



## Energiebedarf und Effizienz in der Intralogistik



**Energiebedarf und Effizienz  
in der Intralogistik  
Logistikwerkstatt Graz 2018  
24. – 25. Mai 2018**

**Editor:**

Institut für Technische Logistik, Technische Universität Graz  
Christian Landschützer  
Michael Schedler

**Layout:**

Katja Lindenthal

**Editorial Office:**

Christian Landschützer

**Print:**

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

© 2018 Verlag der Technischen Universität Graz  
[www.ub.tugraz.at/Verlag](http://www.ub.tugraz.at/Verlag)

Energiebedarf und Effizienz  
in der Intralogistik  
(Logistik Werkstatt Graz; ISSN: 2411-3735)

**ISBN print:** 978-3-85125-595-9  
**ISBN E-Book:** 978-3-85125-596-6  
**DOI:** 10.3217/978-3-85125-595-9



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



## **Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer unserer Logistikwerkstatt Graz 2018!**

Es ist mir eine große Freude, Ihnen mit diesem Vorwort den sechsten Tagungsband unserer Konferenzreihe "Logistikwerkstatt Graz" vorlegen zu dürfen. Nach dem großen Erfolg des Vorjahres, wo die Logistikwerkstatt mit der 4th International Physical Internet Conference vereint war und wir an drei Tagen in Graz 300 Teilnehmerinnen und Teilnehmer begrüßen durften, findet heuer die Konferenz wieder im gewohnten zweitägigen Rahmen statt. Die Schriftenreihe des Tagungsbandes hat sich auch zu einem Kommunikationsorgan des Institutes entwickelt, und so erschien heuer erstmalig auch ein Werk außerhalb der Tagungsbände - die Habilitationsschrift "Methoden und Beispiele für das Engineering in der Technischen Logistik". Mit der Fortsetzung dieser Aktivitäten ist für heuer mindestens noch eine Dissertationspublikation aus dem Umfeld des Konferenzthemas geplant.



Das Programm der Edition 2018 folgt wieder unserem Konferenzmotto "Wissenschaft trifft Wirtschaft" und es ist gelungen, 16 namhafte Vertreterinnen und Vertreter beider Welten als Vortragende zu gewinnen. Das Leitthema „Leistungsfähigkeit, Energiebedarf und Effizienz in der Logistik“ bewegt die Branche schon seit vielen Jahren und hat zu namhaften Forschungsergebnissen, Produktverbesserungen und Innovationen geführt. Mit dem steten Wachstum im Logistiksektor und knapper werdenden Ressourcen, mit denen wir zusehends effizienter umzugehen lernen, sind alle mit Logistiktechnik befassten Verantwortlichen gefordert, verantwortlicher, effizienter aber gleichzeitig auch leistungsfähiger zu werden. Natürlich spielen dabei auch ökologische Aspekte nach Nachhaltigkeit eine große Rolle, um unsere Welt hoffentlich besser zu hinterlassen, als wir sie vorgefunden haben.

Die drei Themenblöcke des heurigen Jahres

1. Effiziente Logistik von heute
2. Physical Internet – a solution for efficient logistics?!
3. Energiebedarf und -effizienz in der Intralogistik

versuchen diese Herausforderungen aufzugreifen und Lösungen aus Forschung und Produktentwicklung aufzuzeigen. Im Rahmen neuer Regelwerke und Vorgehensmodelle, wie bspw. F.E.M. 9.865, existieren zunehmend Handlungsempfehlungen, deren Anwendung vieles ermöglicht und gleichzeitig Spielraum zur Interpretation offen lässt. Was könnte also besser geeignet sein für eine Veranstaltung, die den Namen "Werkstatt" in sich trägt, als das Festmachen an eben diesen diversen Spielräumen, um die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit den Referentinnen und Referenten in fruchtbaren Diskussionen zusammenzubringen um die gewonnenen Erkenntnisse in die Fachwelt hinauszutragen.

Folgt man Pressemeldungen, Konferenzthemen und Berichterstattung von logistischen Erfolgserlebnissen, stößt man unweigerlich auf den Trend der Digitalisierung. Polemisch formuliert möchte man gar schon meinen, dass mittlerweile Software alleine die logistischen Güter bewegt, um "Die sieben R der Logistik" zu erfüllen. Natürlich ist der Nutzen der Digitalisierung unleugbar, und mittlerweile gewohnte logistische Höchstleistungen wären ohne volldigitale Vernetzung nicht mehr denkbar. Die Seite der Gerätetechnik als Hardware, derer sich die Konferenz unablässig annimmt, ist doch in der Wahrnehmung nach hinten geraten und die physischen Geräte, Maschinen und Systeme werden in vielen logistischen Denkansätzen als einfach funktionierend hingenommen.

Das Aufzeigen des Potenzials der Optimierung und Neugestaltung von Logistiktechnik ist seit jeher die Mission der Logistikwerkstatt und bietet allen technischen Themen der Logistik eine Plattform. Durch die Hinzunahme des Themenbereichs "Physical Internet" findet eine zunehmende Internationalisierung unserer Konferenz statt. Die diesjährigen Vorträge beginnen mit einer Systemsicht, sparen den Bereich Software nicht aus und vertiefen technische Details rund um Stückgutfördertechnik. Mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus Wissenschaft und Industrie ist schon aus jetziger Sicht ein spannender Diskurs zu erwarten, sind doch alle vier namhaften österreichischen Intralogistikhersteller bei uns vertreten.

Es ist und bleibt die Vision unseres Instituts für Technische Logistik, die Belange der Logistiktechnik hochzuhalten, neue Erkenntnisse aufzuzeigen und diese breit zu diskutieren. Die hier abgedruckten Beiträge sollen auch dem/der nicht anwesenden geeigneten Leserin bzw. Leser einen Einblick eröffnen und die Teilnehmerinnen und Teilnehmer beim aktiven Zuhören unterstützen. Gemeinsam mit der Nachlese in den Publikationen unserer Medienpartner hoffen wir hiermit, einen modernen und bewegenden Einblick in die Technik der Logistik zu transportieren.

Mit einem herzlichen Dank an alle, die unsere Veranstaltung ermöglichen, wozu ich die Sponsoren, die aktiven und passiven Teilnehmerinnen und Teilnehmer mein Team und den Verein Netzwerk Logistik zähle, grüßt Sie herzlich aus Graz

Christian Landschützer

Assoc.Prof. DI Dr.techn.

Herausgeber der Schriftenreihe "Logistik Werkstatt Graz"



## Sponsoren



**KNAAPP**

The logo for KNAAPP features the brand name in a bold, black, sans-serif font. A yellow triangle is positioned between the 'A' and 'P' characters. The text is centered between two horizontal grey bars.

**TEW**  
LIVING LOGISTICS

The logo for TEW Living Logistics consists of the letters 'TEW' in a bold, black, sans-serif font. The 'E' is filled with red vertical lines. To the left of the letters are four vertical black bars of varying heights. Below the main text, the words 'LIVING LOGISTICS' are written in a smaller, black, sans-serif font.

**JUNGHEINRICH**  
Machines. Ideas. Solutions.

The logo for Jungheinrich features a red arrow pointing upwards and to the right, followed by the brand name 'JUNGHEINRICH' in a bold, black, sans-serif font. Below the brand name, the tagline 'Machines. Ideas. Solutions.' is written in a smaller, black, sans-serif font.

bm vit

The logo for bm vit features the letters 'bm' in a grey, sans-serif font, followed by a blue circle containing a white 'v' and a green circle containing a white 'it'.

**SSI SCHÄFER**

The logo for SSI Schäfer features the letters 'SSI' in a red, sans-serif font, followed by 'SCHÄFER' in a bold, black, sans-serif font. The entire logo is set against a yellow rectangular background.

## Unterstützer



2016 UMi 2018  
TWINN

The logo for UMi 2016-2018 TWINN is a circular emblem. It features the text '2016 UMi 2018' in a blue, serif font, with 'UMi' being the largest and most prominent. Below this, the word 'TWINN' is written in a smaller, blue, serif font. The entire text is enclosed within a thin blue circular border.

# Programm

## PROGRAMM

24. Mai 2018

<b>Empfang der Teilnehmer</b>	08:30
<b>Gesamtmoderation:</b> Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Landschützer, TU Graz	
<b>Eröffnung und Begrüßung</b> Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c.mult. Harald Kainz, Rektor der Technischen Universität Graz	09:00
<b>Themenblock 1: Effiziente Logistik von heute</b>	
<b>Auswirkungen der Elektromobilität auf den Betrieb von Logistikzentren</b> M.Sc. David Pflieger, Insitut für Fördertechnik und Logistik der Universität Stuttgart	09:30
<b>Smart Transport Optimization – industrielle Einsatzmöglichkeiten</b> DI Uwe Brunner   DI Johannes Dirnberger, BSc. Institut für Industriegewirtschaft der FH JOANNEUM Kapfenberg	09:55
<b>Mikrodepots und Lastenräder zur innerstädtischen Güterlieferung. Eine Betrachtung am Beispiel der Stadt Wien</b> Mag. Alexandra Anderluh, FI Supply Chain Management Wirtschafts Universität Wien (Vienna University of Economics and Business)	10:20
<b>Kaffeepause</b>	10:45
<b>Industrielle Energieeffizienz – Mythen, Wahrheiten, Lösungen</b> DI Dr Uwe Trattnig, Institut für Energie-, Verkehrs- u. Umweltmanagement der FH JOANNEUM Kapfenberg	11:00
<b>Themenblock 1 Werkstatt (offene Diskussion mit Moderation)</b> Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Landschützer, TU Graz	11:25
<b>Mittagspause</b>	12:15
<b>Themenblock 2: Physical Internet – a solution for efficient logistics?!</b>	
<b>KEYNOTE: PI</b> Prof. Eric Ballot, Centre de Gestion Scientifique - Mines Paris Tech	13:45
<b>protoPI</b> Martin Schwaiger, Satiamo GmbH	14:15
<b>Die Zukunft des Straßengüterverkehrs: digital, autonom, elektrisch</b> Franz Weinberger, MAN Truck & Bus GmbH	14:40
<b>Kaffeepause</b>	15:05
<b>Hungarian logistic landscape</b> Prof. Béla Illés, Institute of Manufacturing Science, University Miskolc	15:30
<b>Entscheidungsfaktoren bei Intralogistikinvestitionen</b> DI Dr. Martin Schmid, ECONSULT Betriebsberatungsges.m.b.H.	15:55
<b>Themenblock 2 Werkstatt (offene Diskussion mit Moderation)</b> DI Florian Ehrentraut, Institut für technische Logistik der Technischen Universität Graz	16:20
<b>Abfahrt Abendveranstaltung</b>	17:15
<b>Abendveranstaltung „Weinland Südsteiermark“</b>	18:00



# PROGRAMM 25. Mai 2018 Intralogistiktag

Empfang der Teilnehmer	09:00
<b>Themenblock 3: Energiebedarf und -effizienz in der Intralogistik</b>	
<b>KEYNOTE:</b> <b>Energiebedarf in der Intralogistik - die F.E.M. 9.865</b> Über die Möglichkeiten zur Optimierung der Energieeffizienz von Stückgutstetigförderer-Energieeffizienzrechner für Antriebssysteme DI Thomas Stöhr, Institut für technische Logistik, Technische Universität Graz	09:30
<b>Die Digitalisierung in der Intralogistik</b> DI Peter Totz, SSI Schaefer Graz	10:15
<b>Optimierung der Intralogistik in der fertigen Industrie durch Big Data</b> Bernhard Bauer MSc. Bsc., Technische Hochschule Deggendorf	10:40
<b>OSR Shuttle™ Evo – The new simplicity</b> DI Christoph Gailberger, KNAPP AG	11:05
<b>Kaffeepause</b>	11:30
<b>Trends in der Intralogistik</b> DI Markus Winkler, Product development TGW group	12:00
<b>Energieeffizienz am Beispiel Regalbediengerät</b> Andreas Rücker, M.Sc., Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, TU München	12:25
<b>Themenblock 3 Werkstatt (offene Diskussion mit Moderation)</b> DI Thomas Stöhr, Institut für Technische Logistik, Technische Universität Graz	12:50
<b>Mittagsimbiss</b>	13:45





## Inhaltsverzeichnis

1. Auswirkungen der Elektromobilität auf den Betrieb von Logistikzentren.....	1
<i>David Pflieger</i>	
2. Smart Transport Optimization – industrielle Einsatzmöglichkeiten.....	17
<i>Uwe Brunner, Johannes Dirnberger</i>	
3. Mikrodepots und Lastenräder zur innerstädtischen Güterlieferung.....	27
Eine Betrachtung am Beispiel der Stadt Wien	
<i>Alexandra Anderluh</i>	
4. Industrielle Energieeffizienz – Mythen, Wahrheiten, Lösungen.....	49
<i>Dr. Uwe Trattnig</i>	
5. Physical Internet: a focus on new results.....	61
<i>Prof. Eric Ballot</i>	
6. Proto-PI Prototyping a regional Physical Internet.....	79
<i>Martin Schweiger</i>	
7. Situation und Entwicklungstrends der Logistik in Ungarn.....	101
<i>Prof. Dr. Béla Illés</i>	
8. Entscheidungsfaktoren bei Intralogistikinvestitionen.....	119
<i>Martin Schmid</i>	
9. Energieeffiziente Intralogistik - Wie kann der Energiebedarf von Distributionszentren vergleichbar ermittelt werden?.....	133
<i>Jan van der Velden, Dr.-Ing. Meike Braun</i>	
10. Energiebedarf in der Intralogistik F.E.M. 9.865 - Rollen- und Bandförderer Über die Möglichkeit zur Optimierung der Energieeffizienz von Stückgutstetigförderer.....	151
<i>Thomas Stöhr, Ass.-Prof. Dr.techn. Norbert Hafner</i>	
11. Trends in der Intralogistik.....	185
<i>Markus Winkler</i>	
12. Optimierung der Intralogistik in der fertigenen Industrie durch Big Data.....	195
<i>Bernhard Bauer</i>	
13. OSR Shuttle™ Evo – The new simplicity.....	209
<i>C. Gailberger</i>	
14. Digitalisierung in der Intralogistik	
<i>Peter Totz</i>	
15. Energieeffizienz am Beispiel Regalbediengerät.....	137
<i>Andreas Rücker</i>	





# **Auswirkungen der Elektromobilität auf den Betrieb von Logistikzentren**

David Pflieger

## David Pflieger, M.Sc.

- Institut für Fördertechnik und Logistik / Universität Stuttgart
- wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Fördertechnik und Logistik; Uni Stuttgart
- Masterstudium Maschinenbau an der Universität Stuttgart

Universität Stuttgart  
Institut für Fördertechnik  
und Logistik

IFT

**Auswirkungen  
der Elektromobilität  
auf den Betrieb von  
Logistikzentren**

David  
Pfleger  
Universität  
Stuttgart

FELSeN

[totalia.com/petair]

Universität Stuttgart  
Institut für Fördertechnik  
und Logistik

IFT

## Agenda

1. Motivation und Ziele
2. Vorstellung des Projektkonsortiums
3. Projektstruktur
4. Erwartete Ergebnisse

# Kapitel 1

## Motivation und Ziele

### Motivation

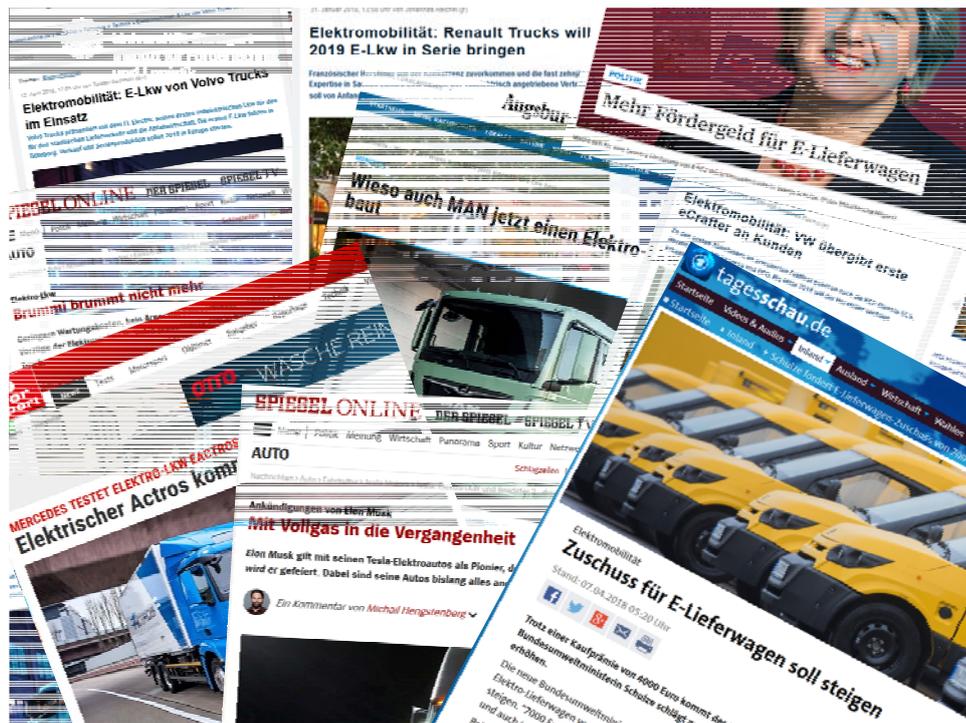
Fahrleistung von LKW in Deutschland 2016



Gesamte Fahrleistung



Fahrleistung in Städten  
und Metropolregionen  
(geschätzt)



## Motivation

### Elektromobilität in der Logistik

- Erste Serienfahrzeuge sind da und angekündigt
  - DHL / Deutsche Post: Streetscooter
  - VW eCrafter, MB eVito
  - 2018: MAN TGM
  - 2019: Renault Trucks, Volvo Trucks, MB eSprinter
  - 2021: MB Actros
  - usw.



**Welche Auswirkungen wird das auf die elektrischen Netze, besonders in Logistikzentren, haben?**

### Motivation

#### Energieverbrauch eines Logistikzentrums

- Ein Logistikzentrum mittlerer Größe mit einem durchschnittlichen Automatisierungsgrad verbraucht ca. 850.000 kWh Strom/Jahr
- Im Vergleich, ein typischer Haushalt verbraucht ca. 3.500 kWh/Jahr

#### Energiekosten in der Supply Chain

76 % Transportanteil	24 % Intralogistik
----------------------	--------------------

#### Energiekosten in der Intralogistik

48 % Förder-, Lager-, und Kommissioniertechnik	35 % Heizungs- und Lüftungskosten	15 % Beleuchtungs- technik	2 % Rest
---	--------------------------------------	----------------------------------	-------------

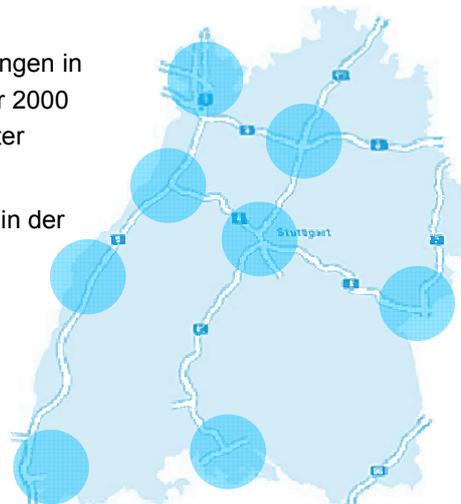
(Kramm/Vanderlande)

7

### Motivation

#### Logistik in Baden-Württemberg

- Rund 16 % der Logistikneansiedlungen in Deutschland erfolgten seit dem Jahr 2000 in Baden-Württemberg (Platz 3, hinter NRW 19 % und Bayern 23,5 %)
- Über 800 Intralogistik Unternehmer in der Region



8

## Motivation

### Weitere Fragestellungen

- Welche Flexibilisierungspotenziale sind innerhalb eines Logistikzentrums vorhanden?
- Inwiefern sind Logistikzentren geeignet, durch eine situative Anpassung deren Prozesse auf eine Kopplung mit E-Mobilität und erneuerbaren Energiequellen reagieren zu können?
- Welche Netzurückwirkungen werden solche Anpassungen auf die internen und externen Stromnetze des Logistikzentrums haben?
- Ist es möglich, diese Konzepte auf andere, ähnliche Arten von Logistikzentren zu übertragen?

