000
GreatMed	2600	4400	3400	6000	3600	20000
HypCare	1000	2400	2500	2100	2000	10000
Total	4350	8050	6650	9350	6600	35000

Actual SCs



Inventory	City 1	City 2	City 3	City 4	City 5	Total
SuperMed	375	8625	375	625	500	10500
GreatMed	1300	2200	1700	12800	1800	19800
HypCare	500	14686	1250	1050	1000	18486
Total	2175	25511	3325	14475	3300	48786

PI SCs



**Immediate response of actual SC vs. PI**  
**+145% of stock out despite +48% of inventory in hand**

Inventory	City 1	City 2	City 3	City 4	City 5	Total
SuperMed	678	1131	678	1131	904	4523
GreatMed	1991	3369	2603	4594	2756	15314
HypCare	1546	3711	3866	3247	3093	15464
Total	4215	8211	7147	8972	6753	35301

E. Ballot

2020

10

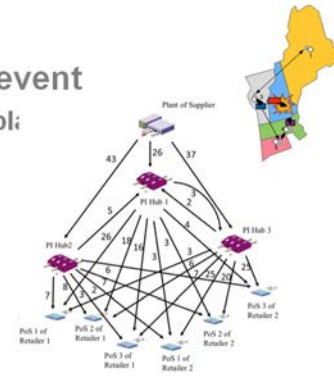


# PI improves resilience



○ Interconnected SC

- Shared services mitigates impacts on SCs
- When confronted to a major unexpected event
  - Details accessible in the ALICE PI knowledge pl:
- During normal operations



Prevent stockouts: decentralized inventories and pooled safety stocks

Y Yang, S Pan, E Ballot (2017) Mitigating supply chain disruptions through interconnected logistics services in the Physical Internet, International Journal of Production Research 55 (14), 3970-3983



Transportation issues: rerouting. In a worst case scenario 29% capacity lost => +4.3% cost and a small delay

Freight transportation resilience enabled by physical internet (2017) Y Yang, S Pan, E Ballot, IFAC-PapersOnLine 50 (1), 2278-2283

- Already partially implemented



# How to be competitive?



○ How proprietary logistics networks work?

- The journey of a laptop (delivered by U)



# How to be competitive?



○ How proprietary logistics networks work?

- A better journey for a laptop (delivered by U & D)



E. Ballot

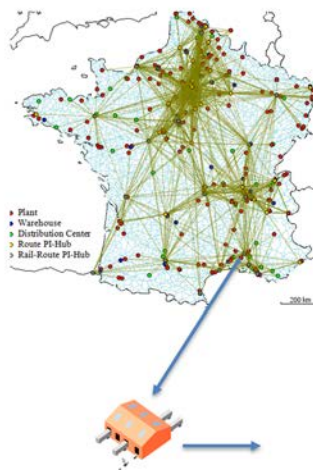
2020

13

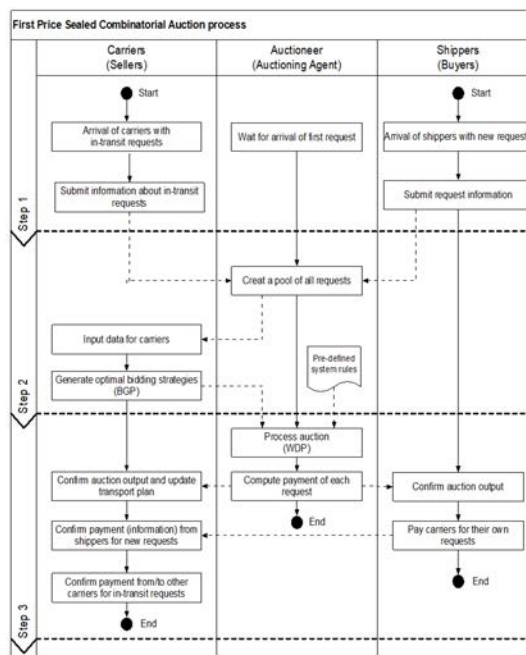
# How to be competitive?



○ The possible interconnection at each node between networks: routing algorithm seeks the best solution



Bundling based on unit loads request and carriers (or LSP) offered prices



E. Ballot

2020

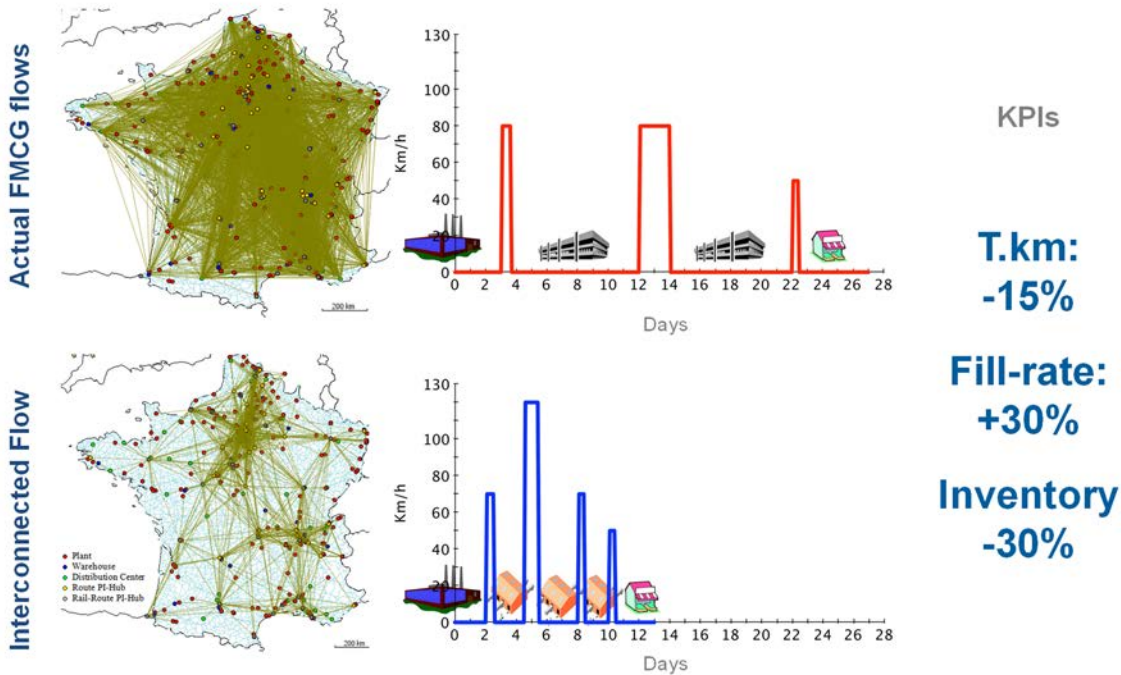
14



# How to be competitive?



○ Results from a simulation project with 2 retailers and 100 suppliers



E. Ballot

2020

15

# PI improves revenue



○ Interconnected SC

- Shared services improves efficiency thus margin
- Scientific proofs by routing protocols implemented in models

M Lafkihi, S Pan, E Ballot (2019) Rule-based incentive mechanism design for a decentralised collaborative transport network International Journal of Production Research, 1-17



B Qiao, S Pan, E Ballot (2019) Dynamic pricing model for less-than-truckload carriers in the Physical Internet Journal of Intelligent Manufacturing 30 (7), 2631-2643

- Can be tested and experienced in a freight transportation game

Contact: [Mariam.lafkihi@mines-parisech.fr](mailto:Mariam.lafkihi@mines-parisech.fr)



- Already implemented and confirmed by several companies

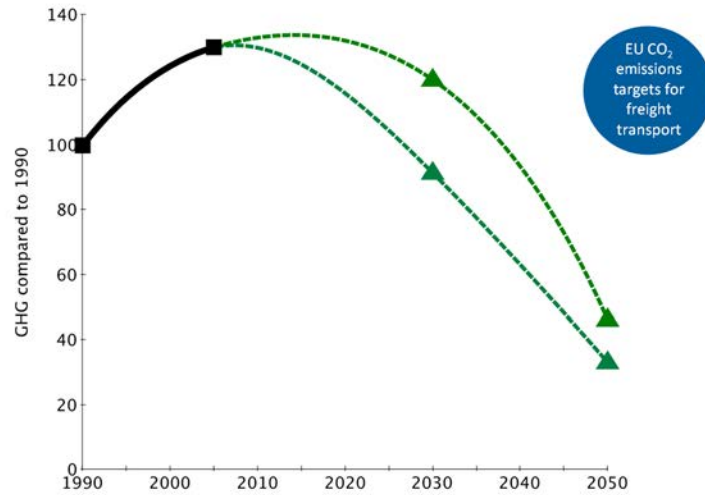


E. Ballot

2020

16

# How to be env. neutral?

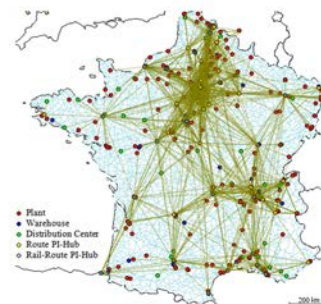


**-60% / 1990 of total GHG emissions with growth in flows implies...  
-95% of emissions per t.km by 2050!  
(from well to wheel)**