9

## FELSeN

Flexible  
 Energieversorgung in  
 Logistikzentren zur Erbringung von  
 Systemdienstleistungen in  
 elektrische  
 Netze



- Projektlaufzeit: 30 Monate
- Fünf Arbeitspakete



10

## Ziele

- Messungsbasierte Charakterisierung der Verbrauchsprofile und Gleichzeitigkeitsfaktoren einzelner Geräte bzw. Prozesse im Logistikzentrum
  - Implementierung eines gekoppeltes Modells (elektrisch-logistisch) mit Berücksichtigung des elektrischen Verbrauches der logistischen Prozesse
  - Ermittlung der Flexibilisierungspotenziale eines Logistikzentrums mittels vorhandenen Steuerungsmöglichkeiten der logistischen Prozesse
  - Simulationsbasierte Analyse des Einflusses von E-Mobilität (ePKW und eLKW) auf die Auslastung des eigenen sowie des Versorgungsnetzes
  - Untersuchung der Flexibilisierung des elektrischen Bedarfs eines Logistikzentrums anhand der Kopplung der Konzepte
- Erstellung eines Leitfadens zur Flexibilisierung des Stromverbrauchs von Logistikzentren

11

Kapitel 2

## Vorstellung des Projektkonsortiums

## Projektkonsortium

- Geförderte Projektpartner:



- Assoziierte Partner



- Weitere Unterstützung von:



13

## Institut für Fördertechnik und Logistik

### Institutsvorstellung

Leitung:

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

Arbeitsgebiete:

- Seiltechnologie
- Materialflussentwicklung und Maschinenentwicklung
- Logistik



14

## Institut für Fördertechnik und Logistik

### Unsere zukunftsorientierten Forschungsfelder

#### SEILTECHNOLOGIE

Zerstörungsfreie Seilprüfung



Zerstörende Seilprüfung



#### MASCHINENENTWICKLUNG

Maschinenentwicklung - Rollenprüfstand



Mobile Montageinsel zur PKW Produktion



#### LOGISTIK

Simulation von Intralogistiksystemen



LernLager am IFT



15

## Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik

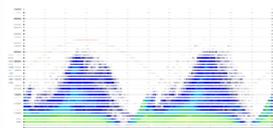
### Institutsvorstellung

Leitung:

- Prof. Dr.-Ing. Stefan Tenbohlen
- Prof. Dr.-Ing. Krzysztof Rudion

Arbeitsgebiete:

- Hochspannungstechnik
- Elektrische Energieübertragung
- Elektromagnetische Verträglichkeit, Elektromobilität



Teilentladungsmuster einer Gleitentladung



Vor-Ort-Messung an einem Transformator

16

## Häfele

### Unternehmensvorstellung



- international operierendes Unternehmen für Beschlagtechnik und elektronische Schließsysteme
- Seit 1923 in Nagold (Schwarzwald)
- 1.375 Mio. Euro Umsatz (2017),
- 7.600 Mitarbeiter weltweit, 1.600 Mitarbeiter in Deutschland
- Logistikzentrum in Nagold:
  - 53.000 m<sup>2</sup> Nutzfläche
  - 450 Mitarbeiter
  - 140.000 Lagerplätze davon 51.000 Palettenplätze
  - 32 Hochregallagergänge
  - 100 LKW's für Lieferung und Versand täglich
  - Stromverbrauch: 2.939.000 kWh (2014)



[Häfele]  
17

Kapitel 3

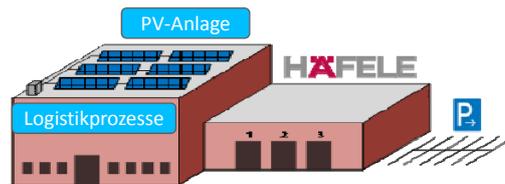
## Projektstruktur

**Projektstruktur**

Arbeitspaket 1



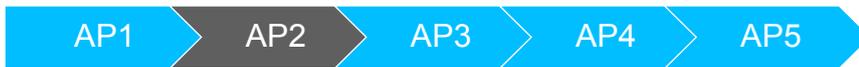
- Identifizierung relevanter Logistikprozesse
- Messung von relevanten Verbrauchern / Erzeugern
- Erfassung von Zeitreihen und Prozessabläufen
- Identifizierung des Ist-Zustandes



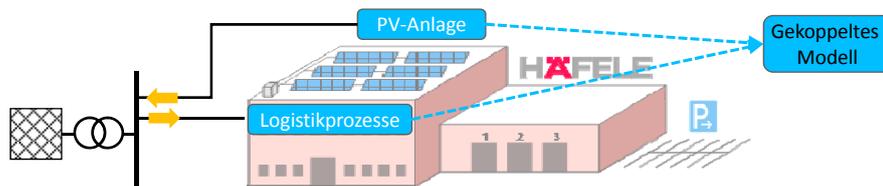
19

**Projektstruktur**

Arbeitspaket 2



- Modellierung des MS-Netzes und des internes Netzes
- Modellierung der logistischen Prozesse
- Kopplung der elektrischen und logistischen Modelle
- Bestimmung der Flexibilitätspotential der logistischen Prozesse



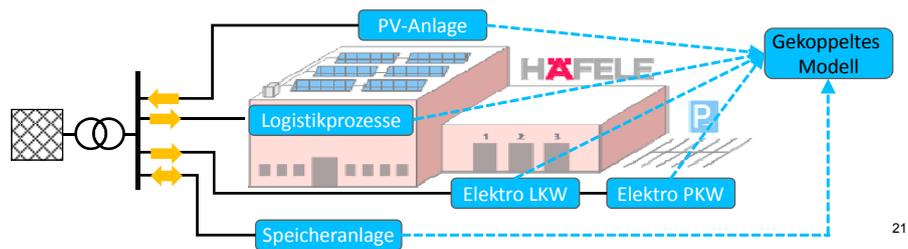
20

## Projektstruktur

### Arbeitspaket 3



- Einbindung von Elektromobilität (eLKW und ePKW) in das gekoppelte Modell
- Einbindung eines Batteriespeichers in das Konzept
- Aufbau eines elektrisch-logistischen Energiemanagementsystems

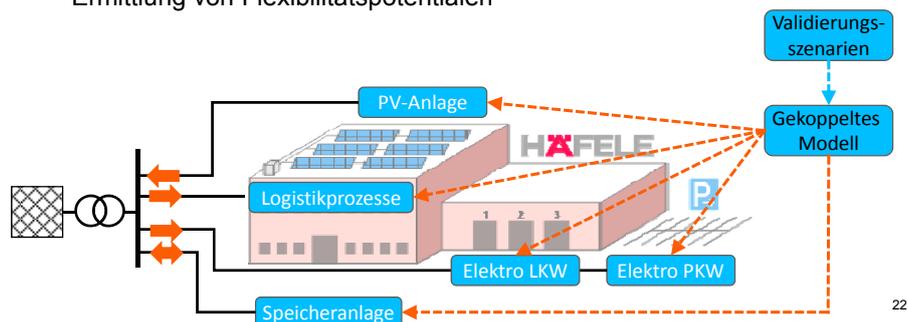


## Projektstruktur

### Arbeitspaket 4



- Definition und Aufbau von Szenarien zur Validierung der Konzepte
- Durchführung von Simulationen anhand der definierten Szenarien
- Ermittlung von Flexibilitätspotentialen

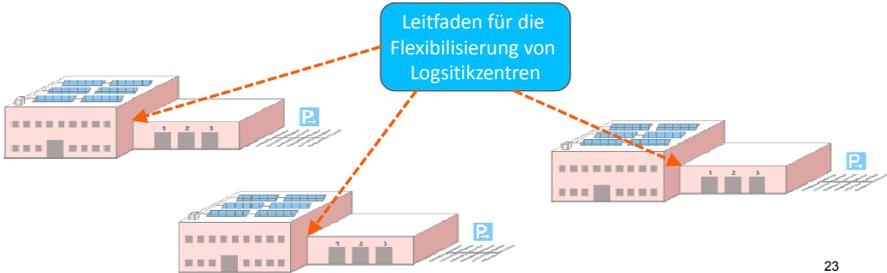


**Projektstruktur**

Arbeitspaket 5



- Leitfaden für die Flexibilisierung des Bedarfs von Logistikzentren
- Übertragung des Konzepts auf weitere Arten von Logistikzentren
- Zusammenfassung und Veröffentlichung der Ergebnisse



23

Kapitel 4

# Erwartete Ergebnisse

## Erwartete Ergebnisse

- Elektrisch-logistisch gekoppeltes Simulationsmodell mit einer Verknüpfung von logistischen Prozessen und deren Energieverbräuchen
- Ermittlung des Potentials eines Logistikzentrums zur Flexibilisierung des elektrischen Verbrauchs und deren netzdienlichen Einsatzes bezüglich:
  - Anpassung der logistischen Prozesse
  - [Netzintegration von Elektromobilität](#)
  - Integration von PV-Anlagen
  - Nutzung einer Batterie als Pufferspeicher
- Erstellung eines Leitfadens zur Flexibilisierung des Stromverbrauchs von Logistikzentren
- Verallgemeinerung der Ergebnisse auf andere, ähnliche Arten von Logistikzentren in Baden-Württemberg und darüber hinaus

25

## Vielen Dank!



David Pflieger, M. Sc.

E-Mail [david.pflieger@ift.uni-stuttgart.de](mailto:david.pflieger@ift.uni-stuttgart.de)

Telefon +49 (0) 711 685-83935

Fax +49 (0) 711 685-83769

Universität Stuttgart  
Institut für Fördertechnik und Logistik  
Holzgartenstraße 15 B  
70174 Stuttgart





# Smart Transport Optimization – industrielle Einsatzmöglichkeiten

Uwe Brunner, Johannes Dirnberger



## Dipl.-Ing.(FH) Uwe Brunner

- Wirtschaftsingenieurstudium Industrial Management / Industriewirtschaft
- Prüfung zum Ingenieurkonsulenten
- Sachverständiger und Gutachter
- Dozent (FH), Leiter Supply Chain Management Competence Center



## Dipl.-Ing. Johannes Dirnberger

- Double-Degree Management Engineering an der Universität in Udine
- Wirtschaftsingenieurstudium Industrial Management/Industriewirtschaft und International Industrial Management
- Researcher Supply Chain Management Competence Center, Institut und Transferzentrum Industrial Management

# Smart Transport Optimization – industrielle Einsatzmöglichkeiten



Uwe Brunner, Johannes Dirnberger | Industrial Management | iwi@fh-joanneum.at

FH JOANNEUM  
University of Applied Sciences

## Agenda

1

Aktuelle Herausforderungen in  
der Transportlogistik



*Dipl.-Ing. (FH) Uwe Brunner*  
Dozent (FH) für Logistik und Supply  
Chain Management,  
Leiter SCM Competence Center

2

Funktionen und Tools zur  
„Smart Transport Optimization“



*Dipl.-Ing. Johannes Dirnberger*  
Researcher Institut und Transferzentrum  
Industrial Management,  
Mitarbeiter SCM Competence Center

3

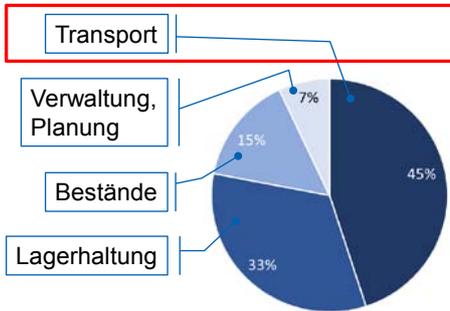
Conclusio

Uwe Brunner, Johannes Dirnberger | Industrial Management | iwi@fh-joanneum.at

FH JOANNEUM  
University of Applied Sciences

# Aktuelle Herausforderungen in der Transportlogistik

## Hohe Kosten (Logistikkosten in Europa, 2016)



Quelle: DVZ, n.d. Aufteilung der Logistikkosten in Europa im Jahr 2016 nach Kostenstellen. Statista. <https://de.statista.com>

## Trends, globale Entwicklungen

### Autonomes Fahren

- Neue Daten zur Steuerung der Liefer- & Transportzeiten
- Neue Jobprofile für LKW-Nutzer
- Bessere Lastverteilung und Kostenoptimierung

### Last Mile Konzepte

- Zunehmende Bedeutung durch steigenden eCommerce Markt
- Hohe Anzahl an Lieferungen mit geringen Liefergewicht und -volumen
- Bedeutungszuwachs innovativer Konzepte wie Mitnahmelogistik und Elektromobilität

### E-Mobilität

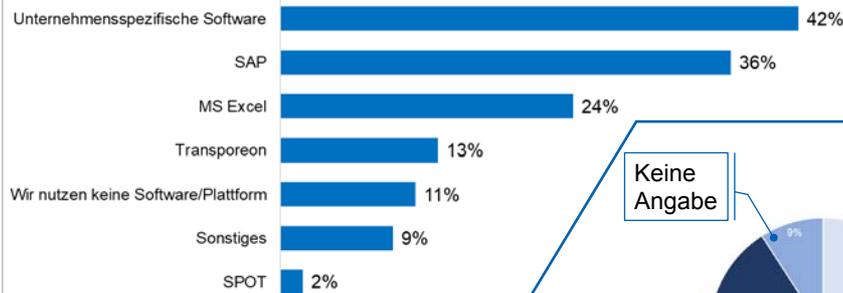
- Hubs in Vorstädten
- Umweltfreundlicher Lastwagen mit Elektro- oder Hybridantrieb
- Optimierte Planung und Steuerung der Hubs, der Touren- und Routenplanung sowie Planung der vorhandenen Transportkapazitäten

1

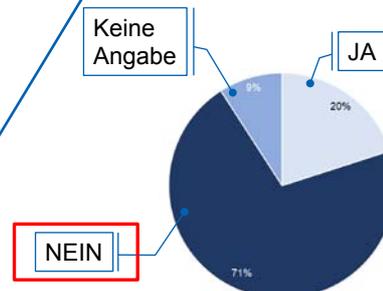
Uwe Brunner, Johannes Dirnberger | Industrial Management | [iwi@fh-joanneum.at](mailto:iwi@fh-joanneum.at)

Das Zwischenergebnis einer aktuellen Studie des Instituts Industrial Management impliziert das Potenzial in der Verbreitung digitaler Lösungen in der Logistik verladender Industrieunternehmen

## 1) Welche Software/Plattform nutzen Sie zur Planung Ihrer Transporte?



## 2) Setzen Sie in der Transportplanung Software zur Optimierung Ihrer Transportkosten ein?



n=55

1

Uwe Brunner, Johannes Dirnberger | Industrial Management | [iwi@fh-joanneum.at](mailto:iwi@fh-joanneum.at)

Zusammenfassend bedeutet dies, dass...

...die **Transportkosten** nach wie vor der Logistik-**Kostentreiber** schlechthin sind

...aktuelle **Herausforderungen** einer **optimalen Planung** von Routen, Transporten und Kapazitäten bedürfen

...Österreichs verladende Industrieunternehmen Nachholbedarf in Sachen digitaler Transportlogistik-Planung aufweisen

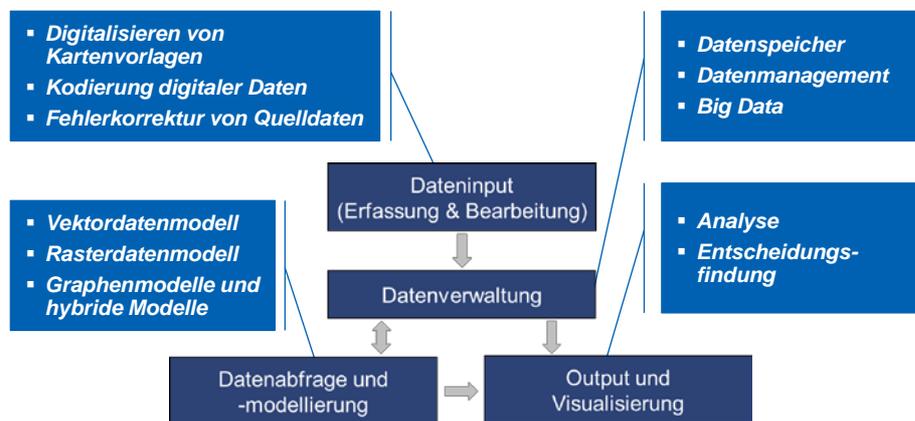
**→ Die Nutzung digitaler Geoinformationen leistet einen wichtigen Beitrag zur Optimierung der Transportkosten**

1

Uwe Brunner, Johannes Dimberger | Industrial Management | iwi@fh-joanneum.at

FH JOANNEUM  
University of Applied Sciences

Modularer Aufbau von GIS-Systemen



Quellen u. a.: DE BY, ROLF A. et al.: Principles of Geographic Information Systems: An introductory textbook, ITC, Enschede 2001. | HEYWOOD, IAN et al.: An introduction to Geographical Information Systems, 4. Auflage, Pearson Education Limited, Harlow 2011 | KAPPAS, MARTIN: Geographische Informationssysteme, Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann, Braunschweig 2011.

2

Uwe Brunner, Johannes Dimberger | Industrial Management | iwi@fh-joanneum.at

FH JOANNEUM  
University of Applied Sciences

## GIS Systeme als Grundlage smarterer Lösungen

- Geoinformationen sind eine wichtige Grundlage für die Umsetzung smarterer Konzepte wie **Smart Grids** oder **Smart Cities**
- Großes Potenzial beim Prozess der Digitalisierung: Daten liegen oft falsch oder gar nicht vor
- Neue Datenerfassungs-Methoden: Laserscanning, Drohnenvermessung oder Mobile-Mapping
- **Smarte Lösungen** durch Verknüpfung digitaler Geoinformationen mit Echtzeit-Sensor-Daten
- Entwicklung von GIS
  - Karten von überall abrufbar
  - Gesteigerte Nutzerfreundlichkeit
  - Frei zugängliche GIS

2

Uwe Brunner, Johannes Dirnberger | Industrial Management | iwi@fh-joanneum.at

## Nutzen von GIS in der Logistik

### Anwender

- Anbieter von Navigationssystemen
- Logistikdienstleister
- Frächter
- Transportplaner in Unternehmen
- Kommunalverwaltung

- Verschiedene Parteien können auf dasselbe Kartenmaterial zugreifen
- Hinzufügen von Zusatzinformationen auf Wegpunkten (Kunden) der Karte → z.B. Anlieferungszeiten
- Routenoptimierung durch die Einbeziehung von Echtzeitdaten über Verkehr und Wetter
- Ausbau von Infrastruktur (→ Straßennetz)

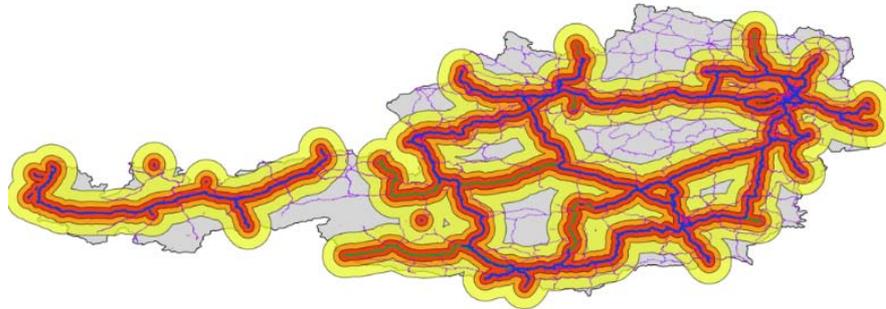
→ Beispiel Tourenplanung- und Optimierung bei der schweizerischen Post mittels ArcGIS Online

Quelle: [www.esri.de/branchen/gis-in-transport-und-logistik/logistik](http://www.esri.de/branchen/gis-in-transport-und-logistik/logistik)

2

Uwe Brunner, Johannes Dirnberger | Industrial Management | iwi@fh-joanneum.at

## Blaue Flecken in der österreichischen Straßenverkehrs-Infrastruktur



2

Uwe Brunner, Johannes Dimberger | Industrial Management | iwi@fh-joanneum.at



## Smarte Logistikoptimierung durch Nutzung digitaler Geoinformationen



### Standortplanung

- Netzwerkplanung unter Berücksichtigung von Haupt- und Nachlauf
- Berechnung auf Basis genauer Adressdaten



### Routenplanung- und Optimierung

- Optimale Kapazitätsauslastung
- Optimierung der Route nach verschiedenen Parametern (Kosten, Zeit...)