# PI improves sustainability



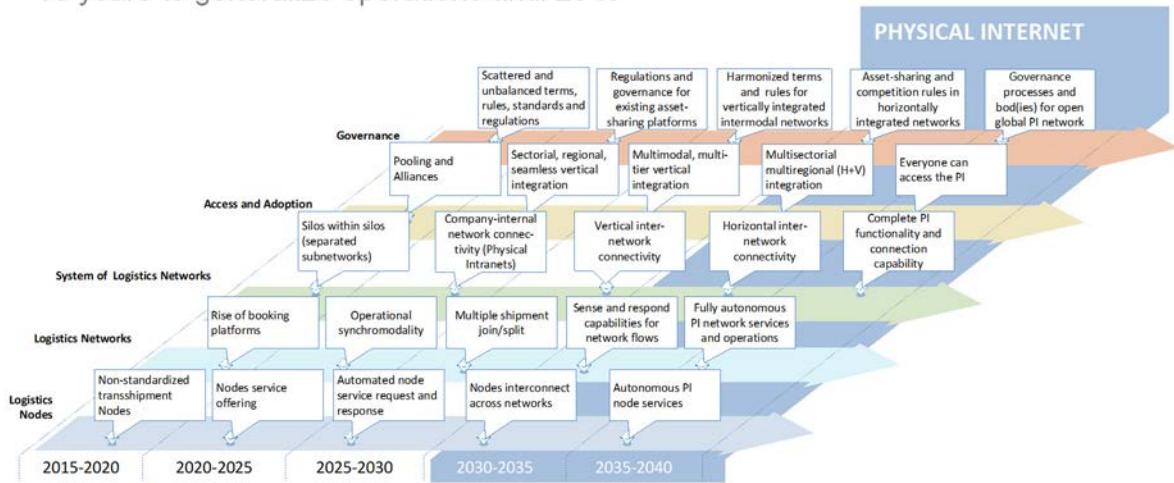
- **Shared services improves efficiency thus minimize environmental impact**
- **One of the first result!**
  - In France -60% CO<sub>2</sub> for the same orders, distribution centers and few players
- **3 impacts identified with partial logistics network redesign**
  - Distance reduction -15%
  - Fill rate increase +33%
  - Modal-shift
- **More levers to explore and combine to reach the goal**
  - **Transportation means decarbonization**
  - Passengers and freight mix
  - Inventory management policy
  - Synchro-modality
  - Goods to man rationalization
  - ...



# How to implement? Alice E.T.P. roadmap



10 years to develop Physical Internet gradually until 2030  
 10 years to generalize operations until 2040



**alice** | Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe

<http://www.etp-logistics.eu>



**Thank you**









# Nachhaltige Technik bei KNAPP

Samuel Krauser

## Samuel Krauser

- KNAPP AG
- Product Manager



# Nachhaltige Technik bei KNAPP

Samuel Krauser, KNAPP AG

[knapp.com](https://www.knapp.com)

# Konsumentenverhalten



knapp.com



US retail sales

-3,9 %

changes Q1-Q2/2020



US online retail sales

+ 31,8 %

source: [www.census.gov](http://www.census.gov)

knapp.com



**Wir müssen das, was wir machen  
möglichst ökologisch, ökonomisch  
und sozial verträglich gestalten!  
Das ist der Part der uns als KNAPP  
zuteil ist**

knapp.com



knapp.com

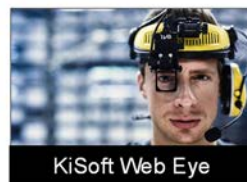
# Unternehmen

- Einsatz einer Photovoltaikanlage
- Verringerung des Stromverbrauchs um 6,33% im Vergleich zum Vorjahr
- Einsatz einer Wasserrückgewinnungsanlage, die mit dem ÖKOPROFIT-Preis der Stadt Graz ausgezeichnet wurde
- 40 Ladestellen für Elektrofahrzeuge
- Geförderte und unterstützte Fahrgemeinschaften
- Ethisches Abfallmanagement
- ISO 14001:2015 zertifiziert



knapp.com

# Nachhaltige Produkte & Lösungen



knapp.com



## OSR Shuttle <sup>TM</sup>

### Nachhaltiges “Energy Management System“

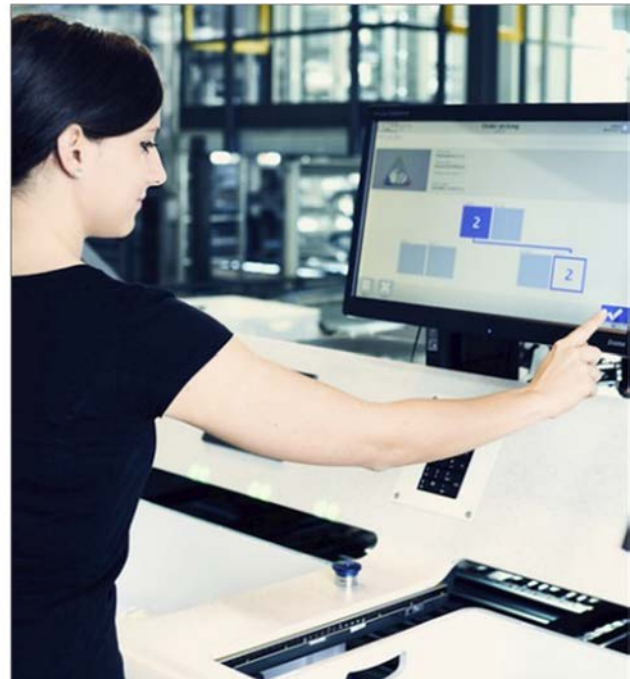
- System zur Energierückgewinnung
- Reduktion des Energieverbrauchs durch den Einsatz intelligenter Software
- Einsparung von Lagerfläche



## Pick-it-Easy

### Nachhaltige Ergonomie bei unseren Pick-it-Easy-Arbeitsplätzen

- Anpassung des Arbeitsplatzes an natürliche menschliche Bewegungen
- Zusammenarbeit mit Arbeitsmedizinern und Industriedesignern
- Ergonomie Zertifizierung vom TÜV Rheinland AMD



# Streamline

## Nachhaltige Fördertechnik

- Hybrides energiesparendes Antriebskonzept
- Bedarfseinschaltung



# Open Shuttle

## Nachhaltig mittels Fahrerlose Transportfahrzeuge

- Bedarfsorientierte Bewegung von Ladehilfsmittel
- Optimale Wege durch intelligentes Flotten-Management



# Vision Technologie

## Nachhaltig durch das Lösungskonzept „Zero Defect Warehouse“

- Fehler vermeiden, nicht korrigieren
- Verringerung des Retourenhandlings



# Vermessung

## Nachhaltigkeit durch den Einsatz von Vermessungstechnik

- Stammdatenerfassung ist der Schlüssel für eine nachhaltige Steuerung
- Versandvolumen ermitteln und LKWs optimal beladen





# Verpackung

## Einsatz von nachhaltigen automatischen Verpackungstechnologien

- Versandkartons werden exakt auf die Größe des Auftragsvolumen angepasst
- Keine „Luft“ versenden
- Verpackungsmaterial sparen



# KiSoft Web Eye

## Umweltschonendes Service mit KiSoft Web Eye

- Audio-visuelles Support System
- Störfälle ohne Anreise beheben und CO2 Emissionen reduzieren



# Kundenziele - Nachhaltigkeit

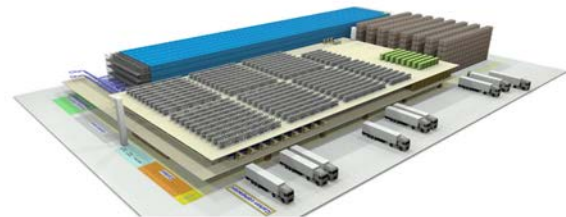


CATEGORY	WEIGHTING
Management	32%
Health & Well Being	15%
Energy	19%
Transport	8%
Water	6%
Materials	12.5%
Waste	7.5%
Land Use & Ecology	10%
Pollution	10%
Innovation	10%

knapp.com

## KNAPP Logistiklösungen

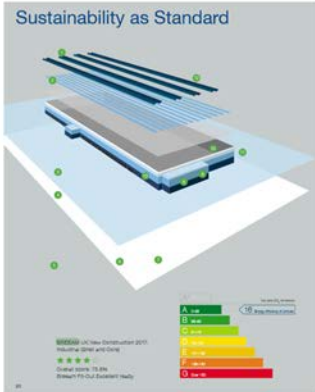
**Die Logistiklösung von KNAPP ist ein Teil zur Erreichung der Ziele unserer Kunden**



knapp.com

# Nachhaltigkeit - Kunden Zertifikate

*John Lewis Partnership*



SHOP  
DIRECT

BREEAM Very Good

MARKS &  
SPENCER

BREEAM Excellent

OLYMP  
*Energy Neutral*



LEED Platinum



BREEAM Excellent

knapp.com



making complexity simple









# **Mit vorausschauender Analyse zur grünen Logistik**

Markus Kottinger



## Markus Kottinger

- Solution Architect bei Axians
- BU Advanced Analytics

axians

vni  
OSTERREICH  
VEREIN  
NETZWERK  
LOGISTIK

Mit  
vorausschau  
der Analyse zur  
grünen Logistik

Logistik-Werkstatt Graz  
2020

„Nachhaltige Logistik“



VINCI  
ENERGIES

VINCI ENERGIES


VINCI ENERGIES axians ACTEMIUM VINCI FACILITIES OMEXOM citeos

Konzerntochter für Energie & IT



© 2020 | Axians ICT Austria GmbH



**DIGITALISIERUNG & LOGISTIK UNSERE KERNKOMPETENZ** **VINCI** 

**axians**

Ganzheitliches Portfolio aus Hardware, Software, IT Services und Consulting. 360° Partner für die digitale Transformation.

**ACTEMIUM**

Innovative Lösungen für die Industrie im Bereich Transport- und Automatisierungstechnik.

**Cegelec**

Planung, Errichtung und Wartung von Lösungen für die öffentliche Infrastruktur im städtischen Bereich

**lbase**

Von der Auftragsabwicklung und Disposition bis zur Auslagerung, über die Transportdurchführung und Abrechnung bis hin zu kalkulatorischen und statistischen Auswertungen.