### Laderaumberechnung

- Frei nach eigenen Ladungsträgern konfigurierbar
- Optimale Kapazitätsauslastung

- Simultane Berücksichtigung von: Fahrzeugkosten, Mautkosten, Laderaum, höchstzulässiges Gesamtgewicht...
- Center of Gravity
- Alle Daten aus einer Datenbank abrufbar
- Usability → u.a. als Excel Add-In verfügbar
- Ganzheitliche Transportplanung

Quelle: [www.quantum-logistics.at/logistikplanung-in-excel/xcargo-version-5-1/](http://www.quantum-logistics.at/logistikplanung-in-excel/xcargo-version-5-1/) | [www.xcargo.de/de/neues-in-xcargo-version-52/](http://www.xcargo.de/de/neues-in-xcargo-version-52/) | [www.locom.com/2016/02/01/logistics-designer-3-0-neue-version-des-logistik-tools-verfuegbar/](http://www.locom.com/2016/02/01/logistics-designer-3-0-neue-version-des-logistik-tools-verfuegbar/)

2

Uwe Brunner, Johannes Dimberger | Industrial Management | iwi@fh-joanneum.at



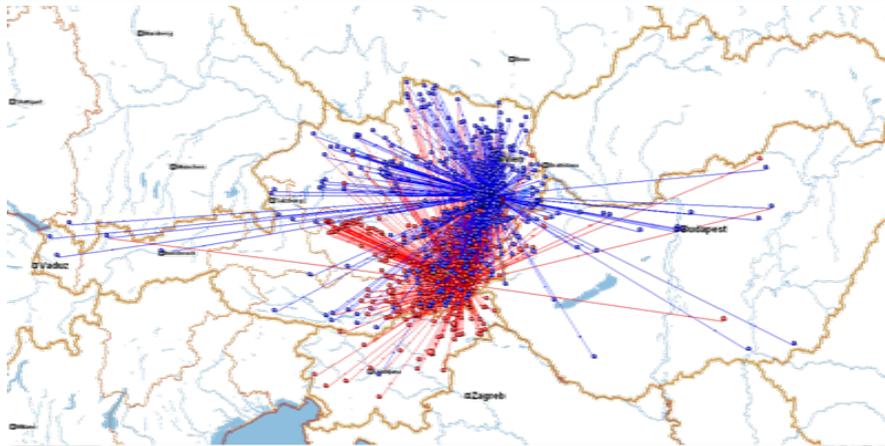
## Konkrete Anwendungsmöglichkeiten (1)

- Berechnungen über GPS-Daten, Adressdaten oder Postleitzahl und Ortschaft
- Berechnung von u.a.
  - Maut
  - Fahrtstrecke
  - Fahrzeit
- Regelmäßige Updates zu Mauttarifen- und strecken, Fahrzeugklassen und Kartenmaterial
- Unterschiedliche Darstellungen
  - Gebietsdarstellung
  - Isochrone Darstellung
  - Straßendarstellung
  - Warenbewegungen

Quelle: [www.quantum-logistics.at/logistikplanung-in-excel/xcargo-version-5-1/](http://www.quantum-logistics.at/logistikplanung-in-excel/xcargo-version-5-1/) | [www.xcargo.de/de/neues-in-xcargo-version-52/](http://www.xcargo.de/de/neues-in-xcargo-version-52/) | [www.locom.com/2016/02/01/logistics-designer-3-0-neue-version-des-logistik-tools-verfuegbar/](http://www.locom.com/2016/02/01/logistics-designer-3-0-neue-version-des-logistik-tools-verfuegbar/)

## Konkrete Anwendungsmöglichkeiten (2)

**Ein Praxisbeispiel zeigt das enorme Potenzial des Einsatzes digitaler Lösungen in der Logistik**



## Conclusio

- Zur Realisierung effizienter Logistikprozesse bedarf es eines gezielten Managements der Transportkosten
- Im Transportkostenmanagement ist es heutzutage unerlässlich digitale Geoinformationen in der Planung- und Optimierung der Transporte/Routen einzusetzen
- Aufgrund der noch geringen Verbreitung digitaler Transportoptimierungslösungen ist hier anzusetzen
- Die zusätzliche Einbeziehung von Echtzeit-Daten wie in etwa Wetter- oder Verkehrsdaten birgt hier künftig großes Potenzial
  - Steigerung der Effizienz im Transport
  - Grundlage für Optimierungen im Sinne von „Industrie 4.0“

3

Uwe Brunner, Johannes Dirnberger | Industrial Management | [iwi@fh-joanneum.at](mailto:iwi@fh-joanneum.at)FH JOANNEUM  
University of Applied Sciences

## Smart Transport Optimization – industrielle Einsatzmöglichkeiten

Uwe Brunner, Johannes Dirnberger | Industrial Management | [iwi@fh-joanneum.at](mailto:iwi@fh-joanneum.at)FH JOANNEUM  
University of Applied Sciences





**reviewed**

# **Mikrodepots und Lastenräder zur innerstädtischen Güterlieferung**

**Eine Betrachtung am Beispiel der Stadt Wien**

Alexandra Anderluh  
Vera Hemmelmayr  
Tina Wakolbinger



## Mag. Alexandra Anderluh

- Forschungsinstitut für Supply Chain Management; WU Wien
- Wissenschaftliche Projektmitarbeiterin und Dissertantin an der WU Wien
- Diplomstudium der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, Zweig Management Science
- Selbständige Innenarchitektin
- Entwicklung von mathematischen Modellen und Implementierung von Lösungsalgorithmen für komplexe Optimierungsprobleme im Bereich der nachhaltigen Logistik

## Mikrodepots und Lastenräder zur innerstädtischen Güterlieferung

### Eine Betrachtung am Beispiel der Stadt Wien

Alexandra Anderluh  
Vera Hemmelmayr  
Tina Wakolbinger

Graz - 24.05.2018



Die Präsentation zum Thema „Mikrodepots und Lastenräder zur innerstädtischen Güterlieferung – eine Betrachtung am Beispiel der Stadt Wien“ basiert auf den beiden vom Forschungsinstitut für Supply Chain Management der WU Wien durchgeführten Projekten „Einsatz von Lastenfahrern zur innerstädtischen Güterlieferung“ sowie „Mikrodepots in Wien“, die beide vom WU-Jubiläumsfonds der Stadt Wien gefördert wurden.

Das erste Projekt, das in der zweiten Jahreshälfte 2016 durchgeführt wurde, beschäftigte sich mit der Frage, inwieweit sich die Stadt Wien eignet, Güter mit dem Lastenrad zu transportieren, und wie Wien dabei im Vergleich zu München, Budapest und Kopenhagen abschneidet.

Das Folgeprojekt behandelt aktuell die Frage nach den Standorten der für die Lastenradzustellung erforderlichen Mikrodepots in der Stadt Wien.

## Zur Person

### Alexandra Anderluh

Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Forschungsinstitut für Supply Chain Management der WU Wien

### Vera Hemmelmayr

Assoziierte Professorin am Institut für Transportwirtschaft und Logistik der WU Wien

### Tina Wakolbinger

Universitätsprofessorin am Institut für Transportwirtschaft und Logistik und Leiterin des Forschungsinstituts für Supply Chain Management der WU Wien



**Mag. Alexandra Anderluh** beschäftigt sich in diversen Projekten mit Fragen der nachhaltigen Logistik aus quantitativer wie qualitativer Sicht. Darüber hinaus verfasst sie gerade ihre Doktorarbeit mit dem Titel „*Single- and multi-objective optimization problems in two-echelon urban networks*“, worin sie einen Fokus auf die Modellierung von komplexen Tourenplanungsproblemen im urbanen Umfeld legt.

**Assoz. Prof. PD Dr. Vera Hemmelmayr** ist Expertin für die Modellierung und Lösung von Optimierungsproblemen und beschäftigt sich mit Anwendungsfällen in der urbanen Logistik.

**Univ. Prof. Tina Wakolbinger, PhD.** adressiert in ihrer Forschung im Bereich der nachhaltigen Logistik Probleme mit einem Mix an quantitativen und qualitativen Methoden.

## Relevanz des urbanen Güterverkehrs

### Bevorzugung eines Lebens im städtischen Umfeld

- Junge Erwachsene aufgrund von Ausbildungs- und Jobchancen
- Ältere Generation wegen besserer Versorgungslage

### Erwartung von prompten Lieferungen bis zur Haustür

- Zunahme des Online-Shoppings auch von Produkten des alltäglichen Bedarfs
- Möglichkeit der Heimlieferung auch von im Geschäft vor Ort gekauften Waren

Obwohl die Urbanisierungsrate in Österreich mit 66,03% deutlich unter dem EU-Durchschnitt von 75,03% liegt (World Bank, o.D.), ist der Trend zum Leben in der Stadt auch hierzulande spürbar. Für junge Erwachsene sind es vor allem die Ausbildungs- und Jobchancen, die in der Stadt als besser angesehen werden, während die ältere Generation die bessere Versorgungslage in der Stadt, insbesondere auch was Pflegedienstleistungen betrifft, schätzt.

Die große und kontinuierlich steigende Zahl an in der Stadt lebenden Menschen erfordert auch eine entsprechend angepasste Versorgung mit Gütern und Dienstleistungen, was zu einer Zunahme des straßengebundenen Güterverkehrs in den letzten Jahren beiträgt (Europäische Union, 2017).

Dazu kommt außerdem der steigende Trend zu Online-Shopping, der dazu führt, dass vermehrt Güter in Kleinstmengen direkt nach Hause geliefert werden (Statista, 2018).

## Herausforderungen und Trends des urbanen Güterverkehrs

### Herausforderungen

- Verfügbarer Raum für den Gütertransport in der Stadt (Ladezonen)
- Zufahrtsbeschränkungen zu Stadtzentren, Umweltzonen
- Staus, Lärm, Emissionen

### Trends

- Alternative Technologien
  - Elektromobilität: Reichweite, Kosten
  - Autonom fahrende Lieferfahrzeuge/Drohnen: Akzeptanz, Kosten, Einsatzmöglichkeiten
- Kooperation und Konsolidierung

Der verfügbare Raum in Städten ist eine knappe Ressource, was sich für den straßengebundenen Güterverkehr neben der Überlastung der Straßen (Staus) insbesondere auch in der Knappheit geeigneter Ladezonen äußert. Durch Zufahrtsbeschränkungen oder auch die Einrichtung von Umweltzonen in bestimmten Stadtgebieten wird diese Problematik gerade für den konventionell motorisierten Lieferverkehr noch verschärft.

Auch die durch den konventionell motorisierten Verkehr verursachten Emissionen ebenso wie die Lärmbelastung stellen Problemfelder dar.

Insbesondere in letzterem Falle kann die Elektromobilität eine Erleichterung bieten, wobei nach wie vor höhere Anschaffungskosten sowie die begrenzte Reichweite und die Problematik der Ladeinfrastruktur als Hemmnisse angesehen werden (BVL, 2014). Auch autonom fahrende Lieferfahrzeuge oder Drohnen sind derzeit eine viel diskutierte Alternative, wobei aber die Einsatzmöglichkeiten und die Kosten sowie auch die Akzeptanz der Bevölkerung genau betrachtet werden müssen (BIEK, 2017). Aber auch die Kooperation von Beteiligten in der Lieferkette sowie das Konsolidieren von Gütern stellen eine Möglichkeit dar, den Herausforderungen des urbanen Güterverkehrs zu begegnen.

## Back to the roots



[https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Freight\\_bicycles?uselang=de#/media/File:Paris\\_Le\\_Boulevard\\_Voltaire.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Freight_bicycles?uselang=de#/media/File:Paris_Le_Boulevard_Voltaire.jpg)

WU

Andererseits sollte aber auch auf bereits altbekannte Alternativen in der Zustellung nicht vergessen werden.

Lastenräder waren bis etwa zur Mitte des 20. Jahrhunderts in Europas Städten ein typisches Transportmittel für verschiedenste Güter wie beispielsweise Brot, Milch oder Pakete, wie die Postkarte aus dem Paris der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zeigt.

## Lastenräder als Alternative

Emissionsfrei

Geräuscharm

Wendig, flexibel

Geringer Platzbedarf (auch Parken)

Einsatz in Zonen mit Zufahrtsbeschränkungen

Benutzung von alternativen Verkehrswegen

Großes Verlagerungspotential von konventionellem  
Gütertransport in Städten



<http://www.larrysharry.com/buyers-guide>



<http://www.radkutsche.de/muskebox.html>

WU

Lastenräder zeichnen sich insbesondere durch Emissionsfreiheit, zumindest was im Falle eines E-Lastenrads die direkten Emissionen betrifft, Geräuscharmheit und Wendigkeit sowie den geringen Platzbedarf sowohl auf der Straße als auch beim Parken aus. Letzteres ist allerdings stark von der gewählten Art des Lastenrads (zweirädrig oder dreirädrig, Position der Ladebox(en), maximale Zuladung) abhängig. Darüber hinaus können mit Lastenrädern auch alternative Verkehrswege (Radwege, Einbahnen in beide Richtungen) benützt werden, was die zu fahrende Distanz deutlich verringern kann und diese Fahrzeugklasse nur wenig anfällig gegenüber Staus macht.

Durch ein zwischenzeitliches Schieben des Lastenrads können auch eingeschränkt zugängliche Bereiche wie Fußgängerzonen gut bedient werden.

Erste Studien haben gezeigt, dass das Lastenrad 19 - 48% der Zustellungen im KEP-Bereich in urbanen Gebieten, insbesondere wenn es um Distanzen unter 15km geht, übernehmen kann, abhängig von weiteren Faktoren wie der Kundenstruktur und der Art der Pakete (Gruber et al., 2013). Betrachtet man generell den gesamten motorisierten Verkehr einer Stadt, der dem Gütertransport (gewerblich und privat) dient, so besteht sogar ein Verlagerungspotential von bis zu 51% (FGM-AMOR et al., 2014).



## Hindernisse für den gewerblichen Einsatz von Lastenrädern in Mitteleuropa

Lokale Gegebenheiten

Anforderungen an die Infrastruktur

Rechtliches

Technische Anforderungen und Instandhaltung

Akzeptanz

Erforderliche Änderung logistischer Prozesse

23 leitfadengestützte Interviews mit LastenradnutzerInnen, -herstellern sowie ExpertInnen aus der Stadtverwaltung in Wien, Budapest, München und Kopenhagen haben gezeigt, dass die lokalen Gegebenheiten wie die Weitläufigkeit einer Stadt oder die Topographie sowie in manchen Fällen das Wetter (Hitze in Budapest) eine nicht zu vernachlässigende Rolle bei der Entscheidung für oder gegen Lastenräder spielen.

Unzureichende Infrastruktur für den Radverkehr wie nicht durchgängige oder zu schmale Radwege stellen ebenso ein Hemmnis dar wie rechtliche Unklarheiten beispielsweise zum Abstellen von Lastenrädern.

Auch die technischen Spezifikationen der aktuell erhältlichen Lastenräder sind oft nicht für den gewerblichen Einsatz als gut geeignet anzusehen. Dazu kommt noch die Problematik der Wartung und Instandhaltung der Lastenräder, für die es noch kein vergleichbares Werkstättenetz wie für KFZ gibt.

Diese Punkte führen dazu, dass die Akzeptanz von Lastenrädern für den gewerblichen Einsatz noch eher gering ist und vorrangig IdealistInnen auf diese Fahrzeugart setzen.

Schlussendlich ist speziell bei der Einbindung von Lastenrädern in bestehende Abläufe zu bedenken, dass dadurch eine bedeutende Änderung der logistischen Prozesse erforderlich sein kann (Anderluh et al., 2016).



## Mikrodepots für die Paketzustellung mit dem Lastenrad

Notwendig für Mikrodepots in Stadtzentrennähe:  
Unternehmenseigenes mobiles vs. fixes Depot



[http://www.logistik-heute.de/sites/default/files/logistik-heute/-bilder/news/ups\\_hanseglöbe\\_2016\\_ups.jpg](http://www.logistik-heute.de/sites/default/files/logistik-heute/-bilder/news/ups_hanseglöbe_2016_ups.jpg)



[https://www.dpd.com/at/home/ueber\\_dpd/dpd\\_city\\_hub](https://www.dpd.com/at/home/ueber_dpd/dpd_city_hub)

Unternehmensoffenes Depot



[https://www.logistra.de/sites/default/files/logistra/imagecache/Newsbild-Neu-Master-Gross/\\_bilder/News/35583649622\\_dcf0da21a\\_o.jpg](https://www.logistra.de/sites/default/files/logistra/imagecache/Newsbild-Neu-Master-Gross/_bilder/News/35583649622_dcf0da21a_o.jpg)

Um Lastenräder sinnvoll für die Güterzustellung in Stadtzentren einsetzen zu können, müssen diese Güter, wenn sie sich nicht schon in Zentrumsnähe befinden, dorthin transportiert werden. Dafür sind aufgrund der Menge der Pakete nach wie vor größere Lieferfahrzeuge (nach Möglichkeit mit E-Antrieb) erforderlich, die die Pakete zu den Depots nahe dem Stadtzentrum bringen. Dort werden die Waren von den Lastenrädern übernommen und zu den EndkundInnen zugestellt. Bei der Art der Depots kann einerseits zwischen fixen und mobilen Depots unterschieden werden und andererseits zwischen unternehmenseigenen und unternehmensoffenen.

## Anforderungen der Stadt Wien

Keine Beeinträchtigung des Stadtbildes

-> keine Containeraufstellungen auf öffentlichen Flächen

Nutzung bestehender Infrastruktur wo möglich



[https://www.profil.at/\\_storage/asset/5813037/storage/vgnat:twocolumn\\_930.x?file/84319092/47133133.jpg](https://www.profil.at/_storage/asset/5813037/storage/vgnat:twocolumn_930.x?file/84319092/47133133.jpg)

Derzeit in Mitteleuropa laufende Projekte und Pilotversuche wie z.B. von UPS in Hamburg (akw, 2015) oder das Kooperationsprojekt KoMoDo in Berlin (Neumann, 2018) forcieren den Einsatz von Containern als mobile, unternehmenseigene Depots, was die Stadt Wien aber in Hinsicht auf das Stadtbild sowie den dafür benötigten öffentlichen Raum ablehnt. Vielmehr soll für derartige Zwecke soweit als möglich die bestehende Infrastruktur wie beispielsweise leerstehende Erdgeschoßlokale genutzt werden.

## Abschätzung des Bedarfs in Wien

Keine frei zugängliche KEP-Statistik

Bedarfsermittlung basierend auf:

Einwohnerdichte

Altersstruktur

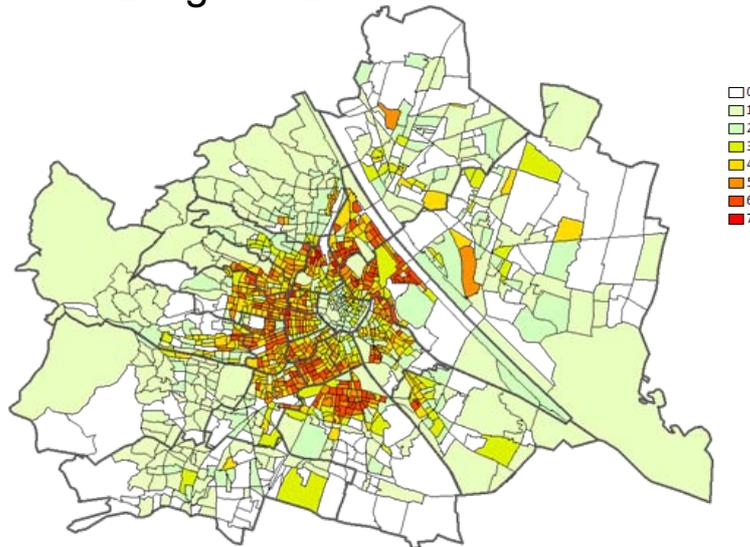
Bildungsstand

 WU

Um mögliche sinnvolle Standorte für Mikrodepots in Wien ermitteln zu können, ist zuerst eine Abschätzung des Bedarfs an entsprechenden Warenlieferungen erforderlich. Da für den Lastenradeinsatz vorrangig Güter wie Pakete in Frage kommen sowie Lieferungen zu Punkten mit maximal 3 Paketen pro Stopp (d. h., keine logistischen Senken), dafür aber aktuell keine entsprechenden KEP-Statistiken zur Verfügung stehen, wird der Bedarf in Wien auf Basis von drei Indikatoren ermittelt:

- Die *Einwohnerdichte* spielt eine wichtige Rolle, da nur bei genügend hoher Stoppdichte das Lastenrad rentabel eingesetzt werden kann. Studien sprechen dabei von einer Dichte von mindestens 10000 EinwohnerInnen pro Quadratkilometer (BIEK, 2017).
- Als weiterer Indikator wird das *Alter* der EinwohnerInnen betrachtet, da Studien zeigen, dass speziell die 16-44jährigen die größte Gruppe der Online-ShopperInnen in Österreich bilden (Statista, 2018).
- Der *Bildungsstand* wird schlussendlich hinzugezogen, um Studienergebnisse, dass vermehrt Personen in höheren Positionen mit besserem Einkommen Online-ShopperInnen sind, abzudecken (Statista, 2018).