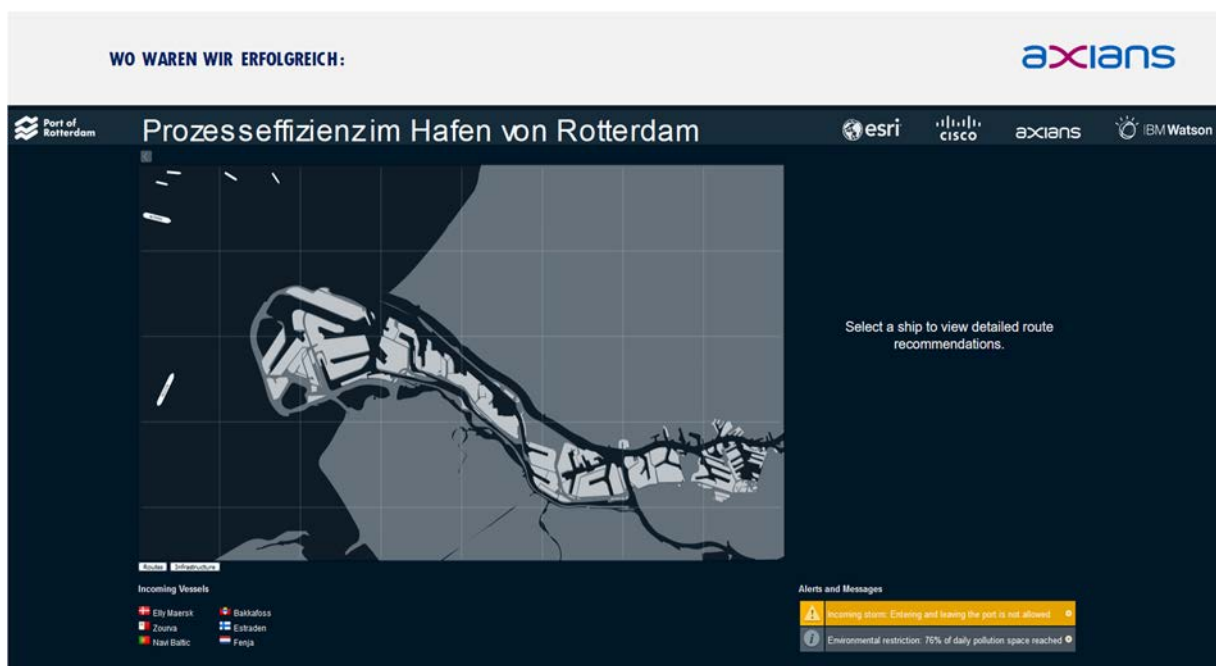
**End to End Digitalisierung**  
Aus „einer“ Hand

© 2020 | Axians ICT Austria GmbH

Die Logistik ist ein wesentlicher Teil der heutigen Wirtschaft und muss seit jeher folgende Fragen adressieren:

- ▶ Verfügbarkeit der richtigen Ware
- ▶ richtigen Menge
- ▶ richtigen Zustands des Guts
- ▶ Lieferung am richtigen Ort
- ▶ Zustellung zur richtigen Zeit
- ▶ Lieferung an den richtigen Kunden
- ▶ Lieferung zu den richtigen Kosten

© 2020 | Axians ICT Austria GmbH



© 2020 | Axians ICT Austria GmbH



WO WAREN WIR ERFOLGREICH:

axians

### Planung der Route nach:

Select a route

Fast Route Green Route

**Incoming Vessels**

Ely Maersk	Bakkafoss	ZOURVA
Zoarva	Estraden	Bulk Ship
Navi Baltic	Fenja	Cargo: Crude Oil
		Length: 333m
		Draught: 14.8m

**Safe Berth: SHELL 38**

- ✓ Check for Dimensions
- ✓ Check for Cargo type
- ✓ Check for ISPB level
- ✗ Check for Availability

ETD Ship: 15:30

**Alerts and Messages**

- ⚠ Incoming storm: Entering and leaving the port is not allowed
- ℹ Environmental restriction: 76% of daily pollution space reached

© 2020 | Axians ICT Austria GmbH

WO WAREN WIR ERFOLGREICH:

axians

### Safe Passage

Fast Route Green Route

**Incoming Vessels**

Ely Maersk	Bakkafoss	ZOURVA
Zoarva	Estraden	Bulk Ship
Navi Baltic	Fenja	Cargo: Crude Oil
		Length: 333m
		Draught: 14.8m

**Safe Berth: SHELL 38**

- Check for Dimensions
- Check for Cargo type
- Check for ISPB level
- Check for Availability

ETD Ship: 15:30

**Alerts and Messages**

- ⚠ Incoming storm: Entering and leaving the port is not allowed
- ℹ Environmental restriction: 76% of daily pollution space reached

© 2020 | Axians ICT Austria GmbH



**WO WAREN WIR ERFOLGREICH:**

**axians**

### Schnellste Route

#### Safe Passage

**Fast** ETA: Today 19:45

Fuel Cost: [Bar chart]  
 Emission: [Bar chart]  
 Time: [Bar chart]

#### Restriktions Radar

Safe Passage

Depth: [Gauge]  
 Width: [Gauge]  
 Tides: [Gauge]

#### Required Resources

Tugs: [Icons]  
 Buoys: [Icons]

**Fast Route** **Green Route**

#### Incoming Vessels

Ely Maersk	Bakkafoss	<b>ZOURVA</b> Bulk Ship Cargo: Crude Oil Length: 333m Draught: 14.8m
Zoerua	Estraden	
Navi Baltic	Fenja	

#### Safe Berth: SHELL 38

- ✓ Check for Dimensions
- ✓ Check for Cargo type
- ✓ Check for ISPS level
- ✗ Check for Availability

ETD Ship: 15:30

#### Alerts and Messages

- ⚠ Incoming storm: Entering and leaving the port is not allowed
- ℹ Environmental restriction: 76% of daily pollution space reached

© 2020 | Axians ICT Austria GmbH

**WO WAREN WIR ERFOLGREICH:**

**axians**

#### Safe Passage

**Fast** ETA: Today 19:45

Fuel Cost: [Bar chart]  
 Emission: [Bar chart]  
 Time: [Bar chart]

#### Restriktions Radar

Safe Passage

Depth: [Gauge]  
 Width: [Gauge]  
 Tides: [Gauge]

#### Required Resources

Tugs: [Icons]  
 Buoys: [Icons]

**Fast Route** **Green Route**

#### Incoming Vessels

Ely Maersk	Bakkafoss	<b>ZOURVA</b> Bulk Ship Cargo: Crude Oil Length: 333m Draught: 14.8m
Zoerua	Estraden	
Navi Baltic	Fenja	

#### Safe Berth: SHELL 38

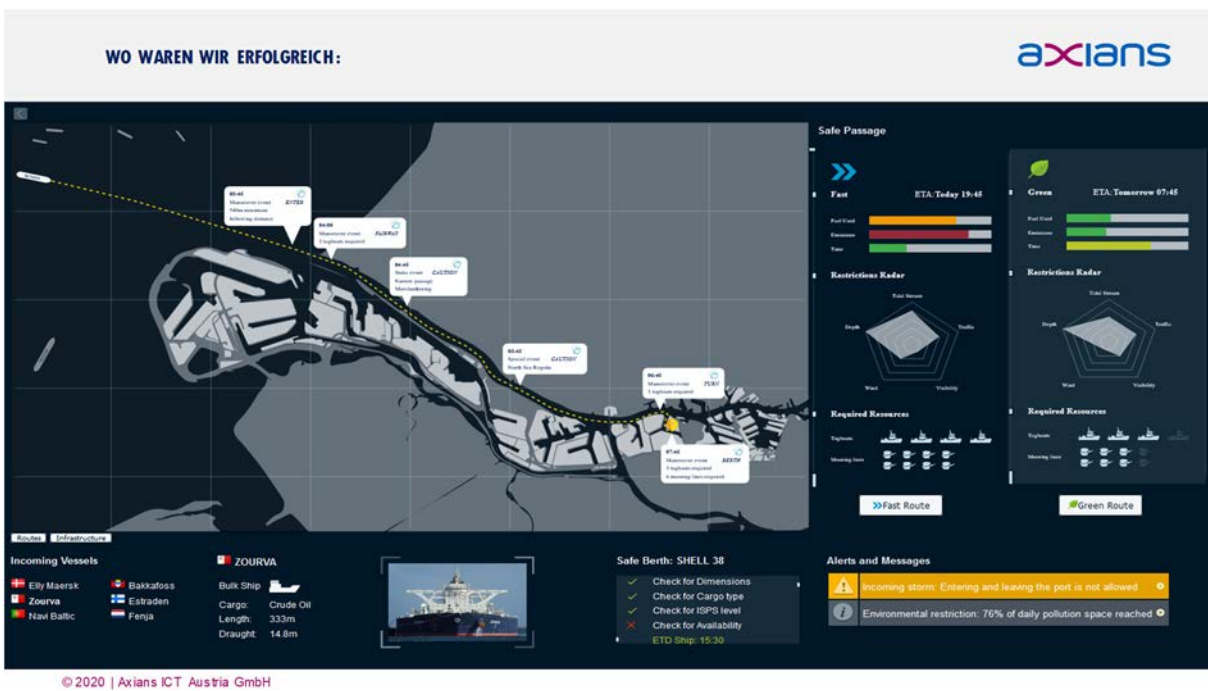
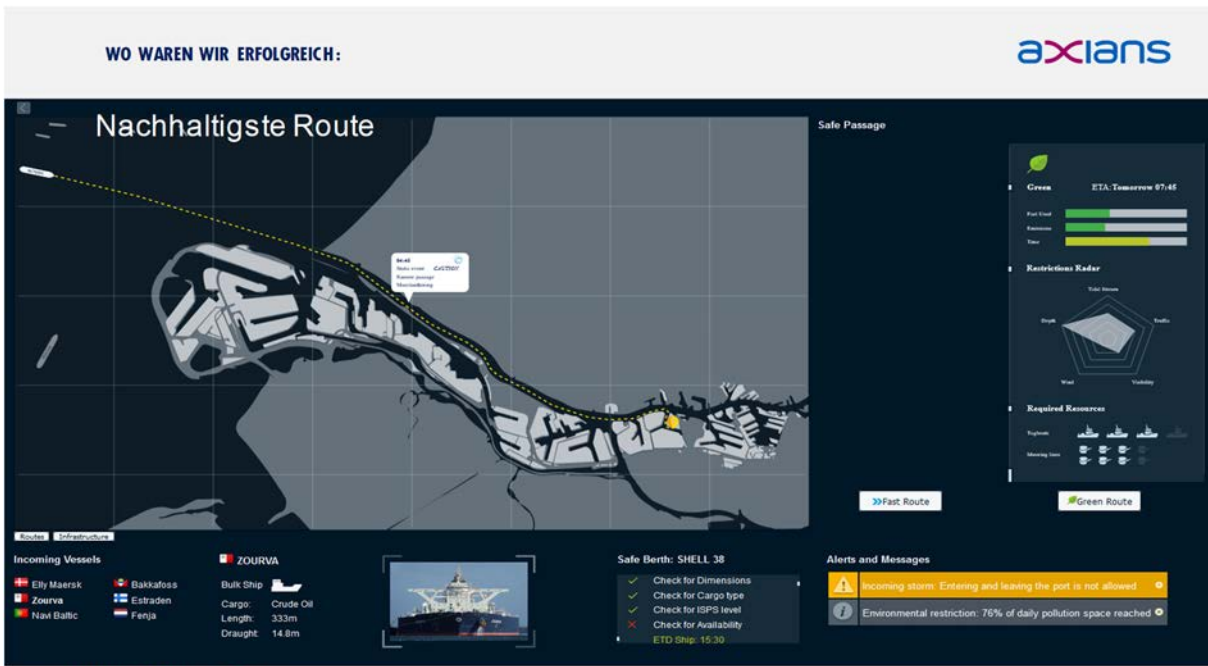
- Check for Dimensions
- Check for Cargo type
- Check for ISPS level
- Check for Availability