## Abschätzung des Bedarfs in Wien




Daten der MA18 der Stadt Wien zu Einwohnerdichte, Bildungsstand und Durchschnittsalter in den mehr als 1300 Wiener Zählbezirken, die dankenswerterweise für dieses Projekt zur Verfügung gestellt wurden, bilden die Basis für die Abschätzung des Bedarfs an Mikrodepots in Wien.

Die Einwohnerdichte wird für die Abschätzung in 6 Klassen (0, 1, 2, 3, 4, 5) eingeteilt, wobei die Klasse 0 Zählbezirken zugewiesen wird, die eine Einwohnerdichte von weniger als 100 EinwohnerInnen pro ha haben, die Klasse 1 jenen, die 100-200 EinwohnerInnen pro ha haben und so weiter. Die Klasse 5 repräsentiert eine Einwohnerdichte von mehr als 500 EinwohnerInnen pro ha.

Hinsichtlich des Durchschnittsalters werden die Zählbezirke in zwei Klassen aufgeteilt, Klasse 0 mit einem Durchschnittsalter größer 40 und Klasse 1 mit einem Durchschnittsalter bis 40.

Beim Bildungsstand werden die drei Level (Level 1 = maximal Pflichtschule, Level 2 = Lehre, AHS und berufsbildende mittlere und höhere Schulen, Level 3 = Universität/FH) mit dem jeweiligen Anteil im Zählbezirk gewichtet. Daraus werden drei Klassen abgeleitet, wobei Klasse 0 einem Level von weniger als 2 entspricht, Klasse 1 einem Level von 2 bis 2,3 und Klasse 3 umfasst ein Level über 2,3.

Die Klassen der drei Indikatoren werden zur ersten Abschätzung des Bedarfs für jeden Zählbezirk aufsummiert, was zu einer Bewertung von 0 bis 7 führt. Ist ein Zählbezirk beispielsweise bei der Einwohnerdichte in Klasse 4, beim Alter in Klasse 0 und bei Bildung in Klasse 2, so ergibt sich daraus eine Bewertung von 6, was bedeutet, dass in diesem Zählbezirk durchaus hoher Bedarf für Mikrodepots bestehen kann (Bewertung 5, 6, 7 wird dafür als geeignet angenommen).

## Abschätzung des Bedarfs in Wien



WU

Aus dieser Auswertung ergibt sich, dass insbesondere Bereiche in den Bezirken 5/6/10/12/15, den Bezirken 7/8/9/16/17 sowie den Bezirken 20/2 einen Bedarf für Mikrodepots aufweisen, wobei die Bezirke 10/12/15/16/17/20 nur in Teilen zu berücksichtigen sind. Die Kreise repräsentieren einen Aktionsradius der Lastenräder von 3km um mögliche Standorte von Mikrodepots.

Dies so ermittelten Bereiche decken sich auch mit Aussagen aus im Rahmen des Projekts geführten Fachgesprächen mit ExpertInnen verschiedener Bereiche in Wien (Stadtplanung, Wirtschaftskammer).

## Anforderungen an ein fixes Mikrodepot

Zufahrts- und Parkmöglichkeit für Paketanlieferung  
(LKW)

Ebenerdig

Platz für Paketkonsolidierung

Platz für Lastenräder

E-Ladestation

Diebstahl- und Witterungsschutz

Nebenräume



Hinsichtlich geeigneter Standorte für Mikrodepots ist zu berücksichtigen, dass eine adäquate Anlieferung der Güter mit (Klein-)LKWs gegeben sein muss. Dies umfasst sowohl die Zufahrts- als auch die Park- und Lademöglichkeit. Darüber hinaus muss der Standort ebenerdig sein, eine Eingangstür in entsprechender Breite aufweisen, Platz für die Warenlagerung und –konsolidierung bieten sowie Stellmöglichkeiten für Lastenräder und entsprechende E-Lademöglichkeiten aufweisen. Entsprechender Diebstahl- und Witterungsschutz sind ebenso erforderlich (BIEK, 2017). Darüber hinaus hat sich aus den geführten Fachgesprächen auch die Bedeutung davon ergeben, dass geeignete, arbeitsrechtlich erforderliche Räumlichkeiten für das Personal zur Verfügung stehen müssen.

## Mögliche Standorte für Mikrodepots

Leerstehende Lokale

Kooperation mit anderen Gewerbebetrieben

Mischnutzung in Parkgaragen, bei Tankstellen

 WU

Generell können als mögliche Standorte für Mikrodepots leerstehende, ebenerdige Lokale mit einer Größe von ca. 100m<sup>2</sup> Grundfläche dienen, wenn sie über eine gute Straßenanbindung sowie eine geeignete Ladezone verfügen. Gerade diese Lokale sind aber in der erforderlichen Lage in Wien nur schwer zu finden und darüber hinaus relativ teuer (<http://srv.leerelokale.at/online/page.php?P=332>).

Aus den geführten Fachgespräche hat sich ergeben, dass auch Kooperationen mit anderen Gewerbebetrieben eine Möglichkeit wären. Die Wirtschaftskammer Wien hat dazu das POOL Kooperationservice ins Leben gerufen, derzeit gibt es hier aber keine adäquaten Angebote (<https://www.wko.at/service/w/netzwerke/POOL-kooperationservice-wien.html>).

Eine weitere Möglichkeit umfasst die Mischnutzung beispielsweise in Parkgaragen oder Tankstellen, wobei erste Gespräche gezeigt haben, dass Tankstellen daran nicht interessiert sind und bei Parkgaragen Probleme hinsichtlich Verwendungswidmung, Brandschutz und Arbeitsrecht zu lösen wären, die eine derartige Mischnutzung im Bestand eher nicht als praktikabel erscheinen lassen.

## Zwischenbilanz im Projekt (Projektende 30.06.2018)

Bedarf ohne Daten von KEP-Dienstleistern schwer  
abschätzbar, aber möglich

Kooperationen für Standort ohne konkretes Projekt  
kaum ermittelbar

Hindernis für Mischnutzung oft rechtliche Belange  
(Widmung, Brandschutzbestimmungen)

Als vorläufige Zwischenbilanz im Projekt „Mikrodepots in Wien“, das noch bis 30.06.2018 läuft, ergibt sich, dass eine Abschätzung des Bedarfs an Mikrodepots ohne entsprechende Daten von KEP-Dienstleistern zwar schwierig aber durchaus möglich ist.

Das darauf aufbauende Auffinden von geeigneten Standorten gestaltet sich aber als sehr schwierig, da entsprechende leerstehende Erdgeschoßlokale in Wien kaum verfügbar zu sein scheinen.

Für die nähere Betrachtung von Kooperationen ebenso wie die Frage der Mischnutzung wäre ein konkretes Projekt erforderlich, um entsprechende Aussagen treffen zu können. Fakt ist aber, dass speziell bei der Möglichkeit der Mitnutzung von Parkgaragen als Mikrodepots diverse rechtliche Belange im Wege stehen. Derartige Mischkonzepte müssten daher bereits im Vorfeld der Planung angedacht werden.

Erst nach Vorliegen einer solchen Liste von möglichen Standorten für Mikrodepots können die geeigneten für Wien in Abstimmung mit dem evaluierten Bedarf ausgewählt werden.

## Mikrodepots und Lastenräder zur innerstädtischen Güterlieferung

Eine Betrachtung am Beispiel der Stadt Wien

Alexandra  
Anderluh

Vera  
Hemmelmayr

Tina  
Wakolbinger



<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/df/30/fd/df30fd2dd30877d56da2fb42cc476c3d.jpg>

## Literaturverzeichnis

- akw (2015). City-Logistik: Container als mobile Paketdepots. Logistik-Heute. Online verfügbar unter <https://www.logistik-heute.de/Logistik-News-Logistik-Nachrichten/Markt-News/12586/Hamburg-und-UPS-erproben-nachhaltiges-Lieferkonzept-City-Logistik-Container-> (24.04.2018).
- Anderluh, A., Hemmelmayr, V., Wakolbinger, T. (2016). Einsatz von Lastenfahrrädern zur innerstädtischen Güterlieferung – ein Städtevergleich und Best Practice Empfehlungen für die Stadt Wien. Projektendbericht für den Jubiläumsfond der Stadt Wien für die WU.
- Bähr, J. (2008). Ursachen von Urbanisierung. Online verfügbar unter [https://www.berlin-institut.org/fileadmin/user\\_upload/handbuch\\_texte/pdf\\_Baehr\\_Ursachen\\_Urbanisierung.pdf](https://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/handbuch_texte/pdf_Baehr_Ursachen_Urbanisierung.pdf) (23.04.2018).
- BIEK. (2017). Innovationen auf der letzten Meile, Nachhaltigkeitsstudie 2017 im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V.
- BVL (Hg.) (2014). Grünbuch Nachhaltige Logistik in urbanen Räumen. Bundesvereinigung Logistik. Wien: Eigenverl. Bundesvereinigung Logistik Österreich (Grünbuch).
- European Union. (2017). EU Transport in figures. Statistical pocketbook.
- FGM-AMOR et al. (2014). Cyclelogistics moving Europe forward - Final Public Report, Cyclelogistics.eu. Online verfügbar unter [http://www.cyclelogistics.eu/docs/111/D6\\_9\\_FPR\\_Cyclelogistics\\_print\\_single\\_pages\\_final.pdf](http://www.cyclelogistics.eu/docs/111/D6_9_FPR_Cyclelogistics_print_single_pages_final.pdf) (24.04.2018).
- Gruber, J., Ehrler, V., und Lenz, B. (2013). Technical potential and user requirements for the implementation of electric cargo bikes in courier logistics services. In 13th World Conference on Transport Research (WCTR).
- Neumann, P. (2018). Pilotprojekt in Berlin - Paketdienste sollen künftig Sendungen per Lastenfahrrad liefern. Berliner Zeitung. Online verfügbar unter <https://www.berliner-zeitung.de/30008922> (24.04.2018).
- Statista. (2018). E-Commerce in Österreich, Dossier. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/download/MTUyNDU2MTk0MyMjNjE1OTMjIzM0NDc3IyMxlyNwZGYjI1N0dWR5> (24.04.2018)
- World Bank. (o.D.). Europäische Union: Urbanisierungsgrad in den Mitgliedsstaaten im Jahr 2016. In Statista - Das Statistik-Portal. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/249029/umfrage/urbanisierung-in-den-eu-laendern/> (23.04.2018).







# Industrielle Energieeffizienz – Mythen, Wahrheiten, Lösungen

Dr. Uwe Trattnig

## Dipl.-Ing. Dr. Uwe Trattnig

- Institut für Energie-, Mobilitäts- und Umweltmanagement; FH Joanneum
- Institutsleiter für Energie-, Mobilitäts- und Umweltmanagement
- Tätigkeitsschwerpunkte: Energieeffizienz, Erneuerbare Energien, Planung moderner Energienetze

# Industrielle Energieeffizienz – Mythen, Wahrheiten, Lösungen

Dipl.-Ing. Dr. Uwe Trattnig

## Zur Person

Dipl.-Ing. Dr. Uwe Trattnig  
Institutsleiter für Energie-, Mobilitäts- und  
Umweltmanagement

Tätigkeitsschwerpunkte: Energieeffizienz, Erneuerbare  
Energien, Planung moderner Energienetze

## Mythen in der Energieeffizienz I

- Das ist kein Managementthema
  - Ich brauche das nur delegieren, dann funktioniert das schon
  - Das sollen sich die Techniker anschauen
- Jede Investition, die sich nicht in längstens drei Jahren rechnet, ist sinnlos
- Verlagerung der Investitions- in die Betriebskosten
  - Die billigste Lösung ist die Beste
- Nachhaltigkeit kostet und bringt nichts – unser Kerngeschäft ist die Produktion

## Mythen in der Energieeffizienz II

- Man optimiert einmal und dann ist man das Thema ein für alle Mal los
- Das ist zu kompliziert – wir können in den Produktionsprozess nicht eingreifen
- Das ist nur etwas für große Unternehmen
- Dass Sie in einem einzigen Vortrag alle Mythen, Wahrheiten und Lösungen erfahren werden

## Wahrheiten in der Energieeffizienz I

- Überwinden der drei Verhinderungs-„D“
- Überwinden des Verhinderungs-„W“
- Pareto-Regel:
  - 80 % der möglichen Energieeinsparungen gelingen in 20 % der gesamt aufgewendeten Zeit

## Wahrheiten in der Energieeffizienz II

- In den 80 % sind immer enthalten:
  - Beleuchtung (Innen, Außen)
  - Belüftung
  - Heizen/Kühlen/Abwärme
  - Druckluft
  - Produktionsstraßen
  - Ablaufänderungen!
  - Fuhrpark
  - Strategie

## Wahrheiten in der Energieeffizienz III

- Beleuchtung
  - Unterschiedliche Gewichtung:
    - Industrie: Beleuchtungsanteil am Gesamtenergieverbrauch: rd. 1 %
    - Gewerbe: Beleuchtungsanteil am Gesamtenergieverbrauch: rd. 14 %
  - Beispiel Außenbeleuchtung:
    - 1 Halogenstrahler mit einer elektrischen Leistung von 500 W verbraucht in der Zeit von 19 Uhr bis 6 Uhr in einem Jahr: 2.000 kWh
    - 10 solcher Strahler 20.000 kWh
    - Vergleich: ein LED Strahler (50 W) verbraucht im selben Zeitraum nur: 200 kWh!
    - Sie haben keine Außenstrahler? Keine Produktionsplatzbeleuchtung, kein vorbeugender Diebstahlschutz? Keine Parkplatzbeleuchtung?

## Wahrheiten in der Energieeffizienz IV

- Belüftung/Kompressoren/Motoren
  - Elektrische Motoren verbrauchen in der Industrie rd. 23 % des Gesamtenergieverbrauchs
  - Elektrische Motoren verbrauchen im Gewerbe rd. 18 % des Gesamtenergieverbrauchs
  - Technologisch sind Elektromotoren bereits sehr ausgereift
    - Neue Energiesparmotoren bringen bis zu 7 % Energieeinsparung (meist jedoch weniger)
  - Einführen von modernen Motorsteuerungen bringen bis zu 70 % Energieeinsparungen!
    - Prozessoptimierte Drehzahlregelungen mit Energierückgewinnung (Frequenzumrichter)

## Wahrheiten in der Energieeffizienz V

- **Belüftung/Kompressoren/Motoren**
  - Viel sparen Sie aber durch Verhaltensänderungen
    - z.B. Muss die Lüftung der Werkshallen ständig auf Maximum laufen?
      - Das kostet nicht nur Energie, Sie verlieren auch massiv an Raumwärme
    - Beispiel eines großen Hotel-/Thermenbetriebs in der Steiermark: Durch angepasste Lüftung konnte rd. 30 % des elektrischen Energieverbrauchs eingespart werden.
  - Druckluft
    - Wann braucht man wieviel?
    - Ist das System noch dicht? Wann war die letzte Wartung?

## Wahrheiten in der Energieeffizienz VI

- **Heizen/Kühlen/Abwärme – Prozess- und Raumwärme**
  - **Industrie:**
    - Prozesswärmeanteil am Gesamtenergieverbrauch: rd. 65 %
    - Prozesskälteanteil: rd. 1 %
    - Raumwärme-/kälte-/Warmwasseranteil: 9 %
    - Gesamtanteil: rd. 75 % !!!
  - **Gewerbe:**
    - Prozesswärmeanteil am Gesamtenergieverbrauch: rd. 7 %
    - Prozesskälteanteil: rd. 3 %
    - Raumwärme-/kälte-/Warmwasseranteil: 53 %
    - Gesamt: rd. 63 % !!!

## Wahrheiten in der Energieeffizienz VII

- Heizen/Kühlen/Abwärme – Prozess- und Raumwärme
  - Wärmerückgewinnung
  - Prozessänderungen
    - Beispiel Brauerei Murau
    - Beispiel Energy Globe Preisverleihung
  - Verhaltensänderungen
  - Dämmungen (Bei Revitalisierungen)

## Wahrheiten in der Energieeffizienz VIII

- Fuhrpark
  - Routenoptimierungen
  - Leerfahrtthematik
  - Wahl der Transportmittel
  - Forecasting
  - Roll-Out-Optimierung
  - Eigenes Kapitel

## Wahrheiten in der Energieeffizienz IX

- Strategie
  - Energieformoptimierung
    - z.B.: Strom ist meist teurer als Gas
  - Energieverbrauchsoptimierung kann den Energiezukauf günstiger gestalten
    - Bessere Energieverbrauchsprognose verschafft kleinere Ausgleichsenergiezuschläge
  - Energiemanagementsysteme
    - ISO 50001, ISO 14001 oder EMAS
  - Eigenenergieerzeugung
  - Instandhaltungsstrategien

## Lösungen

- Gibt es
- Lösungsweg:
  - Bewusstsein schaffen – ja, wir brauchen und wollen das!
  - Verantwortlichkeiten festlegen
  - Ziele definieren
  - Kontrollen etablieren
  - Finanzielle Ressourcen bereitstellen
    - Ohne Heu kann das beste Rennpferd nicht laufen
- Mythos: Ich erzähle Ihnen in einem einzigen Vortrag alle Lösungen, die es gibt ...