ETD Ship: 15:30

#### Alerts and Messages

- ⚠ Incoming storm: Entering and leaving the port is not allowed
- ℹ Environmental restriction: 76% of daily pollution space reached

© 2020 | Axians ICT Austria GmbH



Auf Basis von Advanced Analytics können die Logistikthemen nicht nur effizienter gestaltet werden, sondern auch nachhaltiger:



© 2020 | Axians ICT Austria GmbH

Der gesamtheitliche Ansatz des End – to – End Prozesses kann folgende Faktoren positiv beeinflussen:

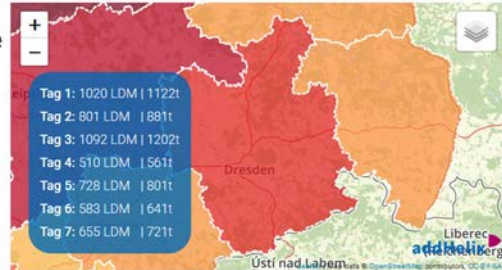
- ▶ Optimale Auslastung der vorhandenen Ladekapazität pro Strecke
  - ▶ Reduktion der Liegedauer im / vor dem Hafen
  - ▶ Effizienter Einsatz von Personal entlang des gesamten Supply Chain Prozesses
  - ▶ Vorausschauender Einsatz von Be- und Endladeanlagen
  - ▶ CO2 optimierter Einsatz von Energie
  - ▶ Reduktion von Betriebskosten
  - ▶ Verlängerung der Einsatzdauer der Anlagen und Reduktion von CAPEX
- Anwendbar auf alle Arten der Transport- und Lagerlogistik

© 2020 | Axians ICT Austria GmbH



## Ladepazität und Routenoptimierung

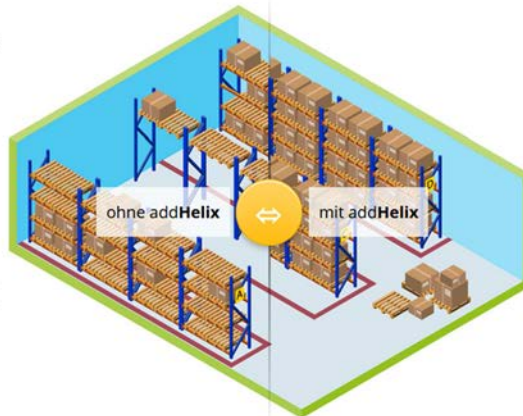
- ▶ Voraussage von Ladepazität auf Basis von Bestellvolumina
- ▶ Datenkonsolidierung nach Route, Quelle und Ziel
- ▶ Reduktion von Leerfahrten, CO2 Emissionen und Verkehr
- ▶ Steigerung der Ladepazität pro Route und Destination
- ▶ Integration von Wetter- und Verkehrsdaten
- ▶ Nutzung von SVM Modellen zur Optimierung



© 2020 | Axians ICT Austria GmbH

## Optimierung des Warenlagermanagements

- ▶ Flächennutzung auf Basis von historischen Bestelldaten
- ▶ Klassifizierung von Lagerbeständen nach ABC und XYZ
- ▶ Effiziente Einsatzplanung von MitarbeiterInnen
- ▶ Abgleich der Flächennutzung, Bestelldaten und verfügbarem Personal auf Basis von Reinforcement Learning



© 2020 | Axians ICT Austria GmbH



MICROSERVICES IM EINSATZ IHRES LOGISTIKPROZESSES

axians

addHelix

Home

Tools

Für wen

addExpert

Kontakt

Demo anfordern



## addHelix | addRouting

addHelix ist eine **Webservice-Plattform** für **logistische** Aufgabenstellungen, die Ihr Unternehmen weiterbringt: Je **komplexer** die Anforderung, desto **unkomplizierter** unsere **Lösung!**

[DEMO ANFORDERN](#)

#logistik #lösungen #logistikoptimierung #tourenplanungssoftware #transportmanagement #system

<https://www.addhelix.com/>

© 2020 | Axians ICT Austria GmbH

axians

Ihr Kontakt

Marcus Kottinger

marcus.kottinger@axians.at

+43(0)664 / 851 4879

www.axians.at



The best  
of ICT with  
a human  
touch

VINCI  
ENERGIES







# **Nachhaltige Technik bei SSI Schäfer**

Peter Totz

## Peter Totz

- Head of Business Development, Products & Equipment bei SSI SCHÄFER global



SSI SCHÄFER: Partnering for sustainable and future-proof material handling solutions. Think Tomorrow.

Successful companies strive continuously to find new and innovative ways to improve their productivity and efficiency. As far as the logistics sector is concerned, the route to improvement over the years has been through simply completing tasks faster and at higher volume. But as businesses increasingly perceive sustainability as a crucial factor of a future-proof business plan, the need to protect finite resources is being considered by companies throughout the supply chain. With global green incentives to promote sustainability and take climate action, companies of all sizes across the world are developing and embracing sustainable solutions that protect the planet, minimize their impact on the climate, and are at the same time economically viable.

At this point SSI Schäfer comes into play. The world-leading provider of modular warehousing and logistics solutions, SSI Schäfer is an ideal partner and enabler of sustainable solutions, thus generating a competitive advantage for its customers. Steffen Bersch, CEO of the SSI Schäfer Group, explains, “We have committed strongly to supporting customers in pursuing their own economic and climate goals in a spirit of partnership and working with them to implement the right solutions for their supply chain, leveraging economies of scale and finding ways to create a circular economy.”

SSI Schäfer puts the unique needs of its customers in focus, while considering sustainable aspects at the same time. Energy efficiency, the environmentally friendly operation of warehouses and material flows and ecological construction methods, short supply chains, predictive maintenance are all part of SSI Schäfer’s solutions, as well as healthy working conditions and atmosphere, less waste and carbon footprint reduction. “We shape the efficiency of our customers and their supply chains, taking advantage of opportunities offered by digitalization and transfer them to the world of complex material flows,” as CEO Steffen Bersch sums up.

For example, food safety and security is one area in which SSI Schäfer has made a difference. Of all the food produced in the world, as much as 37 percent is believed to be wasted by poor packaging, storage, and handling. SSI Schäfer's solution has been to provide hardware and software solutions to supply companies which have allowed them to ramp up automation and to engineer processes with greater precision and speed. At the same time, automated packaging, storing, and handling result in less damage and waste.

Agriculture itself is a major contributor to greenhouse gases in the atmosphere. By changing the model of agriculture, such as the development of automated vertical farms close to cities, SSI Schäfer technology seamlessly integrates with its partners' infrastructure to reduce the amount of water and fertilizer used to grow plants, cutting food miles and guaranteeing a secure future for food supplies to cities. Vertical farms, with a 25 square-meter footprint that annually yield the equivalent of almost two acres of farmland, are up to 400 times more efficient than traditional farming methods.

Across industries, intralogistics and logistics in general are growing in importance and becoming decisive factors of success for companies: SSI Schäfer's innovative predictive maintenance creates reliable and future-proof systems. Futureproofing includes resilience against climate change and unpredictable events, such as the Covid-19 pandemic, as well as adapting to future business needs.

Sustainability often means that a business does not change what it does – just how it does it. Taking the opportunity to analyze every single process to find new efficiencies through each stage of a process can give a huge competitive and sustainability advantage to the companies that use this technology.

By driving efficiency in tandem with sustainability, SSI Schäfer is playing a key role in facilitating industries and partners that are finding ways to remain viable and profitable even as they are tackling the changing climate.