 Lösungen

# Vielen Dank!

Dipl.-Ing. Dr. Uwe Trattnig  
Institutsleiter für Energie-, Mobilitäts- und Umweltmanagement -  
FH JOANNEUM  
Email: [uwe.trattnig@fh-joaanneum.at](mailto:uwe.trattnig@fh-joaanneum.at)  
Tel.: +43 (0)316 5453 6333







# Physical Internet: a focus on new results

Prof. Eric Ballot



# Physical Internet: a focus on new results

Prof. Eric Ballot

24.5.2018

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



## Agenda

Physical Internet

Handling modular boxes

Routing and business model

Forthcoming topics

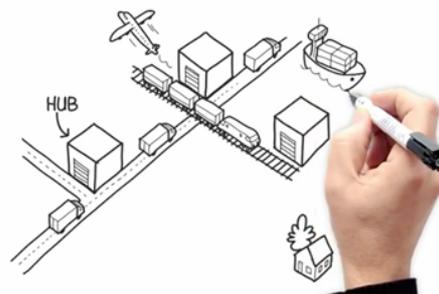
# Physical Internet

The universal interconnection of logistics services

or

The Physical Internet is an **interconnected global logistics system enabling seamless asset sharing and flow consolidation**

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



Source: ALICE European Technology Platform

Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# Interconnection requirements

## Infrastructure

- Roads, railways...
- Ports, inland terminals, urban DC

## Protocols

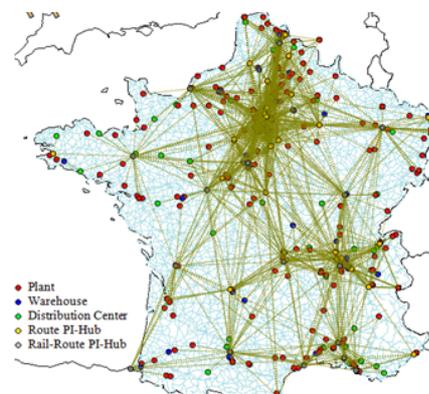
- Containerization
- Addresses
- Routing

## Business models

- Intermediation

## Governance

Goods flows with interconnection



Simulation of interconnected FMCG flows  
Source: PRE-DIT project

Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



## Interconnection requirements

### Infrastructure

- Roads, railways...
- Ports, inland terminals, urban DC

### Protocols

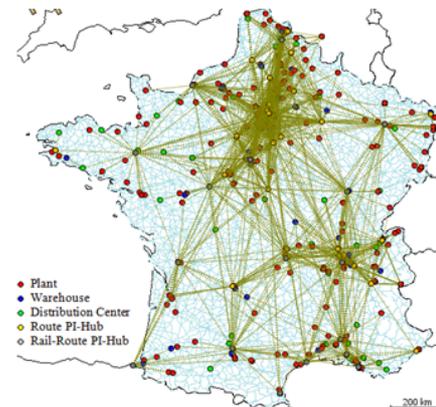
- Containerization
- Addresses
- Routing

### Business models

- Intermediation

### Governance

Goods flows with interconnection



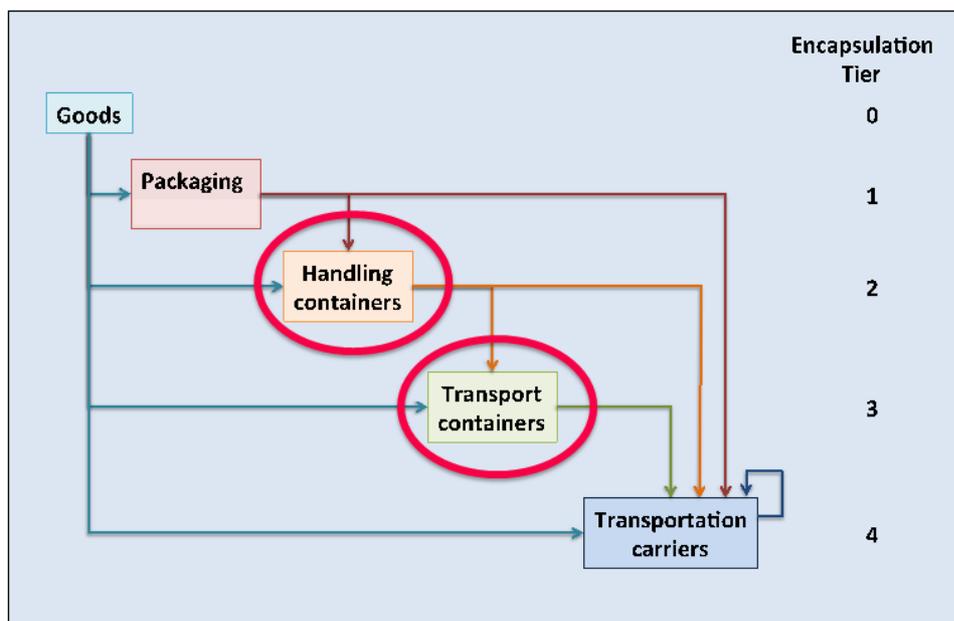
Simulation of interconnected FMCG flows

Source: PREDIT project

Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



## Containerization



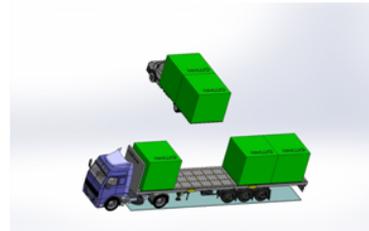
Source: B. Montreuil, E. Ballot and W. Tremblay Modular Design of Physical Internet Transport, Handling and Packaging Containers, in IMHR book 2017

Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# Containerization

## Transport containers



Prof. Eric Ballot  
24.5.2018

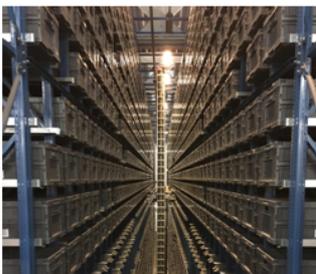


# Containerization

## Handling containers

A set of modular boxes for all products

- Handling productivity
- Better space utilization
- Improved security: anonymization of the content, mixed goods and blocks sealed, traceability
- Proved lifetime > 10 years
- Savings > 20% of logistics cost



Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



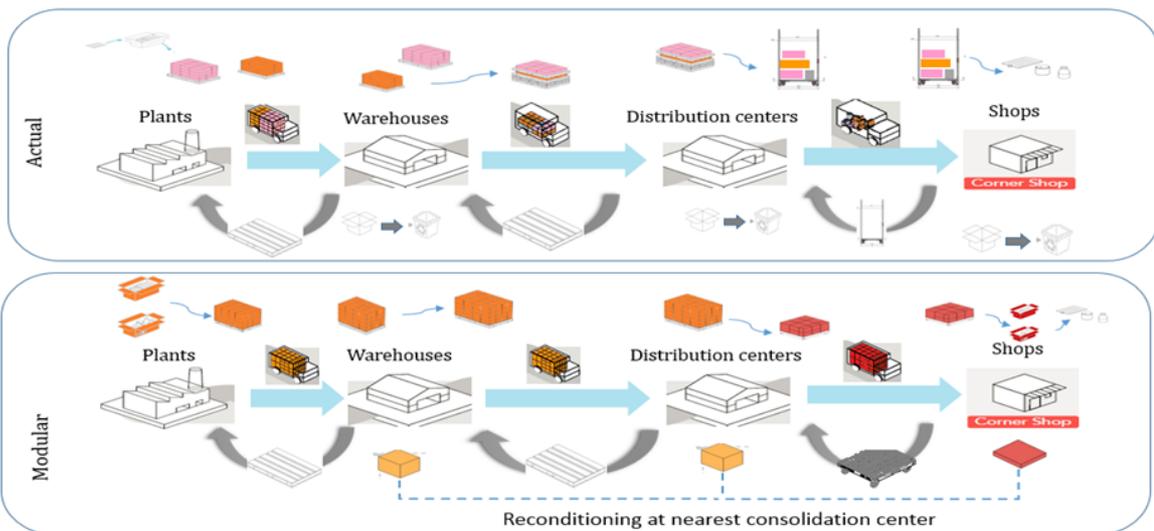
# Containerization Handling containers



Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# Containerization Handling containers

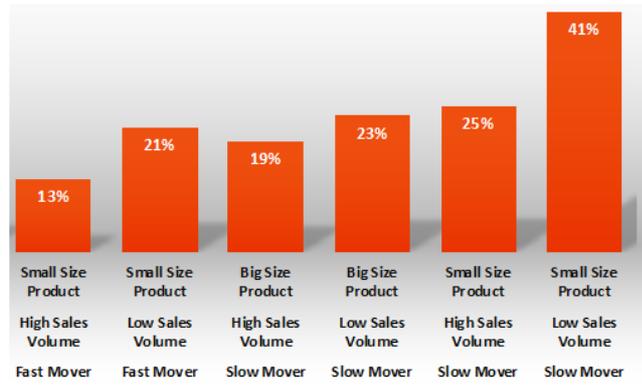
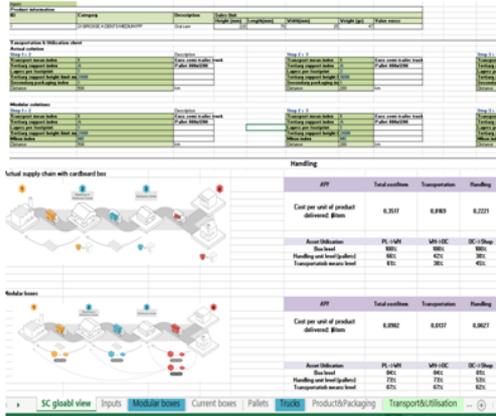


Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# Containerization Handling containers

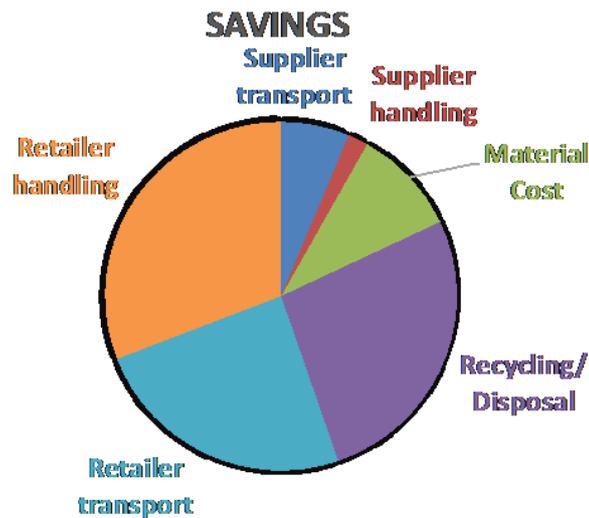
Simulation shows a great potential of savings



Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



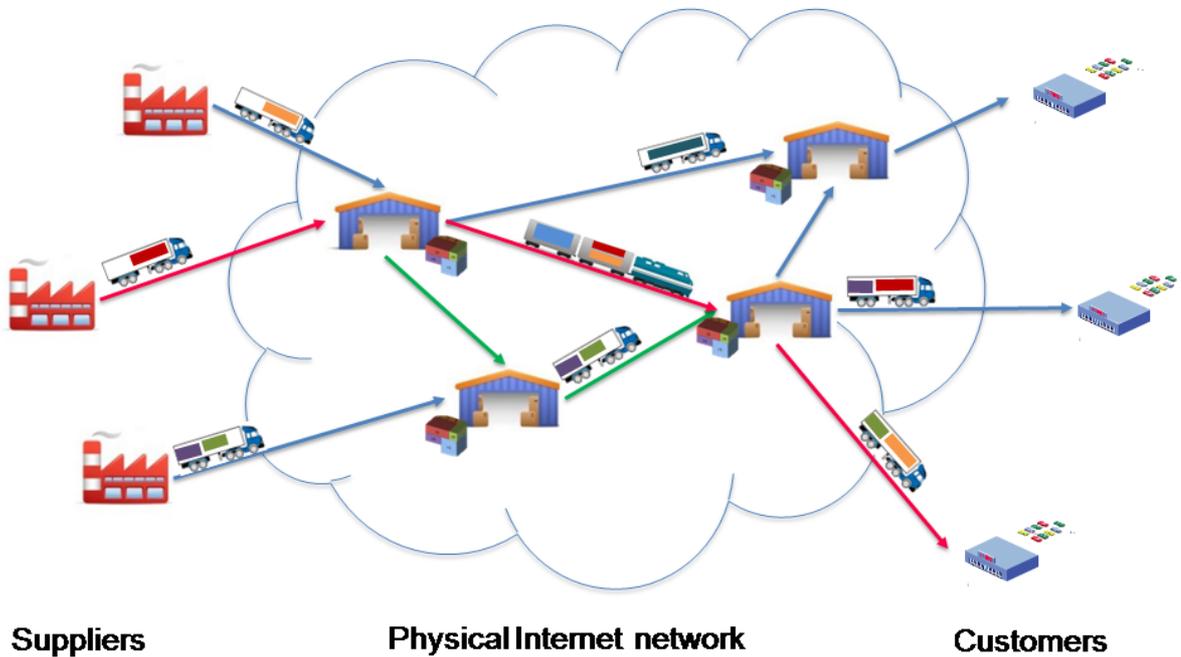
# Savings to share...



Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



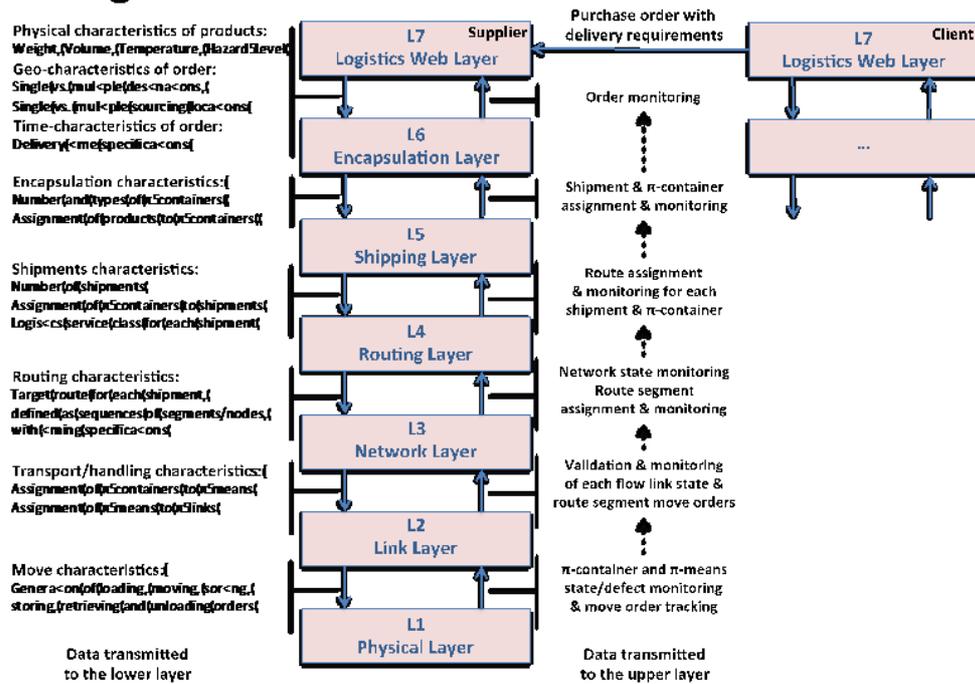
# Routing and business model



Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



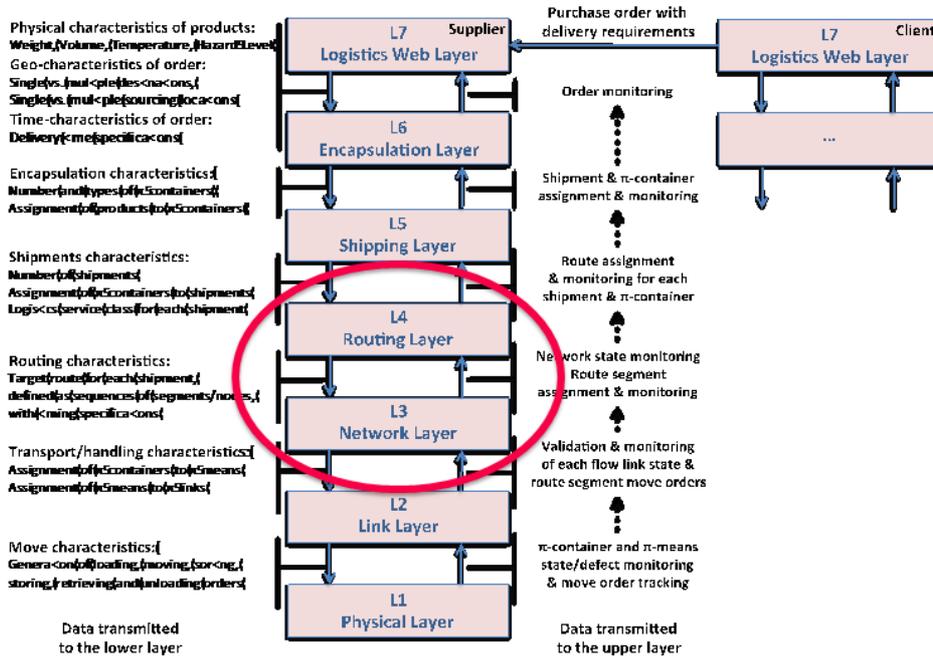
# Routing and business model



Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



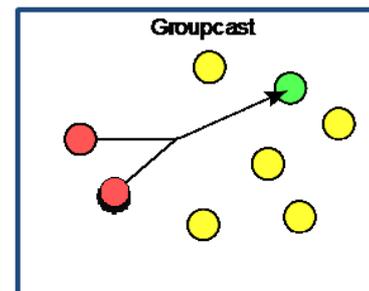
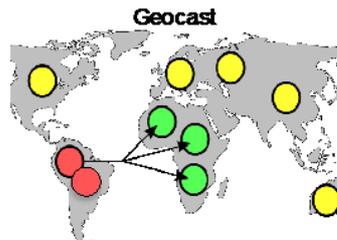
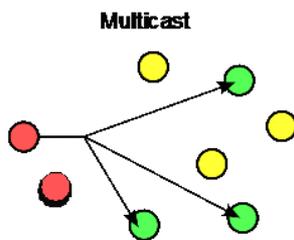
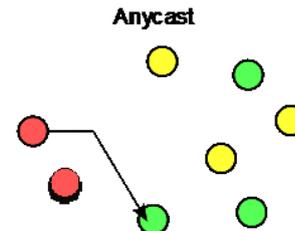
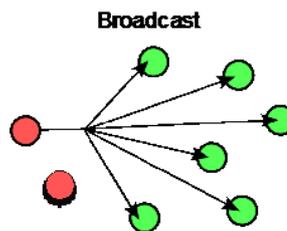
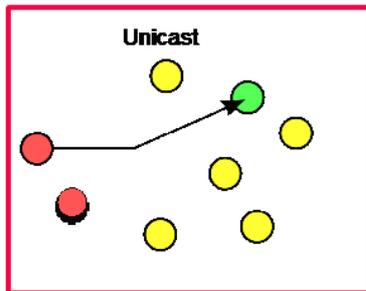
# Routing and business model



Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# Routing and business model



Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



## An example of routing

When consignees are not part of the system: missed deliveries, multiple deliveries per day...

Eric.ballot@MR Pasha



An example of groupcast but with a limited market share because of miss aligned incentives

Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



## Computing routing

### Static or dynamic

#### Routing « mono agent »

- Vector distance : routing tables are updated by neighbors. (Possible issue: loop) Bellman–Ford algorithm
- State link: Each node builds a map of the state of the network (resources consumption). Dijkstra's algorithm
- Path vector : improvement of vector distance for large networks
- ...