# **Optimierung von Fahrerlosen Transportsystemen und deren Energieeffizienz durch Multi-Parameter-Optimierung**

M. Sc. Domenik Prims



## M. Sc. Domenik Prims

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

## Optimierung von Fahrerlosen Transportsystemen und deren Energieeffizienz durch Multi-Parameter-Optimierung

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

SIEMENS



## Gliederung

1. Persönliche Vorstellung
2. Vorstellung Siemens Logistics

### Intermezzo zur Terminologie

3. Bedeutung von Fahrerlosen Transportsystemen für die Logistik
4. Simulation von Fahrerlosen Transportsystemen
5. Multi-Parameter-Optimierung: Use-Case „Autonome Gepäcksortierung“
6. „Das beste kommt zum Schluss!“

## Vorstellung

### M. Sc. Domenik Prims



## Vorstellung

## Siemens Logistics GmbH



Hauptsitz in Konstanz,  
Deutschland

100 % Tochtergesellschaft  
der Siemens AG

zusätzliches Headquarter  
in Dubai für Flughafen,  
Cargo und Häfen



Umfangreiches Portfolio:

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



Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Prims



Weitere Informationen zu Siemens Logistics unter:  
[www.siemens-logistics.com](http://www.siemens-logistics.com)



## Übersicht zu existierenden Abkürzungen

VDI 2510		DEUTSCH	
<b>FTF</b> Fahrerloses Transportfahrzeug	<b>FTS</b> Fahrerloses Transportsystem		
<b>AGV</b> Automated Guided Vehicle	<b>AGVS</b> Automated Guided Vehicle System	<b>AMR</b> Autonomous Mobile Robot	<b>QR Bot</b> Quick Response Robot
		<b>AIV</b> Autonomous Intelligent Vehicle	
			ENGLISCH

### VDI 2510 – „Fahrerlose Transportsysteme (FTS)“

- Deutsch: „FTS - Fahrerlose Transportsysteme“/Englisch: „Automated Guided Vehicle Systems“
- Deutsch: „FTF - Fahrerlose Transportfahrzeuge“/Englisch: „Automated Guided Vehicles“

### Unterschiede zwischen „AGV“ und „AMR“ (auch: „AIV“)<sup>1)2)</sup>

- AGVs benötigen Track (Farbstreifen, QR-Codes, Induktion etc.), AMRs nicht und sind dadurch wesentlich flexibler
- AMRs können dynamischen Hindernisse (Gegenstände/Menschen) ausweichen, AGVs nicht → dadurch sind AMRs besser geeignet für den Betrieb innerhalb von Bereichen, die für Menschen zugänglich sind
- Erweiterungsmöglichkeiten für AGV-Systeme sind eingeschränkt, weil Track-Infrastruktur erweitert werden muss
- Inbetriebnahme bei AMRs einfacher/günstiger, da keine Track-Infrastruktur installiert werden muss
- ...

### „QR Bots“

- Navigation der Fahrzeuge per QR-Code am Boden
- überwiegend kartesische Bewegung (Gitterbasierte Materialflusssysteme)
- Beispiele: Geek+, Amazon Robotics, Tompkins Robotics, GreyOrange, ...

### Quellen:

- 1) <https://aethon.com/agv-vs-amr-whats-the-difference/>
- 2) <https://www.mobile-industrial-robots.com/de/insights/get-started-with-amrs/agv-vs-amr-whats-the-difference/>

## „QR Bots“

Quelle: Youtube-Kanal CGTN (2017)<sup>1)</sup>

SIEMENS

Quelle:

- 1) <https://www.youtube.com/watch?v=jwu9SX3YPSk>

„Factory 56“ von Mercedes Benz in Sindelfingen



Quelle: Daimler<sup>1)</sup>

Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Prims

SIEMENS

„Factory 56“ von Mercedes Benz in Sindelfingen<sup>1)</sup>

- Investition: ~730 Mio. €
- mehr als 400 FTF im Einsatz
- Effizienzsteigerung um bis zu 25 % im Vergleich zur bisherigen S-Klasse-Montage
- FTF-Einsatz bringt Flexibilität hinsichtlich:
  - Anzahl produzierter Varianten (schneller Umstieg zwischen den Varianten)
  - Materialfluss
  - Produktionsvolumen
- „Zero Carbon Fabrik“ (vollständig CO<sub>2</sub>-neutral und mit einem deutlich reduzierten Energiebedarf)

Quelle:

1) <https://www.daimler.com/innovation/digitalisierung/industrie-4-0/eroeffnung-factory-56.html>

## Vorteile von Fahrerlosen Transportsystemen

- Hohe Flexibilität
- Hoher Automatisierungsgrad
- Effizienter Energieverbrauch
- Skalierbarkeit
- Schnelle Inbetriebnahme
- Verfügbarkeit

⇒ Und weil Fahrerlose Transportsysteme so viele Vorteile haben, steigt der Umsatz Jahr für Jahr ...



### Hohe Flexibilität

- Kombination mit kreuzendem Verkehr möglich (Personen, Flurförderzeuge etc.)
- Sonderbehandlung von Ladungen mit Priority-Status möglich (Bsp.: „Last-Minute-Bags“ am Flughafen)
- Anpassung der FTF-Anzahl an den benötigten Durchsatz
- Warehousing beansprucht diese Flexibilität immer mehr durch ständige Änderungen bei den Prozessen, Produkten und Distributions-Kanälen

### Hoher Automatisierungsgrad

- Corona-Pandemie hat gezeigt, dass hoher Automatisierungsgrad unabhängig macht
- für viele Tätigkeiten Personal schwer zu bekommen, da schwere Arbeit

### Effizienter Energieverbrauch

- AGV-Einsatz nur, wenn Transportauftrag vorliegt → dadurch zielgerichteter Energieverbrauch
- Einsatz von Fördertechnik bei langen Strecken und niedrigen Durchsätzen teurer als AGV-Einsatz

### Skalierbarkeit

- Temporäre Anpassung der AGV-Anzahl (Bsp.: temporäre Durchsatz-Spitzen zur Weihnachtszeit in der Paket-Branche)
- Dauerhafte Anpassung der AGV-Anzahl (Bsp.: dauerhafte Erhöhung des Systemdurchsatzes eines Flughafens durch gestiegene Fluggastzahlen)

### Schnelle Inbetriebnahme

- Im Vergleich zu klassischer Gurtfördertechnik überschaubare Hardware: Fahrwege (QR-Code, Farbband, Induktion etc.), Fahrzeuge, Ladesäulen-Infrastruktur, Übergabestellen, ggf. Erkennungstechnik

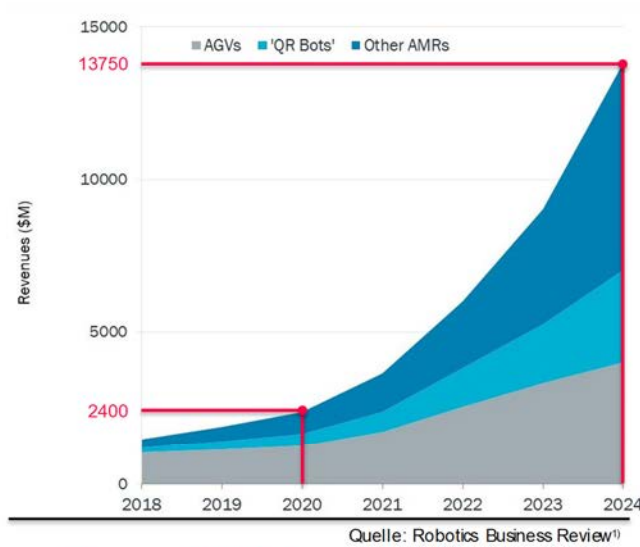
- Kürzere IBN-Zeiten als bei der Installation von klassischer Gurtfördertechnik (v. a. bei AMRs)

#### Verfügbarkeit

- Gewährleistung der Verfügbarkeit durch Austausch eines defekten FTF  
Umfahrung von liegen gebliebenen FTF durch „virtuelle Bypässe“, wenn freie Navi



## Interact Analysis Market Report



### Zusammenfassung<sup>2)</sup>

- 45 % Umsatzanstieg bei AMRs in 2020
- 11 % Umsatzanstieg bei AGVs in 2020
- \$9B AMR-Umsatz für 2024 erwartet<sup>3)</sup>

### Treiber sind u. a.:

- Immer mehr Flexibilität benötigt
- HW wird immer billiger
- FTF werden immer besser (schneller, flexibler, zuv. erlässiger, sicherer etc.)
- Verbesserungen bei „peer-to-peer“-Kommunikation (schnellere Drahtlosnetzwerke, bessere Clouds etc.)
- FTS sind „fancy“ (Prestige)

“(As a result of) the internet shopping boom due to the pandemic, e-commerce volumes have gone forward 5 years overnight which is leading to companies accelerating their automation plans. What companies were planning for 2024-2025 is happening now...”

(Ash Sharma, Managing Director, InteractAnalysis)<sup>3)</sup>

### Quellen:

- 1) <https://www.roboticsbusinessreview.com/wp-content/uploads/2020/09/Forecast-for-AGV-Bot-AMR-Revenues-to-2024-e1600872518224-768x621.jpg>
- 2) <https://www.interactanalysis.com/download/the-mobile-robot-market-2020-project/>
- 3) <https://www.roboticsbusinessreview.com/rbr/amrs-for-logistics-reaches-9b-by-2024-a-10x-increase-over-2020-interact-analysis/>



FTF-Einsatz in der Gepäck- und Paketlogistik



[Vanderlande FLEET]<sup>1)</sup>



[Aurigo Baggage Dolly]<sup>2)</sup>



[Gaussin – Autonomer ULD-Transport]<sup>3)</sup>



[Solystic Soly]<sup>4)</sup>



[Tompkins Robotics t-Sort]<sup>5)</sup>



[Grey Orange FLEXO]<sup>6)</sup>



[SSI Schäfer WEASEL]<sup>7)</sup>



[Prime Vision Autonomous Sorting]<sup>8)</sup>

u. v. a. m.

Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Primis



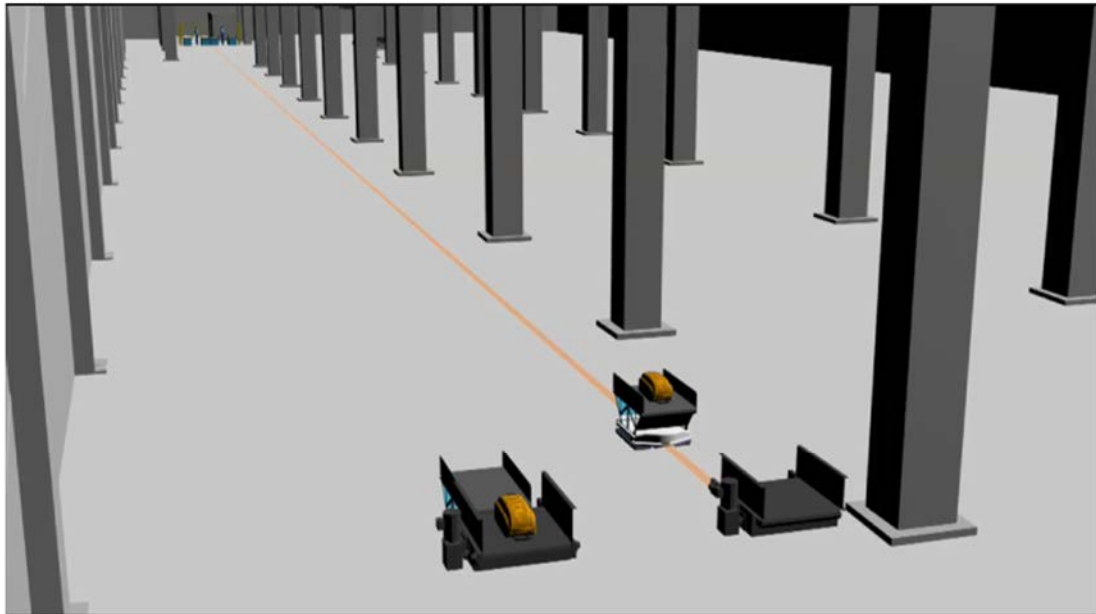
Es sind zahlreiche Lösungen zur Stückgut-Sortierung (Pakete, Gepäck, ULDs etc.) am Markt verfügbar.

- Nicht alle Firmen bieten einen eigenen Fleet-Manager an.
- Verwendung von bekannten Elementen aus der „klassischen“ Sortiertechnik als Lastaufnahmemittel (Bsp.: Kippschale, Quergurt etc.)

Quellen:

- 1) <https://www.vanderlande.com/de/flughafen/>
- 2) <https://aurigo.com/baggage-dolly/>
- 3) <https://itsupplychain.com/siemens-and-gaussin-enter-into-cooperation-on-airport-logistics-and-cargo-handling/>
- 4) <https://www.solystic.com/parcels-sorting-automation>
- 5) [https://www.materialhandling247.com/product/t\\_sort\\_robotic\\_sortation\\_system](https://www.materialhandling247.com/product/t_sort_robotic_sortation_system)
- 6) <https://www.neetwk.com/product/greyorange-flexo/>
- 7) <https://www.ssi-schaefer.com/en-at/products/conveying-transport/automated-guided-vehicles/fahrerloses-transportssystem-weasel-13716>
- 8) <https://www.primevision.com/autonomous-sorting-brought-to-life>

## FTS als Substitution von „klassischer“ Fördertechnik



Quelle: Siemens Logistics

Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Prims

SIEMENS

FTF lohnen sich schnell, wenn geringe Durchsätze auf langen Strecken transportiert werden.

- Deshalb kann es sich lohnen, die einzelnen Transportgüter zu Gebinden zusammenzufassen (Bsp.: Gepäcktransport innerhalb von ULDs).
- Der Be- und Entladungsprozess dieser Gebinde muss dabei als zusätzlicher Prozessschritt berücksichtigt werden.

## FTS als Konkurrenz zu „klassischen“ Sortiersystemen



Quelle: Youtube-Kanal Fraunhofer IML (2019)<sup>1)</sup>

Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Primis

SIEMENS

### FTF können sich aber auch für größere Durchsätze lohnen, wie der „Loadrunner“ vom Fraunhofer IML<sup>2)</sup> beweist:

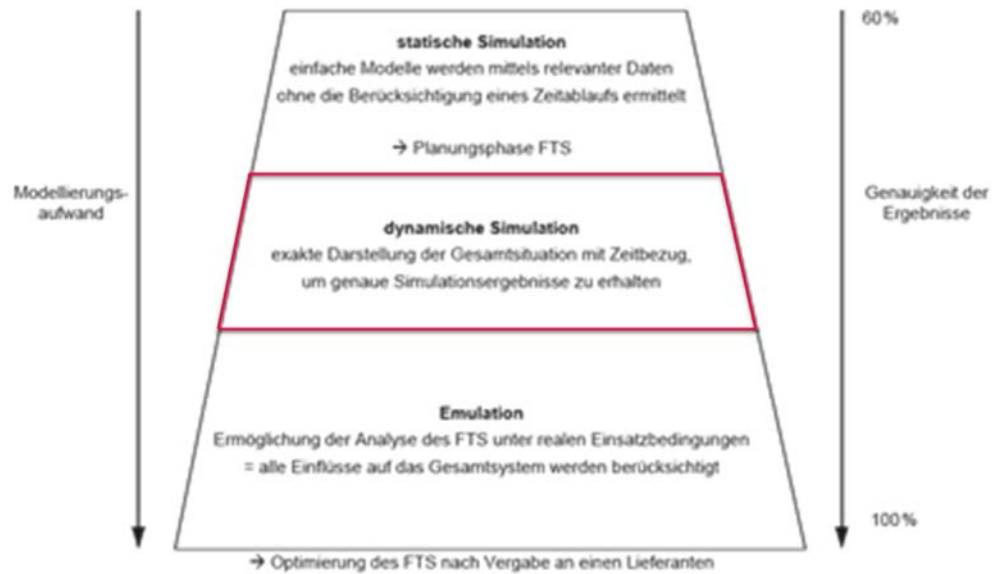
- 4 Antriebe mit je 3,6 kW
- omnidirektionale Navigation
- max. 30 m/s(!) Fahrgeschwindigkeit
- max. 6 m/s<sup>2</sup> Beschleunigung
- bis zu 16.000 Pakete pro Stunde Sortierleistung und damit in der Größenordnung von klassischen Sortiersystemen (Quergurtsorter, Kippschalensorter etc.)
- Reduzierung der Zykluszeiten durch „On-the-fly“-Gutaufnahme mit KAMM-LAM und trägheitsbasierte Lastabgabe
- kinodynamische Trajektorienplanung auf Basis von Splines (frei von Kollisionen und Deadlocks durch Berücksichtigung von Kinematik und Dynamik)
- virtuelle Kopplung einzelner FTF möglich
- modulare Größe durch Wabenform → physische Kopplung durch Magnete
- Open-Source-Betriebsplattform

#### Quellen:

- 1) <https://www.youtube.com/watch?v=hIAbmQ9kZOs>
- 2) <https://www.youtube.com/watch?v=qvgsijM5nDE>

### VDI 2710 BLATT 3:

### „Einsatzgebiete der Simulation für Fahrerlose Transportsysteme“



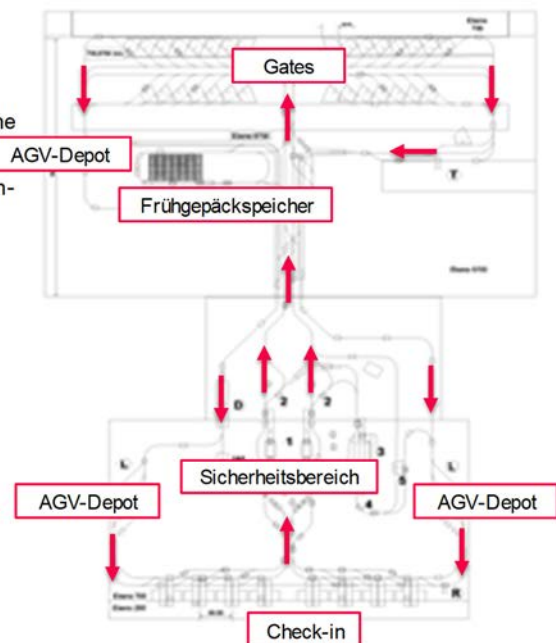
Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Prims

SIEMENS

### Use-Case „Autonome Gepäcksortierung“

#### Parameter für das Simulationsmodell:

- 3 AGV-Depots (jeweils 1 Depot pro Check-In Zone und ein Depot am Frühgepäckspeicher)
- 16 Quellen (Check-In) aufgeteilt in zwei Check-In-Zonen
- 3 Sicherheits-Level
- Frühgepäckspeicher mit 20 s Zykluszeit (Anzahl Lagerplätze hier irrelevant)
- 30 Senken (Gates)
- Flugplan mit 16 Flügen (Abfertigung von jeweils einem Flug pro Check-In) und 100 Koffern pro Flug
- Durchsatz: max. 800 Stück pro Stunde
- Simulationsdauer: 24 Stunden
- FTF-Geschwindigkeit: 3 m/s

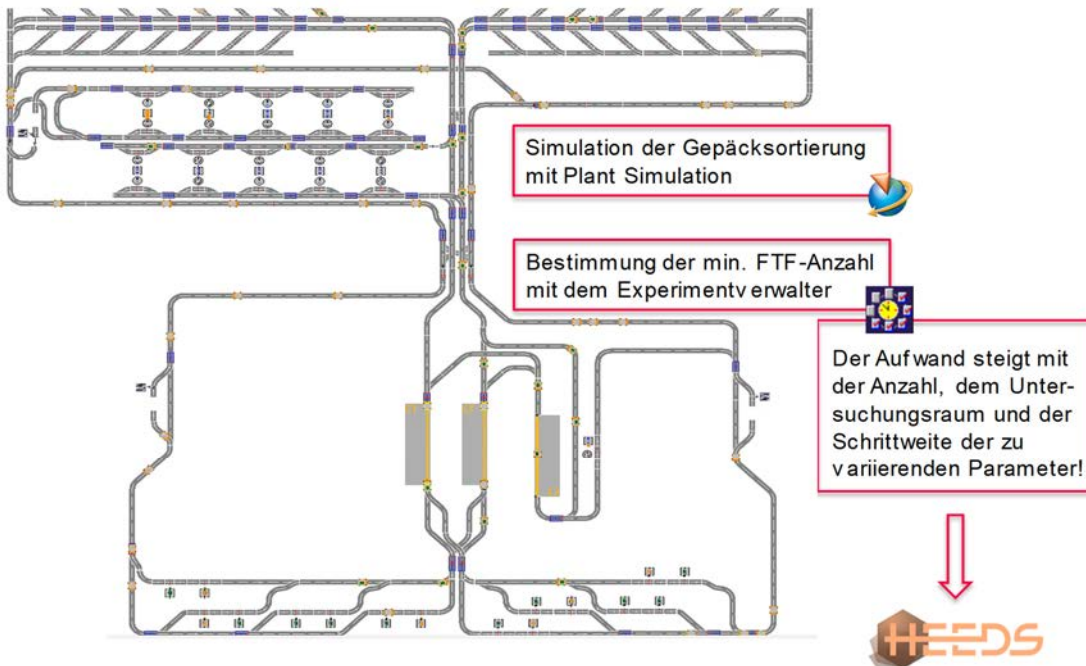


Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Prims

SIEMENS



Use-Case „Autonome Gepäcksortierung“



Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Prims

SIEMENS

Multi-Parameter-Optimierung: Use-Case „Autonome Gepäcksortierung“

Parametrierung mit

Kontroll-Variablen:

- FTF-Parameter (Geschwindigkeit, Beschleunigung etc.)
- FTF-Anzahl pro Depot
- Anzahl Parkplätze pro Depot
- Anzahl Ladestationen pro Depot
- Batteriesteuerung (Ladestrategie, Reservewert, Ladeschwellwert etc.)

➔ 13 Kontroll-Variablen in Summe

Optimierungsziele:

- Reduzierung der Anzahl von FTF und Ladestationen
- Reduzierung der Kosten

Randbedingungen:

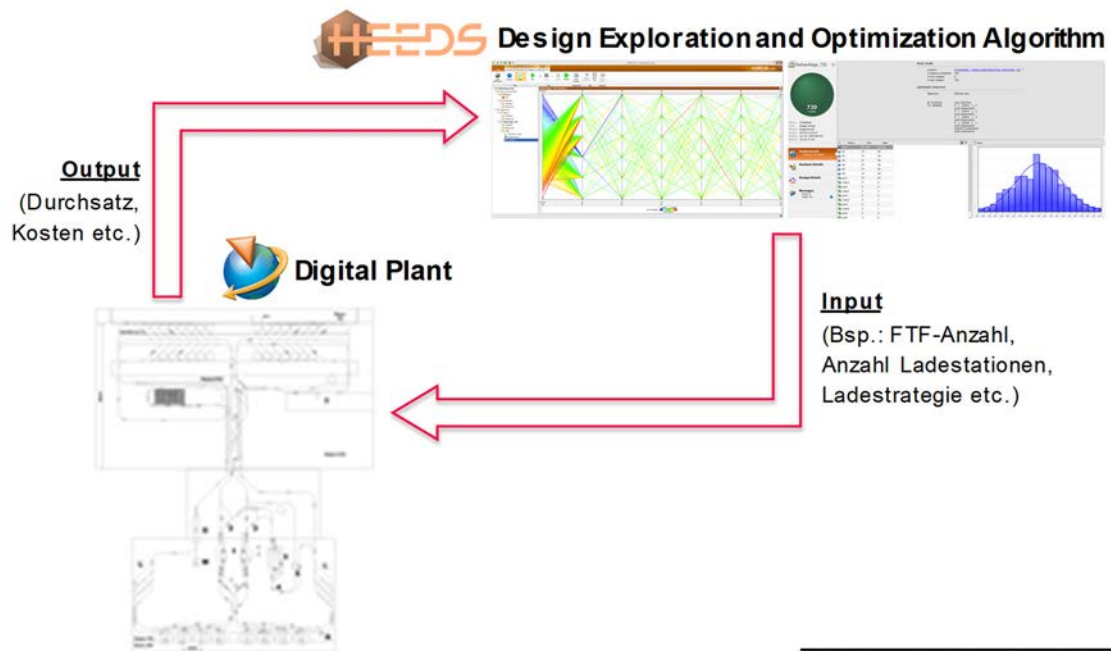
- Die Batterie eines FTF darf niemals leer sein.
- Jedes Depot hat mindestens so viele Parkplätze wie FTF.
- Die vordefinierte Transportanzahl muss erreicht werden.

Quelle: Forschungsjournal der Siemens AG unter Beteiligung von Siemens Digital Factory, Digital Industries und Siemens Logistics

Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Prims

SIEMENS

## Berechnungszyklus

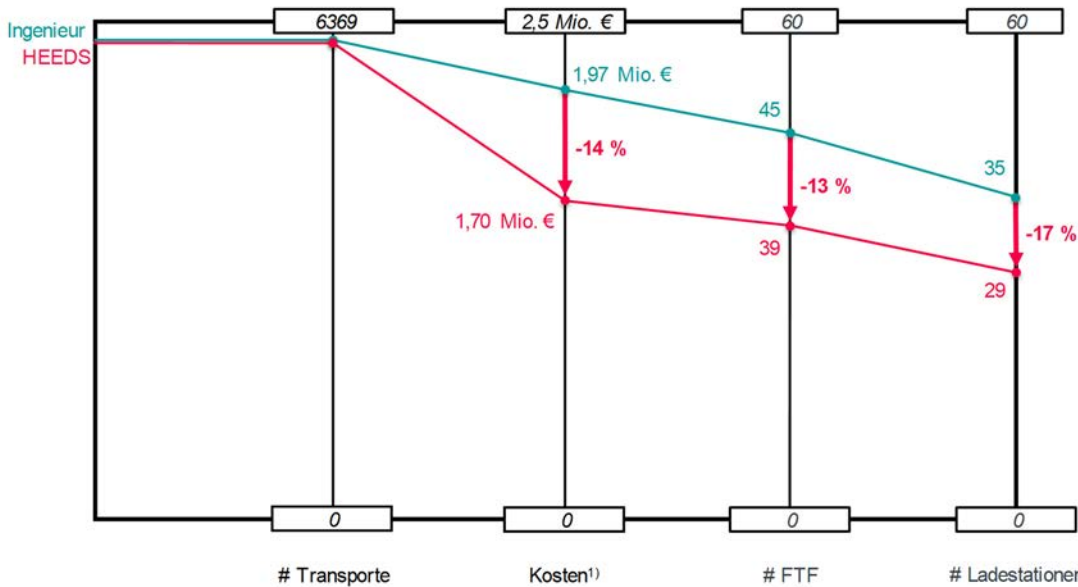


Quelle: Forschungsprojekt der Siemens AG unter Beteiligung von Siemens Digital Factory, Digital Industries und Siemens Logistics

Weitere Informationen zu HEEDS unter:  
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/de/products/simcenter/simcenter-heeds.html>



Simulationsergebnisse – Simulationsingenieur vs. HEEDS



<sup>1)</sup> Kosten inkl. HW-Anschaffung und Betriebskosten für das erste Jahr

Quelle: Forschungsprojekt der Siemens AG unter Beteiligung von Siemens Digital Factory, Digital Industries und Siemens Logistics

Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Primis



Untersuchung von 3 verschiedenen Szenarien:

- Szenario 1 (hier abgebildet)
  - Durchsatz: max. 800 Gepäckstücke pro Stunde
  - FTF-Geschwindigkeit: 3,0 m/s
  - FTF-Anzahl: 39
  - FTF-Ladestationen: 29
  - Gesamtkosten (HW-Anschaffung und Betriebskosten für das 1. Jahr): 1,70 Mio. €
- Szenario 2
  - Durchsatz: max. 800 Gepäckstücke pro Stunde
  - FTF-Geschwindigkeit: 1,5 m/s
  - FTF-Anzahl: 66
  - FTF-Ladestationen: 64
  - Gesamtkosten (HW-Anschaffung und Betriebskosten für das 1. Jahr): 2,96 Mio. €
- Szenario 3
  - Durchsatz: max. 1200 Gepäckstücke pro Stunde
  - FTF-Geschwindigkeit: 1,5 m/s
  - FTF-Anzahl: 98
  - FTF-Ladestationen: 67

Gesamtkosten (HW-Anschaffung und Betriebskosten für das 1. Jahr): 4,25 Mio. €

## Zusammenfassung der Optimierung mit HEEDS



Reduzierung der FTF-Anzahl um 13 Prozent



Reduzierung der benötigten Ladestationen um 17 Prozent



Reduzierung der Gesamtkosten um 14 Prozent



Identifizierung von Zusammenhängen bei der Batteriesteuerung



Effiziente Suche nach der optimalen Systemkonfiguration

Quelle: Forschungsprojekt der Siemens AG unter Beteiligung von Siemens Digital Factory, Digital Industries und Siemens Logistics

Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Prims

SIEMENS

## „Das beste kommt zum Schluss!“

## LogiMAT Showcase 2020



Quelle: Siemens Logistics<sup>1)</sup>

Logistikwerkstatt Graz am 24. November 2020  
M. Sc. Domenik Prims

SIEMENS

Weitere Informationen zum virtuellen Siemens-Messestand der LogiMAT 2020 unter:  
<https://new.siemens.com/global/de/unternehmen/messen-events/logimat.html>

---

Quelle:

- 1) <https://www.siemens-logistics.com/de/presse-und-medien/pressemitteilungen/siemens-virtuelle-logimat-2020-messe>







# Graz Backstage

Dipl.-Ing. Michael Hieslmair, Dipl.-Ing. Dr. Michael Zinganel



Dipl.-Ing.

## Michael Hieslmair

- Architekt, Künstler und Kulturhistoriker in Wien
- Mitbegründer und Vorstand der Forschungsplattform Tracing Spaces

Dipl.-Ing. Dr.