#### Routing « multi-agents » : routing distributed among several routing agent

- Optimality not guaranteed

Intra or inter networks. **More than 70 years of R&D...**

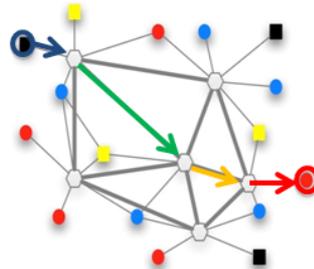
Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# Routing and business model

Combine resources to ensure **end to end** routing by **transport procurement**

- It requires:
  - several known and accessible services
  - A universal language to publish : (service offer, locations, service type and level, unit load...)
  - Dynamic adjustment in case of events along the way (possible rerouting)
- Best route = shorter or cheapest or... but also also with the service level with best combination of means (utilization rate, type selection)
- Two main types of services:
  - **Regular services**
  - **On demand service**



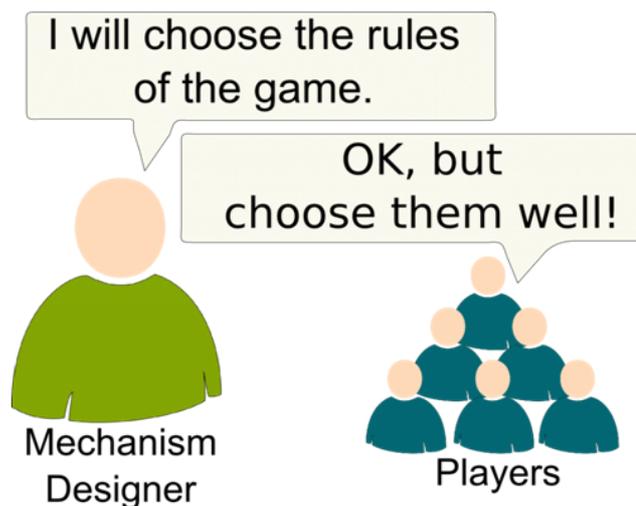
## The challenge

- How to favor best services and reinforce them?  
(At the opposite of infrastructure we don't start with a lack of arcs but many and almost an infinite set of offers)

Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# Theoretical framework Mechanism design



Narahari, Y., D. G. Garg, R. Narayanam and H. Prakash (2009). *Game Theoretic Problems in Network Economics and Mechanism Design Solutions*. London, Springer

Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



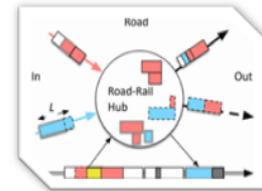
# Proposed mechanism



At each node or in each subnetwork: optimization is possible by buying or subcontracting to a better service

It implies:

- Decentralized mechanism
- Transshipment will occur only if it makes sense for all parties involved
- Different services are combined
- Better prices can be offered only if close to marginal cost
- Better fill rate or modal shift



Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# Proposed mechanism: combinatorial auction Implementation example

$$\min \sum_{m \in M} \sum_{r \in R \cap t_h} \sum_{RB_k \subseteq RB_h, RB_k \subseteq RB_{h,r,t}} P_{r \in RB_k}^m y_{r \in RB_k}^m \quad 5.1 \quad \text{Minimize the total cost for all bundles}$$

Subject to

$$\sum_{r \in R \cap t_h} \sum_{RB_k \subseteq RB_{h,r,t}} y_{r \in RB_k}^m \leq 1, \quad \forall m \in M, \quad 5.2 \quad \text{Each carrier can have at most one bundle}$$

$$\sum_{m \in M} \sum_{r \in R \cap t_h} \sum_{RB_k \subseteq RB_{h,r,t}; r_i \in RB_k} y_{r \in RB_k}^m = 1, \quad \forall r_i \in R_h \quad 5.3 \quad \text{All requests are allocated}$$

$$\sum_{m \in M} \sum_{r \in R \cap t_h} \sum_{RB_k \subseteq RB_{h,r,t}; r_i \in RB_k} R P_{r \in RB_k}^{m,t} y_{r \in RB_k}^{m,t} \leq R C'_{tr_i} \quad \forall tr_i \in R \cap t_h \quad 5.4 \quad \text{Request Reallocation}$$

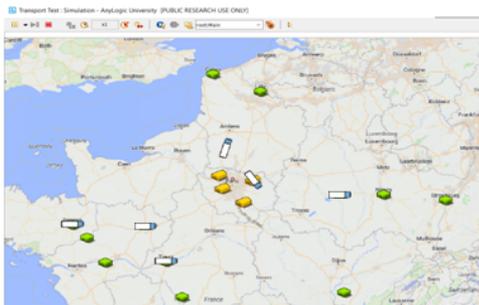
$$y_{r \in RB_k}^m \in \{0,1\}, \quad \forall h \in N, \forall m \in M, \forall r \in R \cap t_h, \forall RB_k \subseteq RB_h \quad 5.5 \quad \text{Binary variables}$$

Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# Implementations of the optimization tool

In a game



In a multiagent simulation software

Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# Why experiment routing with a game?

Mechanisms can be evaluated and improved

A small and controlled environment

Optimal solution can be found

An education tool

Behavior of players can be analyzed too

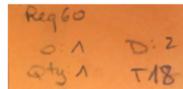
Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# The experimental configuration

A request is defined by its:

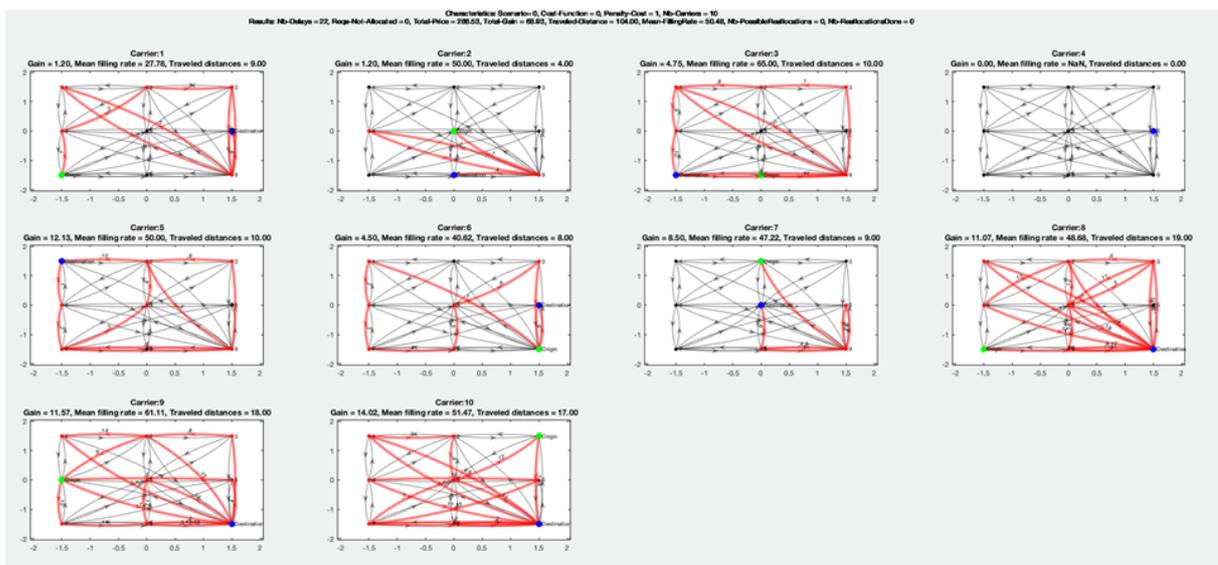
- Origin: randomly generated from 1 to 9
- Destination: randomly generated from 1 to 9
- Quantity: randomly generated from 1 to 2 units
- Lead time: to be calculated from the delivery date T
- Delivery date = the round when the request is to be delivered (not to be exceeded otherwise pay the penalty)
- Lead time = Delivery date - Current round



Each player proposes its price for the requests he wants or bundle of requests:

- A randomly region for its first location
- The duration of each move is one period
- 1 unit distance between neighbor nodes
- Volume transported should not exceed the residual capacity of truck
- Each delivery delay generates a penalty of 5 cost unit

# Example of results with 10 carriers (optimal)



# First results

## One truck type & on demand only

Potential of reallocation lower than 50%

Distance travelled reduced by 15%

Prices reduced by 10%

Carriers margin improved by 62%

Fill rate + 60%

...



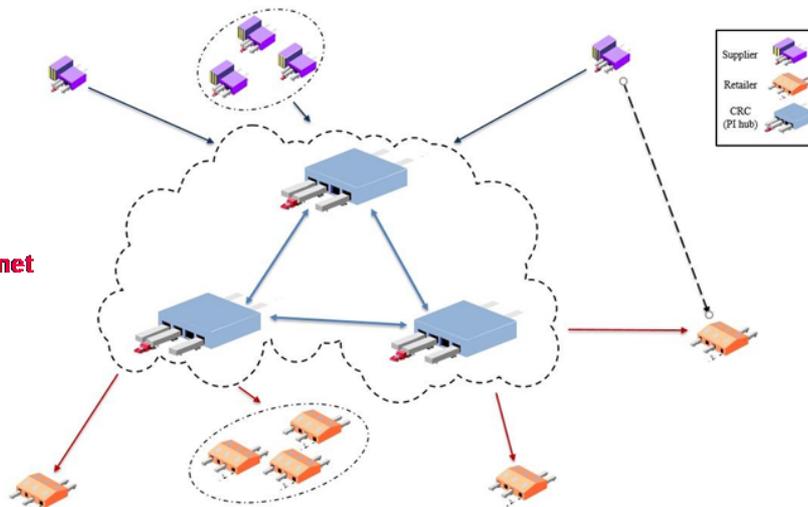
Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



# Implementation with CRC

For each flow direct shipment is benchmarked with CRC services  
 Best route selected by bi objective optimization: cost – CO<sub>2</sub>  
 Works with trucks (regular and on demand lines and train regular lines)  
 Could be combined with other networks soon...

So far a **Physical Intranet**



Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



## Forthcoming topics

### Asset management

- Connected assets (rolls)
- Blockchain recording



### Urban logistics (Paris)

### Coordination language (GS1)

- Location definition
- Delivery slot sharing across platforms with API

Prof. Eric Ballot  
24.5.2018



SCIENCE • PASSION • TECHNOLOGY



# Thank you

Prof. Eric Ballot

24.5.2018

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







# **Proto-PI** **PROTOTYPING A REGIONAL** **PHYSICAL INTERNET**

Martin Schweiger

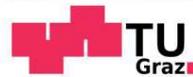




# PROTO-PI

## PROTOTYPING A REGIONAL **PHYSICAL INTERNET**

Graz, 24. Juni 2018



### A. INTRODUCTION

ProtoPI: The Digital Business Platform

<h3>B.</h3> <p>Connecting to the PI</p>	<h3>C.</h3> <p>Enabling Consolidation</p>	<h3>D.</h3> <p>Measuring Performance</p>
---	---	--

### E. OUTLOOK

..PI Prototyp..

**A. INTRODUCTION**  
ProtoPI: The Digital Business Platform

**B.**  
Connecting to the PI

**C.**  
Enabling Consolidation

**D.**  
Measuring Performance

**E. OUTLOOK**  
..PI Prototyp..

**A. INTRODUCTION**  
ProtoPI: The Digital Business Platform

**B.**  
Connecting to the PI

**C.**  
Enabling Consolidation

**D.**  
Measuring Performance

**E. OUTLOOK**  
..PI Prototyp..

# PROJECT TEAM

**FH-Prof. DI Hans-Christian Graf**  
FH Oberösterreich, Steyr  
hans-christian.graf@fh-steyr.at

**Andreas Gasperlmaier BA MA**  
FH Oberösterreich, Steyr  
andreas.gasperlmaier@fh-steyr.at



**Ass.Prof. Dr. Christian Landschützer**  
Institut für Technische Logistik,  
TU Graz  
landschuetzer@tugraz.at

**DI Florian Ehrentraut**  
Institut für Technische Logistik,  
TU Graz  
florian.ehrentraut@tugraz.at



**Martin Schwaiger**  
CEO SatiAMO GmbH,  
Wels  
msc@satiAMO.com



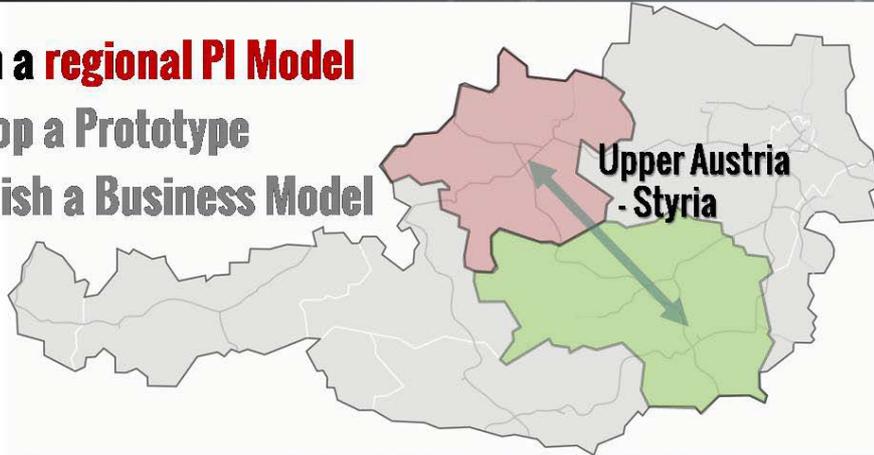
# PROJECT GOALS

1. Design a regional PI Model
2. Develop a Prototype
3. Establish a Business Model



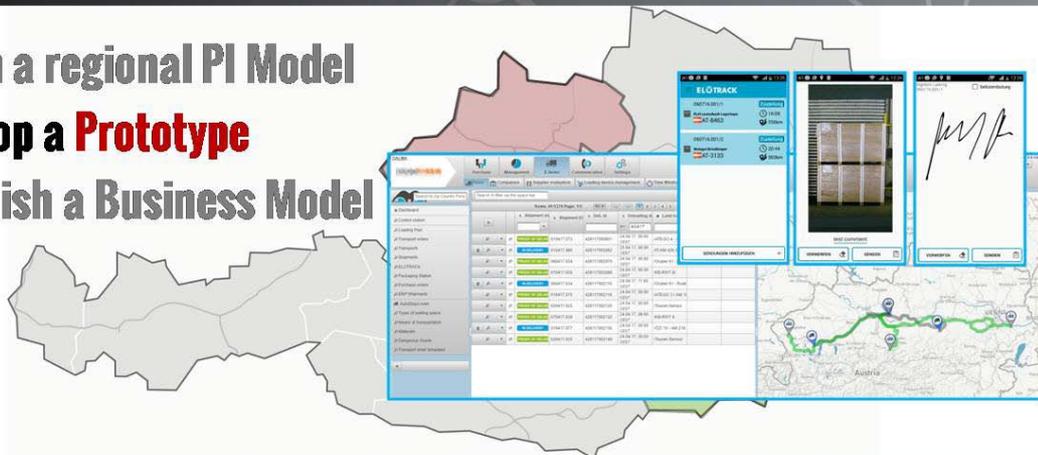
# PROJECT GOALS

1. Design a **regional PI Model**
2. Develop a Prototype
3. Establish a Business Model



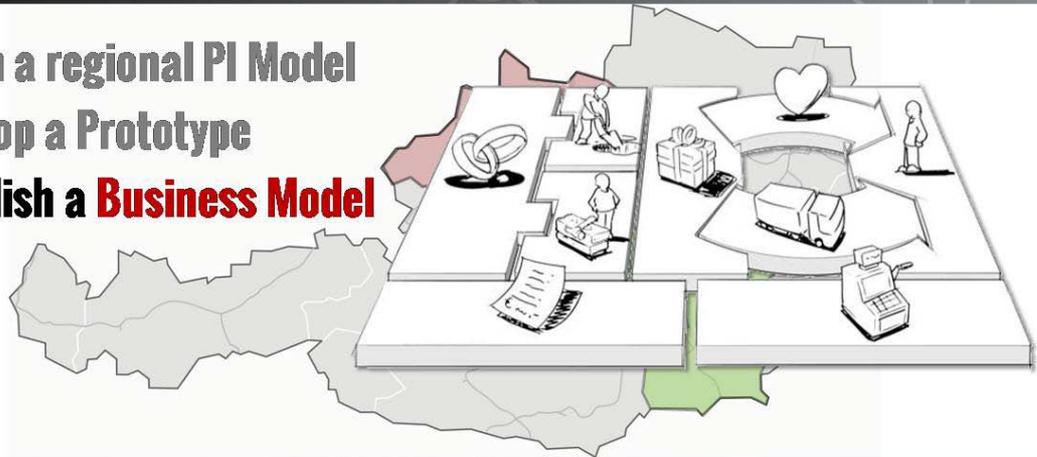
# PROJECT GOALS

1. Design a regional PI Model
2. Develop a **Prototype**
3. Establish a Business Model



# PROJECT GOALS

1. Design a regional PI Model
2. Develop a Prototype
3. Establish a **Business Model**



LOGISTIKUM  
CHALLENGE ACCEPTED



SATIAMO  
SAVES TIME AND MONEY

# SURVEY LOGISTICS OPERATIONS IN AUSTRIA

... is still done the **old-fashioned way**:

- E-Mail and telephone are more important than standardized interfaces
- Even fax is still widely used



LOGISTIKUM  
CHALLENGE ACCEPTED



SATIAMO  
SAVES TIME AND MONEY

# SURVEY

## LOGISTICS OPERATIONS IN AUSTRIA

... is still done the **old-fashioned way**:

- Freight Exchange Platforms are widely-used but account for comparably little turnovers



# POTENTIAL FOR CONSOLIDATION

1.262.000 TRANSPORTS  
00 <-> STMK ON A9 P.A.

FTL

SPECIAL TRANSPORTS



# POTENTIAL FOR CONSOLIDATION

250.000 TRANSPORTS  
= THEORETICAL POTENTIAL

MARKET SHARE OF  
PLATFORM

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED TU Graz SATIAMO SAVES TIME AND MONEY

## A. INTRODUCTION

ProtoPI: The Digital Business Platform

**B. Connecting to the PI**

C. Enabling Consolidation

D. Measuring Performance

## E. OUTLOOK

..PI Prototyp..

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED TU Graz SATIAMO SAVES TIME AND MONEY

# TYPICAL STARTING POINT

Lead Logistics Provider

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED

TU Graz

SATIAMO SAVES TIME AND MONEY

# A MORE DESIRED SOLUTION..

Automated Dispatching

- ..make the best decision available
- ..based on current LSP rates
- ..automatically
- ..depending on shipment size (and some other parameters)

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED

TU Graz

SATIAMO SAVES TIME AND MONEY

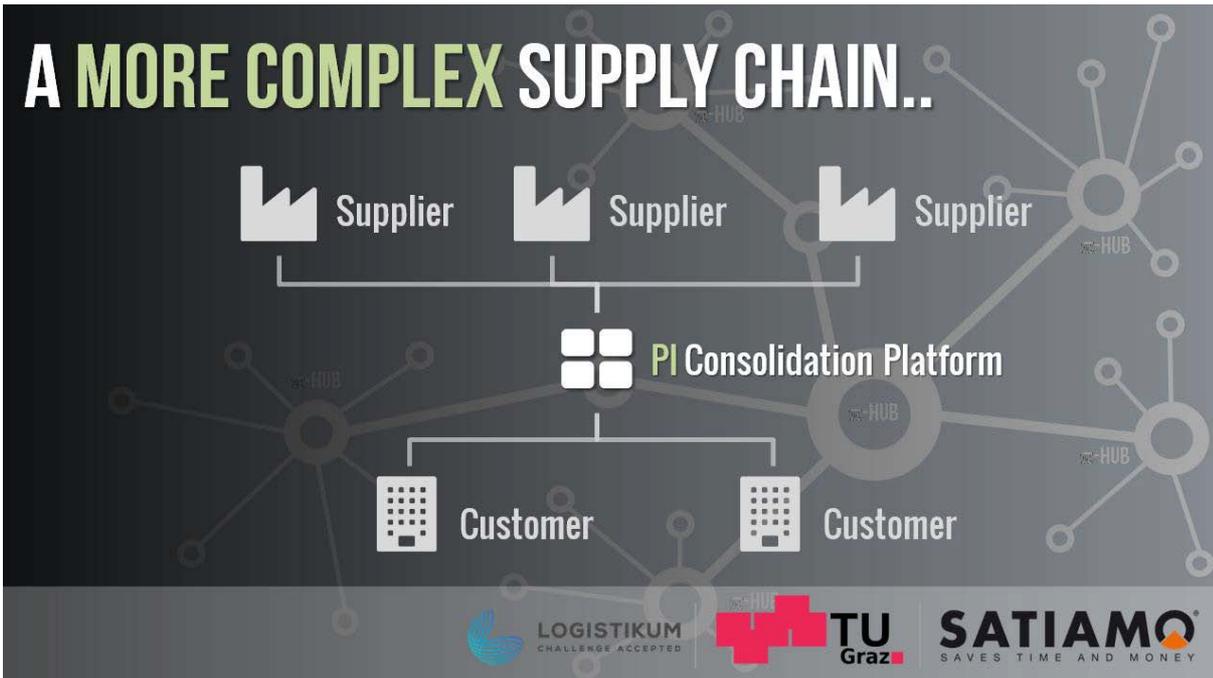
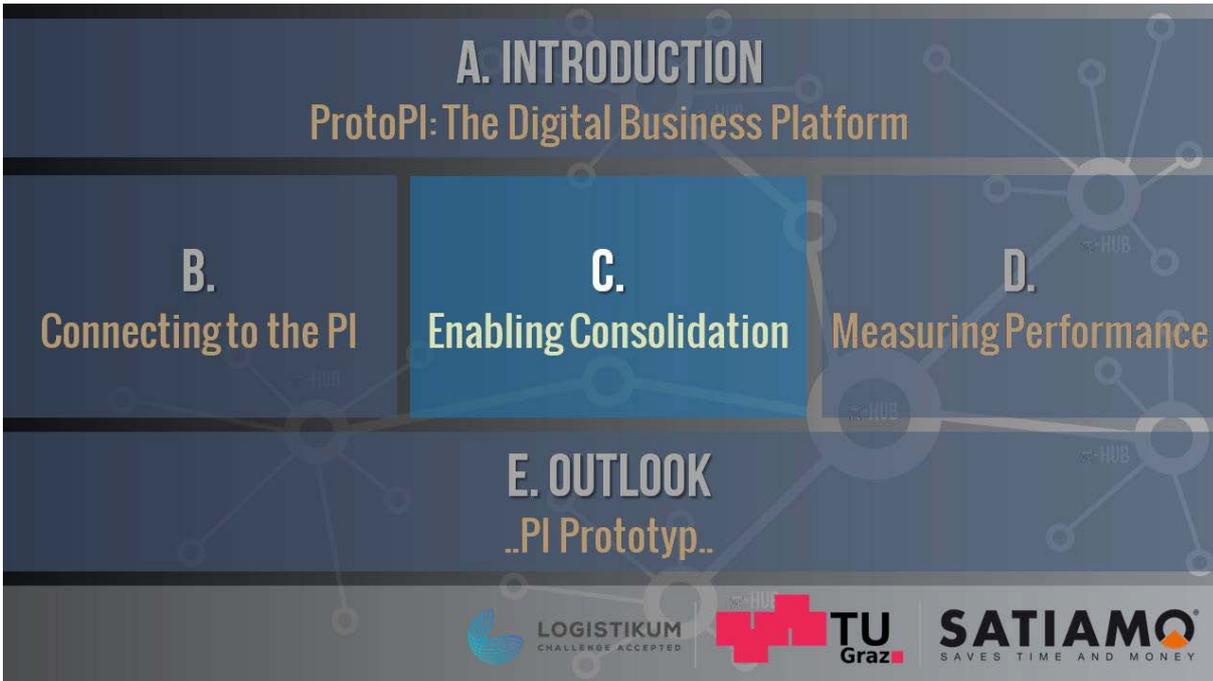
# A GATEWAY TO THE PHYSICAL INTERNET

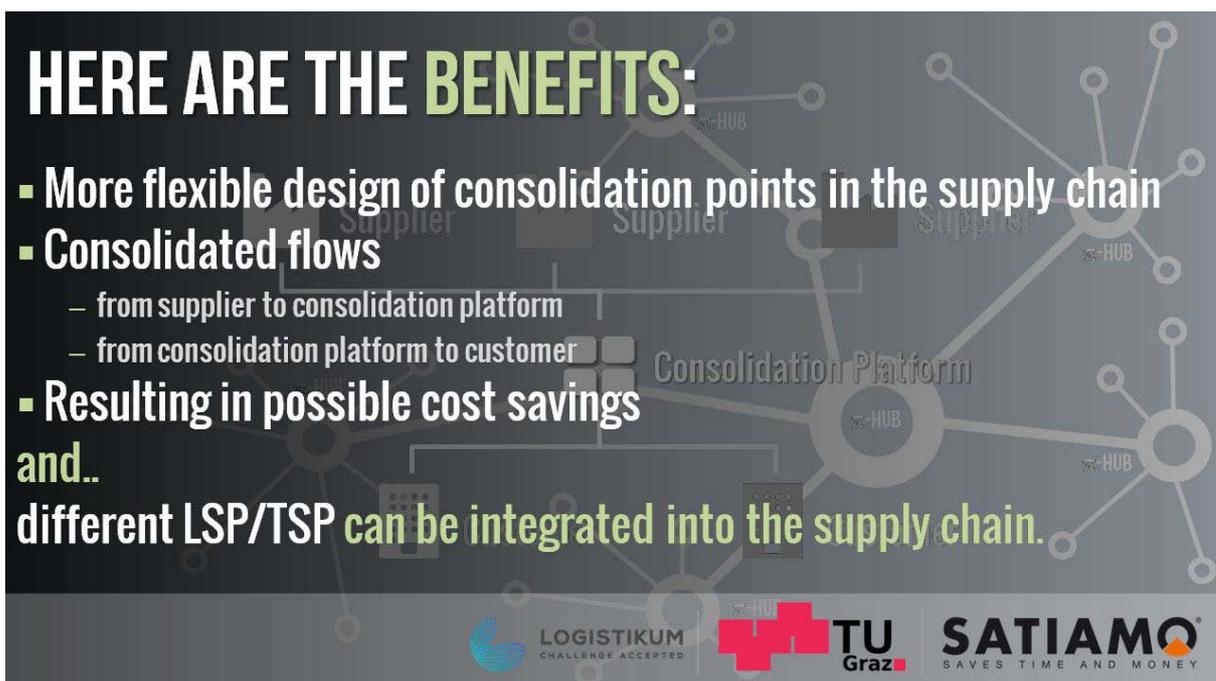
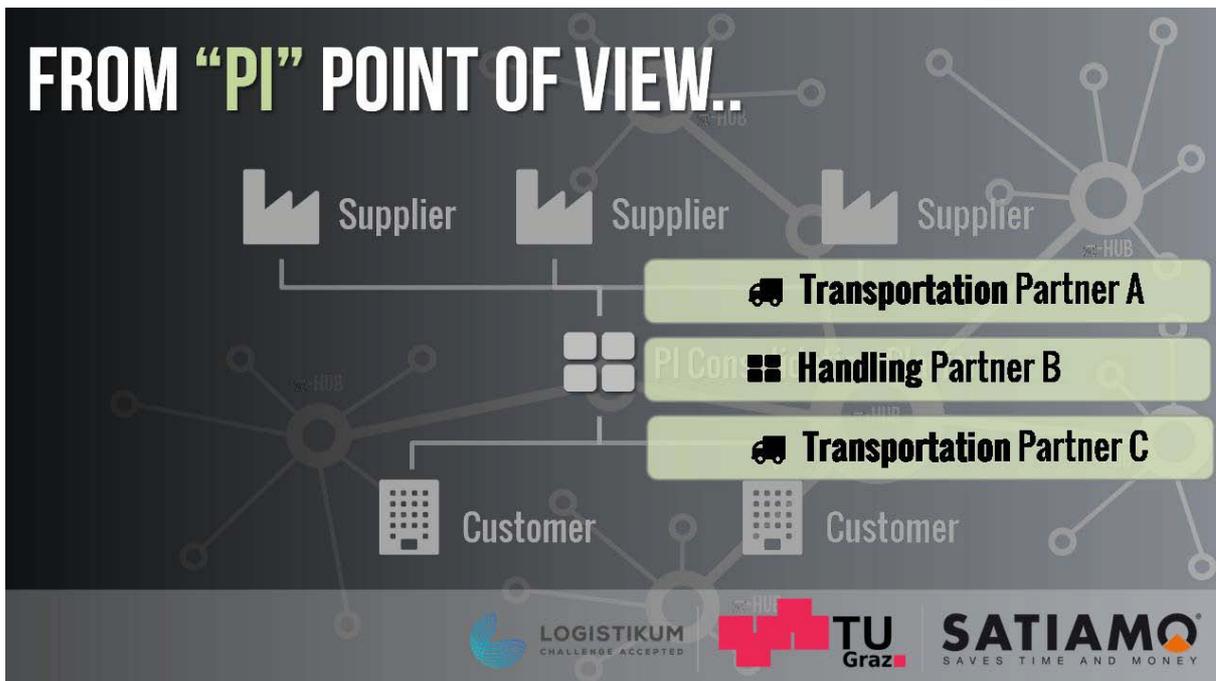
**PHYSICAL INTERNET GATEWAY**

# ..AS A WEB-BASED TRANSPORT MANAGEMENT PLATFORM

The screenshot displays a complex web interface for creating and managing shipments. It includes various input fields for shipment details, a table of tender offers, and sections for options and alternative offers.

Total price	Logistics service provider	Unloader	Valid until	Runtime
778.39 EUR	Fernstadt Österreichischer PK		30.00 Dec 31, 2018	
816.00 EUR	Wienkugler (1218)		45.00 Dec 31, 2018	
851.04 EUR	Garber nG (1215)		0.00 Dec 31, 2017	
960.84 EUR	Mullner (1324)		50.00 Dec 31, 2018	





# PROFILING PI SUBNETS:

- **Classes**
  - Groupage
  - LTL
  - FTL
- **Branch-oriented solution approaches**
  - Food
  - Building materials
  - Automotive
  - Agriculture
  - etc

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED TU Graz SATIAMO SAVES TIME AND MONEY

# PROS PI SUBNETS:

- **Consolidation**
  - Same shipping address
  - Less stops
  - Reduced mileage
- **Quality**
  - Certification of LSP
  - Similar service levels
  - Continuous service

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED TU Graz SATIAMO SAVES TIME AND MONEY

**A. INTRODUCTION**  
ProtoPI: The Digital Business Platform

**B.**  
Connecting to the PI

**C.**  
Enabling Consolidation

**D.**  
Measuring Performance

**E. OUTLOOK**  
..PI Prototyp..

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED

TU Graz

SATIAMO SAVES TIME AND MONEY

**DEVELOPING A DIGITAL BUSINESS PLATFORM**

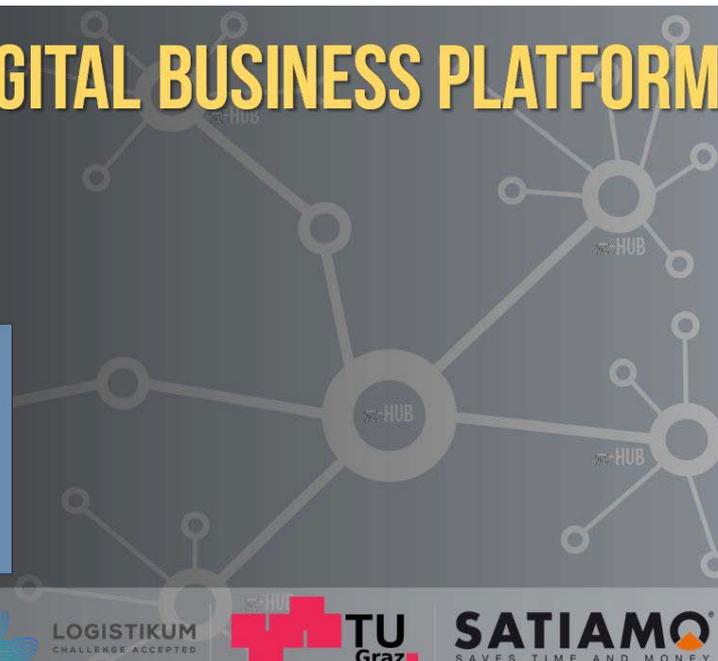
**LEVEL 1: OPERATOR**  
Transport Provider

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED

TU Graz

SATIAMO SAVES TIME AND MONEY

# DEVELOPING A DIGITAL BUSINESS PLATFORM



**LEVEL 2: ORGANIZER**  
Freight Forwarder | Lead Logistics Provider

**LEVEL 1: OPERATOR**  
Transport Provider

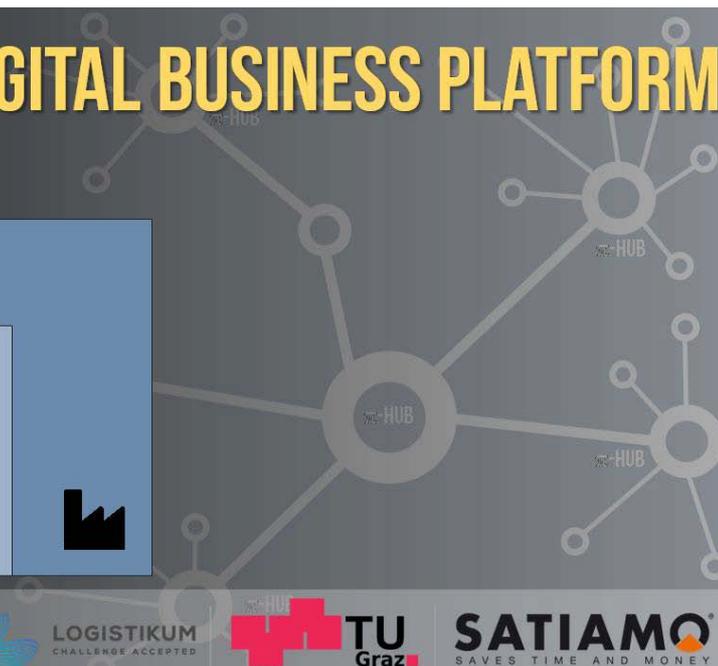


 LOGISTIKUM  
CHALLENGE ACCEPTED

 TU  
Graz

 SATIAMO  
SAVES TIME AND MONEY

# DEVELOPING A DIGITAL BUSINESS PLATFORM



**LEVEL 3: COMPANY**  
Enterprise-wide Supply Chain

**LEVEL 2: ORGANIZER**  
Freight Forwarder | Lead Logistics Provider

**LEVEL 1: OPERATOR**  
Transport Provider



 LOGISTIKUM  
CHALLENGE ACCEPTED

 TU  
Graz

 SATIAMO  
SAVES TIME AND MONEY

# DEVELOPING A DIGITAL BUSINESS PLATFORM

**LEVEL 4: INTERCOMPANY**  
A Multitude of Enterprise-wide Supply Chains

**LEVEL 3: COMPANY**  
Enterprise-wide Supply Chain

**LEVEL 2: ORGANIZER**  
Freight Forwarder | Lead Logistics Provider

**LEVEL 1: OPERATOR**  
Transport Provider

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED

TU Graz

SATIAMO SAVES TIME AND MONEY

# DEVELOPING A DIGITAL BUSINESS PLATFORM

**LEVEL 4: INTERCOMPANY**  
A Multitude of Enterprise-wide Supply Chains

**LEVEL 3: COMPANY**  
Enterprise-wide Supply Chain

**LEVEL 2: ORGANIZER**  
Freight Forwarder | Lead Logistics Provider

**LEVEL 1: OPERATOR**  
Transport Provider

**PERFORMANCE MEASUREMENT**  
Do our LSPs perform well?

**QUALITY ASSURANCE**  
Are our LSPs doing all right?

**STRATEGIC PLANNING**  
Do we have the right LSP?

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED

TU Graz

SATIAMO SAVES TIME AND MONEY

# DEVELOPING A DIGITAL BUSINESS PLATFORM

LEVEL 4: INTERCOMPANY  
A Multitude of Enterprise-wide Supply Chains

LEVEL 3: COMPANY  
Enterprise-wide

LEVEL 2: ORGANIZER  
Freight Forwarder | Lead Logistics Provider

LEVEL 1: OPERATOR  
Transport Provider

**>> PROVIDING RELEVANT INFORMATION**

PERFORMANCE MEASUREMENT  
Do our LSPs perform well?

QUALITY ASSURANCE  
Are our LSPs doing all right?

STRATEGIC PLANNING  
Do we have the right LSP?

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED TU Graz SATIAMO SAVES TIME AND MONEY

## A. INTRODUCTION

### ProtoPI: The Digital Business Platform

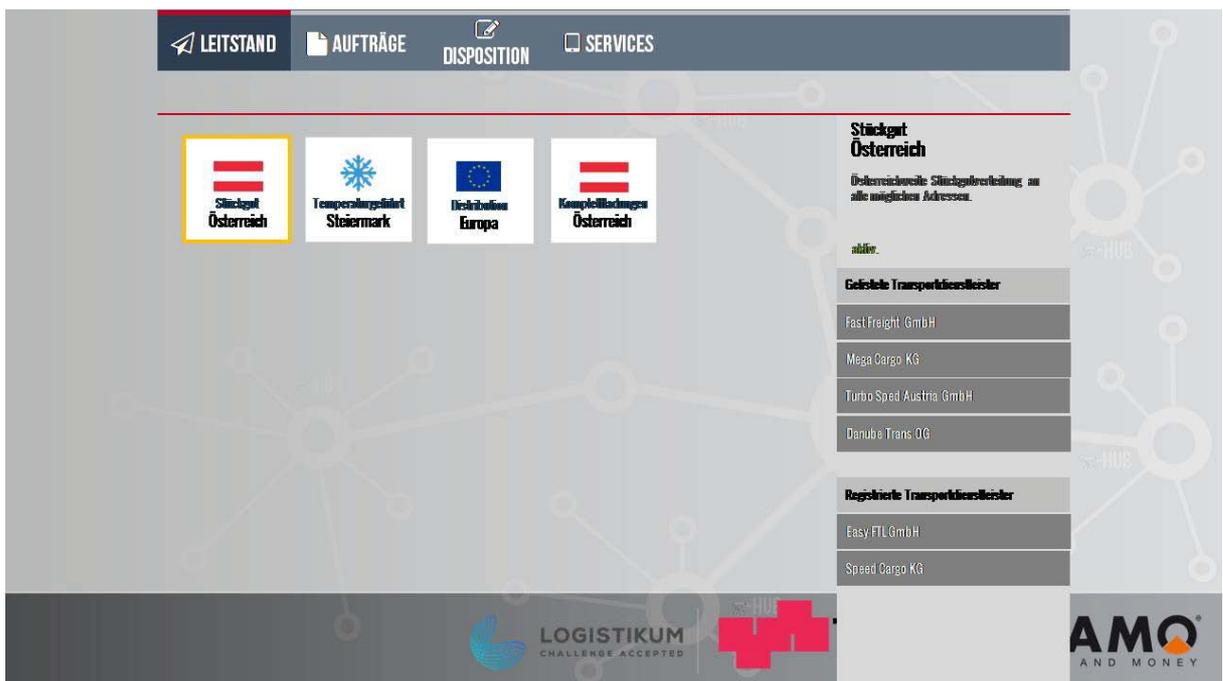
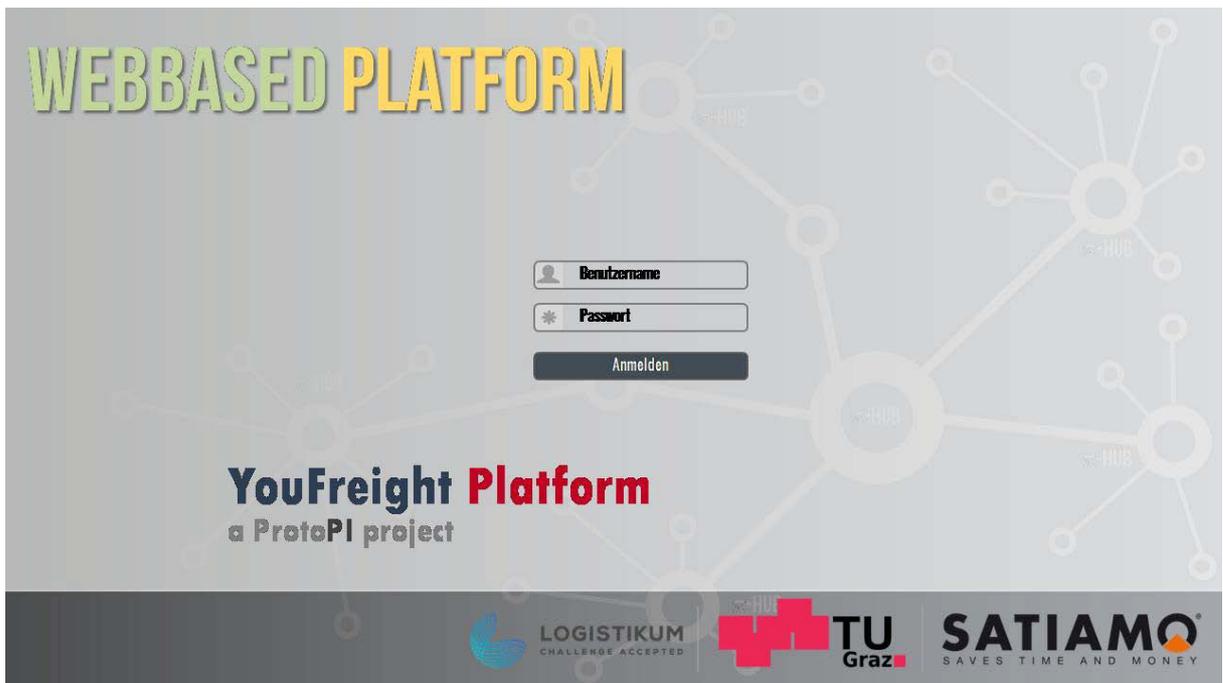
B. Connecting to the PI