## Michael Zinganel

- Architekt, Künstler und Kulturhistoriker in Wien
- Mitbegründer und Vorstand der Forschungsplattform Tracing Spaces

## Graz Backstage

---

### **Abstract:**

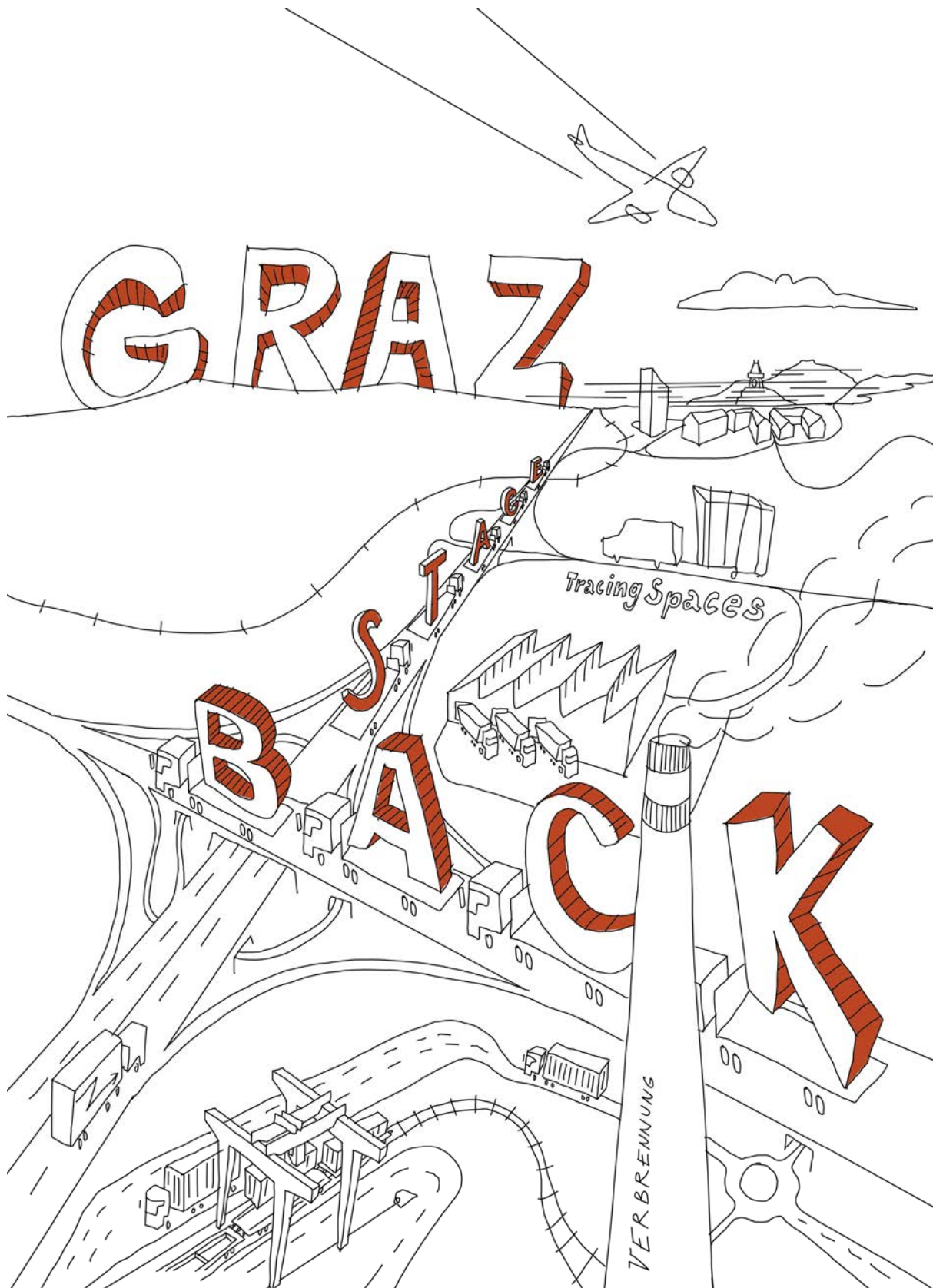
Graz Backstage ist ein wissenschaftliches und künstlerisches Forschungs- und Ausstellungsprojekt über den analogen Stoffwechsel einer Stadt und die Mobilitätsströme an Gütern und Personen, die sie durchziehen. Betrachten wir diesen näher dann lässt sich „Stadt“ NICHT auf das Territorium innerhalb ihrer politischen Grenzen reduzieren.

Graz Backstage untersucht die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der „Infrastrukturen“ zur Ver- und Entsorgung der Stadt: Verkehrskorridore, -netze, Flugverbindungen, Fahrzeuge aller Art, Güterumschlagplätze und Regelwerke, die den transnationalen Gütertausch regeln. Verteilerzentren werden dabei nicht als ein singulärer Ort oder auf ein einzelnes Gebäude reduziert wahrgenommen, sondern als weiträumiges Netzwerk miteinander in Beziehung stehender Verkehrswege und „Knoten“, ohne die „Stadt“ heute nicht mehr existieren kann. Zum anderen finden die komplexen voneinander abhängigen Prozesse zur Ver- und Entsorgung auch unmittelbar in der Stadt statt – tagtäglich rund um die Uhr, allerdings mehrheitlich von den Bewohner\*innen und Nutznießer\*innen aus der Wahrnehmung ausgeblendet oder verdrängt.

Trotz Logistik 4.0 sind es Menschen aus unterschiedlichsten sozialen Milieus, die diesen Warenaustausch organisieren, die Lagerhaltung optimieren, den Verkehr regeln, die Fahrzeuge steuern und die Waren aus- und einladen. Für diese Akteur\*innen stellen die vermeintlichen geschichtslosen Nicht-Orte an den Peripherien und ihre Satelliten in den Zentren jedoch Sinn stiftende, mit Geschichte(n) aufgeladene Lebenswelten dar.

In einem 3-stufigen Prozess werden reale historische und aktuelle Entwicklungen sowie auch Forschungen zur Zukunft, die mit individuellen Schicksalen, Lebensräumen und lokalen Firmengeschichten verknüpft sind, in partizipativen Workshops mit Expert\*innen des Logistik-Alltags recherchiert, kartographiert und projektiv in die Zukunft fortgeschrieben.

COVID-19 bedingt startet das Projekt mit Verzögerungen. In unserem Beitrag stellen wir die interdisziplinären Methoden vor, die zur Anwendung kommen sowie Ansätze ihrer Visualisierungen.



<https://tracingspaces.net/grazbackstage/>

**Abbildung:** Hieslmair & Zinganel | Tracing Spaces, Graz Backstage  
ein Projekt im Rahmen von „Graz Unser Kulturjahr 2020–21“



## Keywords:

Infrastrukturen, Mobilitätsströme, Stoffströme, Stoffwechsel, Mapping, Kartographie, Lebenswelten

## Literatur (Auszug)

Alle angeführten Publikationen sind in Co-Autorenschaft bzw. -Herausgeberschaft von Michael Hieslmair und Michael Zinganel entstanden

- [1] Stop and Go. Nodes of Transformation and Transition, Sternberg Press 2019, <https://tracingspaces.net/book-launch-in-berlin/>
- [2] Road\*Registers. Aufzeichnungen mobiler Lebenswelten, Ausstellungskatalog, Akademie der Bildenden Künste Wien, Wien 2017 <https://tracingspaces.net/road-registers/>
- [3] dérive - Zeitschrift für Stadtforschung, No.63/ 2016, Schwerpunkt: Korridore der Mobilität - Knoten, Akteure, Netzwerke <http://www.derive.at>
- [4] Stop and Go. Investigating Nodes of Transformation and Transition, in: Kevin Hannam, Aslak Aamot Kjaerulff, Sven Kesselring, Peter F. Peters (Hg.): Envisioning Networked Urban Mobilities: Art, Performances, Impacts (Networked Urban Mobilities Series) (Volume 3) Routledge, London 2017, S. 96–108.
- [5] Mobilitätserfahrungen und Grenz-Infrastruktur. Bus-Stop Nickelsdorf 2015, eine Bestandsaufnahme, in: ›mcsj‹ Mobile Culture Studies. The Journal, Vol. 2 2016, S. 157–164. <http://unipub.uni-graz.at/mcsj>, <https://tracingspaces.net/bus-stop/>

## **Autoren - Partner:**

### *Initiatoren und Projektleiter:*

Michael Hieslmair und Michael Zinganel, Architekten, Künstler und Kulturhistoriker in Wien, Mitbegründer der Forschungsplattform Tracing Spaces, die in transdisziplinären Projekten Wechselwirkungen von (Massen-)Tourismus, Migration, Mobilität wie Logistik und Raumentwicklung untersucht: u. a. „Holiday after the Fall – Seaside Architecture and Urbanism in Bulgaria and Croatia“ (2012-15) und „Stop and Go: Nodes of Transformation and Transition“ (2014-16) Raumproduktion und -Aneignung entlang der Verkehrskorridore zwischen Ost- und Westeuropa. Seit 2015 arbeiten sie am und über den Wiener Nordwestbahnhof, dem letzten innerstädtischen Logistik-Knoten, der demnächst einem neuen Stadtteil weichen wird müssen.

### *Projektpartner\*innen aus der Wissenschaft:*

Ulrich Ermann, Professor für Humangeographie und Leiter des Grazer Instituts für Geographie und Raumforschung  
Christian Landschützer, Professor am Institut für Technische Logistik / TU Graz  
Johanna Rolshoven, Leiterin des Instituts für Kulturanthropologie und Europäische Ethnologie an der Universität Graz  
Justin Winkler, Musikwissenschaftler und Humangeograph  
Danko Simic, Universitätsassistent am Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz

### *Kooperationspartner\*innen aus dem Kulturbetrieb:*

HDA, Haus der Architektur Graz, Beate Engelhorn, Geschäftsführerin  
Radio Helsinki, Graz

### *Projektpartner\*innen aus der Wirtschaft*

Cargo Center Graz  
Post AG, Logistik  
Saubermacher Dienstleistungs AG  
SERVUS, Holding Graz & Saubermacher  
SPAR, Logistik

Mehr zu unseren Projekten unter:

<https://tracingspaces.net>