C. Enabling Consolidation

D. Measuring Performance

E. OUTLOOK  
..PI Prototyp..

LOGISTIKUM CHALLENGE ACCEPTED TU Graz SATIAMO SAVES TIME AND MONEY



LEITSTAND AUFTRÄGE DISPOSITION SERVICES

Transportaufträge Neue Sendung Sendung ändern

Sendung: **00020456001**

Sendungsnum: 0002045600

**Ladestelle:** Producer GmbH  
Industriestrasse 16  
4600 Wels  
Österreich

**Ladezeit:** 07.02.2017  
13:00 - 16:00 Uhr  
Versandlager mit Laderampe.

**Entladestelle:** Tracer GmbH  
Urfahrngasse 17  
8020 Graz  
Österreich

**Entladezeit:** 08.02.2017  
07:00 - 13:00 Uhr  
Produktionshalle mit Laderampe.

Ware					
Europapalsten	6	3.000 kg	nicht stapelbar	Ladestellbereich	
Gillierbozen	3	1.500 kg	stapelbar 3x	kein Tausch	
Palettenstapler	7PSP	4.500 kg			
Lademeiler	310M				

**Zusatzinfo:**

Beschreibung	Handelswaren aller Art.
Gefahrart	kein
Abholer	-
Zustellweise	0664 9999 999, Hr. Mayer

THANK YOU FOR YOUR **ATTENTION!**









# Situation und Entwicklungstrends der Logistik in Ungarn

Prof. Dr. Béla Illés

# Prof. Dr. Béla Illés

Institutsdirektor  
Institut für Logistik, Universität Miskolc  
Ungarn



# SITUATION UND ENTWICKLUNGSTRENDS DER LOGISTIK IN UNGARN

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



**Prof. Dr. Béla Illés**

Institutsdirektor  
Institut für Logistik, Universität Miskolc  
Ungarn

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



## Einführung

- wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung Ungarns in den letzten Jahren
- Ungarns Rolle und Position in der Logistik in Ungarn
- Ungarns Rolle und Position in der Logistik innerhalb der EU
- die Frage der Wettbewerbsfähigkeit und die Rolle der Logistik

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



## Entwicklungstrends in der Logistik

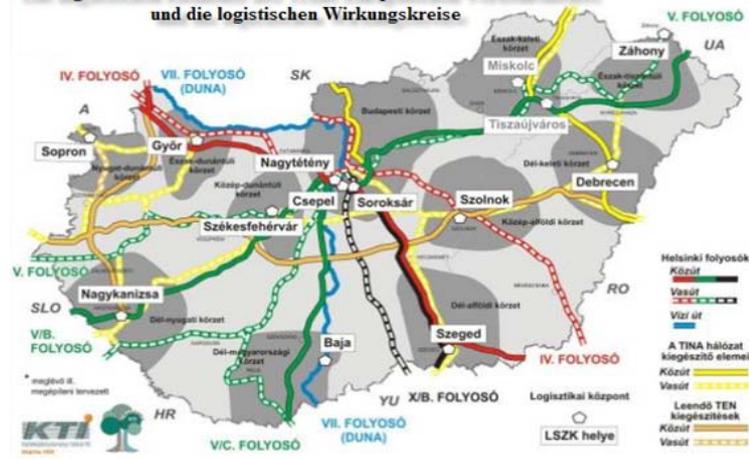
- Entwicklung der Infrastruktur
- Logistik und Verkehr,
- Entwicklung der logistischen Systeme
- Netzwerke der Produktions-, Dienstleistungs- und auch Recyclingsysteme,
- Einführung der Warenidentifikationstechnik,
- Neugestaltung der Struktur der Forschung und Lehre der Logistik,
- Marktanforderungen und Logistik

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



## Das Beispiel des Verkehrs

Die ungarischen Elemente des Trans-Europäischen Verkehrsnetzes  
und die logistischen Wirkungskreise



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



## Logistische Entwicklungen im Verkehr

- Entwicklung des öffentlichen Verkehrsnetzes
- Sicherung der Mobilität von Waren und Menschen
- Verbesserung des Verkehrs: Entwicklung der Lebensqualität
- Entwicklung des Verkehrs: Verbesserung des Warenumsatzes

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



## Verkehr und Verkehrskategorien

1. Die Situation bei den öffentlichen Verkehrskategorien: Autobahnen
2. Die Situation bei der Verkehrskategorie Eisenbahn: InterCity-Züge
3. Die Situation der Verkehrskategorie Binnenschifffahrt: Wasserverkehrsnetz
4. Die Situation im Flugverkehr: Sammel-Verteil- (so genannte hub) Funktion.

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



## Kombinierter Warentransport

- ausgebaute bzw. Auszubauende Umschlagplätze und Umschlaganlagen
- Steuervergünstigungen
- Umweltschutz
- Arbeitsplätze
- Schnelligkeit
- Rentabilität

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



## Aufgaben für die Zukunft

- Gestaltung des Verkehrskorridors von Nord nach Süd
- Entwicklung des Netzes der logistischen Dienstleistungszentren
- Bau von Terminals für den modernen kombinierten Transport
- umweltschonende Warentransporte
- Entwicklung der regional bedeutenden internationalen Flughäfen
- Planung und Bau von Fahrzeugparks
- Anwendung von intelligenten Verkehrssystemen

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



## Die Rolle der logistischen Zentren in Ungarn

- die logistischen Dienstleistungen anzubieten
- Verbindung zwischen den Dienstleistungen herzustellen
- Informatikservices anzubieten
- Integration der logistischen Dezentren
- Unterstützung der Industrieparks der Region
- Organisierung der Zusammenarbeit zwischen Managements der logistischen Zentren

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



## Wie kann es verwirklicht werden?

- Nationale logistische Projekte und Landesprogramme
- Regionale Programme und Projekte
- Entwicklung der Verkehrspolitik
- intermodale Lösungen in der Transportlogistik
- effektive Marktinitiativen
- Entwicklung von logistischen Dienstleistungen

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



## Voraussetzung: multinationale und nationale Unternehmen

- Die Frage der Standorte: ein großer Standort oder mehrere kleine Standorte
- Die Frage der Flächendeckung: die Waren müssen zum Käufer kommen
- Die Frage der Warenverteilung: Zulieferer, Dienstleister und Hersteller

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



## Merkmale der logistischen Dienstleistungen (Einnahmen)

### 1. Menge und Zeit:

- Weniger Waren und häufige Lieferung,
- 2. Schnell veränderliche Herstellungs- und Verbraucherdaten.
- 3. „Inhousing“ Tendenzen

### 4. Bedarf an komplex logistischen Dienstleistungen (4PL komplexe Dienstleistung)

### 5. Umweltbewusste Unternehmenshaltung und die inverse Logistik

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



## Merkmale der logistischen Dienstleistungen (Angebote)

### 1. Die Lage der **schweren Logistik**:

- große Mengen an Warentransport
- längere Transportdauer,
- relative Komplexität des Transports,
- Infrastruktur der Dienstleistung (Servicegeräte, Lager, Verteilzentrale, Verkehrsstruktur),

### 2. Die Lage der **leichten Logistik** – CEP (Bote – Express – Paket)

- inhouse (im Hause) logistische Dienstleistung

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



## Telekommunikative Investitionen bedeuten einen Mehrwert

- Mehrwert 1: Kommissionierung, Umpacken, Etikettierung, Durchlaufbehandlung, Warenavorbereitung
- Mehrwert 2: Reparatur, Wartung, Kundendienst nach dem Verkauf, logistische Informationssysteme, logistischer Informationsdienst

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



## Realisierungsmöglichkeiten

In Ungarn lassen sich die logistischen Zentren in 3 Gruppen einteilen:

- Regionalspezifische logistische Zentren,
- Logistische Basen,
- Regionale Zentren.

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



## Regionalspezifische logistische Zentren

- Ihre Aufgabe:

Klein- und mittelständischen Unternehmen die Möglichkeit zur Entwicklung zu geben, wobei die netzwerkartige Zusammenarbeit am wichtigsten ist.

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



## Beispiel Csepel



### Die logistischen Basen

- Ihre Aufgabe:

Die Versorgung bzw. die Distributionsaufgaben für Großbetriebe zu übernehmen.

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



## Beispiel Logistikzentrum Intermodalis



### Die regionalen Distributionszentren

- Ihre Aufgabe:

Warenverteilung in Gebieten zu organisieren, die in unserer Umgebung liegen.

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



## Das Beispiel von Logistik in Debrecen



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



## Logistik in Szolnok



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



## Lehr- und Ausbildungsstruktur der Logistik

- moderne IT-Technologie
- Qualität der Humanressourcen
- Komplexe Fachausbildung
- Spezielle Kenntnisse (z.B.: Waren-Technologie)
- Begriff und Berufsfeld: Logistikingenieur
- Schwerpunkte der Ausbildung

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



## Schwerpunkt 1: Inhalt

- Ingenieurlogistik
- Kenntnisse von Fördermaschinen, logistische Informatik, Verkehrslogistik, logistisches Management, Logistik der Wirtschaftsführung und des Marketings

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



## Schwerpunkt 2: Form

- BSc
- MSc
- Doktorschule

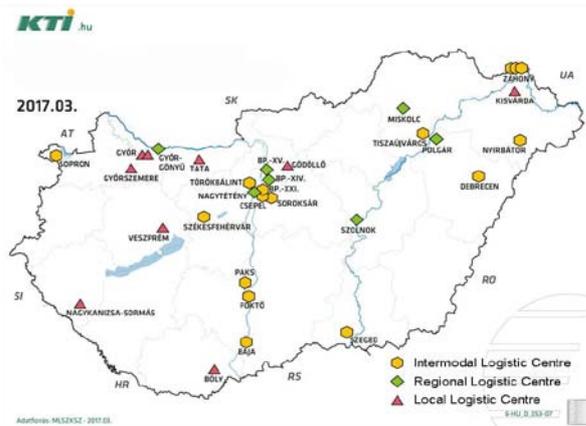
Wo liegen die speziellen Inhalte?

Integrierende Fächer: Mathematik, Statistik, Operationsforschung, Systemtheorie-Systemtechnik, Mechanik, Prozesse der Produktions- und Dienstleistungstechnologie, Verkehrstechnologie, Elektrotechnik-Elektronik und Automatisierung, Informationstechnologie, Telekommunikation, Messtechnik, Managementkenntnisse, Ökonomiekenntnisse, Management

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



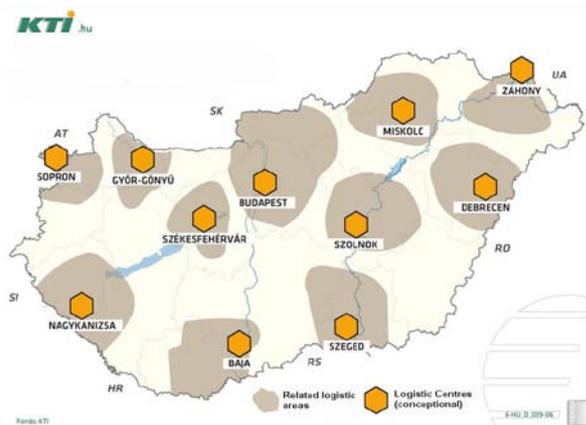
## Logistikzentren in Ungarn



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



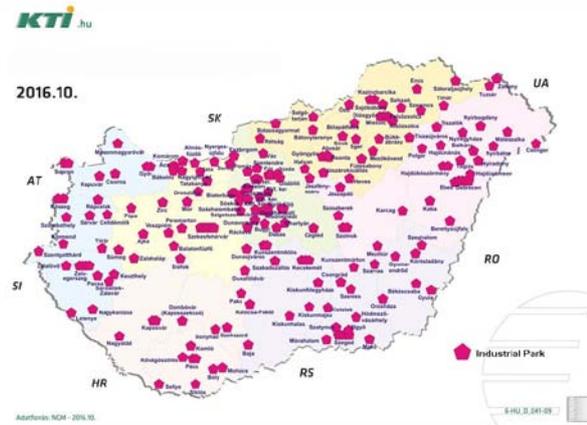
## Entwicklungsregionen



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



# Industrieparks in Ungarn



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



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

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







# **Entscheidungsfaktoren bei Intralogistikinvestitionen**

Martin Schmid



## Entscheidungsfaktoren bei Intralogistikinvestitionen

– Logistikwerkstatt Graz –

M. Schmid, 24.05.2018



**ECONSULT** Betriebsberatungsges.m.b.H., Jochen Rindt-Straße 33, 1230 Wien, Austria, T +43 1 615 70 50, F +43 1 615 70 50 33, office@econsult.at, www.econsult.at

### AGENDA

- ▶ **Vorstellung Vortragender und ECONSULT**
- ▶ **Basis der Aussagen**
- ▶ **Entscheidungsfaktoren**
- ▶ **Schlussfolgerungen**

**SCHMID Martin – Geschäftsführender Gesellschafter ECONSULT**



**SCHMID Martin (Dipl.-Ing. Dr. tech.)**

Ausbildung und berufliche Entwicklung: Studium Wirtschaftsingenieurwesen (TU Wien), Assistent am IHS (Bereich BWL und OR), Lehrauftrag Produktionslogistik, Logistikberatung und -planung

Kompetenzen: Logistikstrategie, Produktionsoptimierung, Produktionslogistik, Process Reengineering in Produktion, Logistik und Vertrieb, integrierte Vertriebs- und Produktionsplanung, Handelslogistik, Supply Chain Management, Einsatz von OR-Verfahren in Produktion und Logistik, u.a.m.

In der Logistikplanung und -beratung seit 1988

**ECONSULT ist in Österreich und der CEE-Region führend in den Bereichen Logistikberatung und -planung mit Erfahrungen aus über 1.600 Projekten**



Partner v.l.n.r.:	Beiratsvorsitzender & Senior Partner
Christian Skaret	Prokurist
Harald Zwölfer	Geschäftsführender Gesellschafter
Martin Schmid	Geschäftsführender Gesellschafter
Jürgen Schrampf	Prokurist
Gerhard Kwasnitzka	

**Inhaltliche Schwerpunkte:**

- Strategische und operative Logistikberatung
- Planung und Realisierung von Logistik- und Produktionssystemen

**Gegründet 1980, seit Jahren Marktführer in Österreich**

**Erfahrung aus über 1.600 Projekten bei mehr als 800 Unternehmen**

**Regionaler Schwerpunkt: Österreich, Mitteleuropa und CEE, Projekte auch in Russland, den USA und Asien**

**Absolut neutral gegenüber ausführenden Firmen, 100% privat finanziert**

**Praxis- und umsetzungsorientierte Experten aus unterschiedlichen Fachrichtungen**

VORSTELLUNG ECONSULT

ECONSULT – Das Produktportfolio



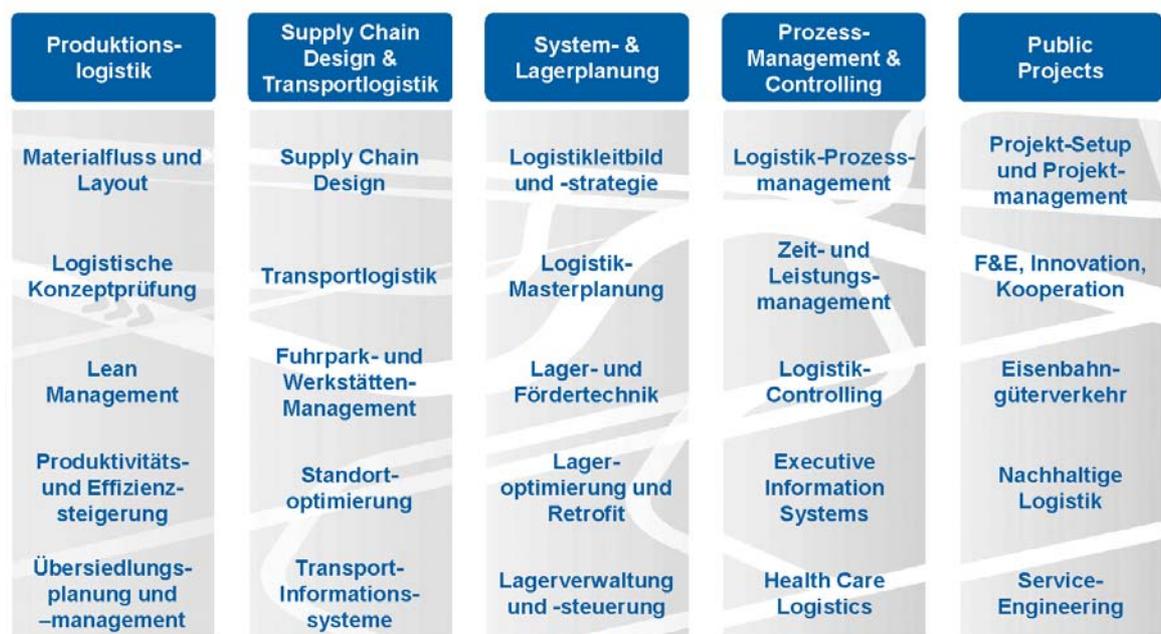
LWG\_20180524\_Schmid

ECONSULT

5

VORSTELLUNG ECONSULT

ECONSULT – Das Produktportfolio



LWG\_20180524\_Schmid

ECONSULT

6

REFERENZEN

Zahlreiche namhafte Industrieunternehmen haben erfolgreiche Projekte mit ECONSULT durchgeführt

Referenzen Industrie (Auszug)



REFERENZEN

Viele Lebensmittelunternehmen wurden von ECONSULT begleitet und bei Expansions- und Wachstumsschritten unterstützt

Referenzen Nahrungs- und Genussmittel (Auszug)



REFERENZEN Logistikwerkstatt Graz

**Regional und international tätige Handelsunternehmen wurden von ECONSULT erfolgreich beraten und planerisch betreut**

**Referenzen Handel (Auszug)**



REFERENZEN Logistikwerkstatt Graz

**Dienstleister und andere Wirtschaftsbereiche haben immer wieder auf die Leistungen von ECONSULT zurückgegriffen**

**Referenzen Dienstleister (Auszug)**



**Referenzen sonstige Branchen (Auszug)**



AUSGANGSBASIS

**Die Aussagen hinsichtlich Entscheidungsfaktoren in Intralogistikprojekten beruhen auf Projekten der letzten drei Jahre!**

**Rein manuelle Projekte wurden nicht berücksichtigt!**

Branche	Beschreibung	Lagertyp	Status
Elektroproduzent	Fertigwarenlager	aut. PAL & Shuttle	abgeschlossen
Getränkeproduzent	Fertigwarenlager	aut. PAL	abgeschlossen
Landmaschinenhersteller	Ersatzteilzentrum	PAL & AKL	abgeschlossen
Sportartikelproduzent	Zentrallager Fertigware	man. PAL, AKL, Shuttle	abgeschlossen
Chemische Industrie	Produktionsversorgungslager	aut. PAL	in Realisierung
Elektroproduzent	Fertigwarenlager	aut. PAL	in Realisierung
Getränkeproduzent	Auslieferungslager	PAL, AKL	in Realisierung
Schmuckproduzent	Zentrallager	Ersatz LVS	in Realisierung
Pharmaindustrie	Produktionsversorgungslager	aut. PAL	in Realisierung
Sportartikelproduzent	Zentrallager Fertigware	man. PAL, Shuttle	in Realisierung
Fleischindustrie	Produktionslager, FW Lager	u.a. Shuttle	in Detailplanung
Sportartikelproduzent	Zentrallager Fertigware	aut. PAL & ROCCO, AKL	in Detailplanung
Chemische Industrie	Produktionslager, FW Lager	aut. PAL	in Planung
Logistikdienstleister	Fulfillment - Center	man. PAL, Ware zur Person	in Planung

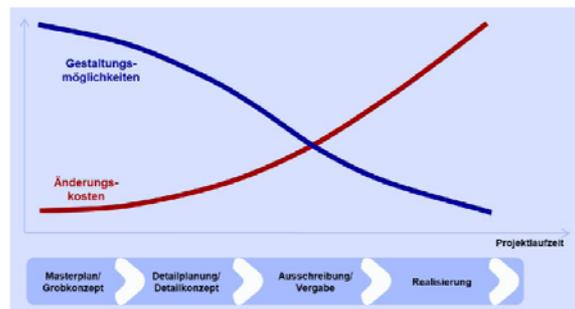
ENTSCHEIDUNGSFAKTOREN

**Die Kosten sind immer einer der wichtigsten Entscheidungsfaktoren!**

**Gemessen wird aber meist am Budget!**

▶ **Detaillierte Vor- und Machbarkeitsstudien gewinnen zunehmend an Bedeutung**

- Projekte werden meist an den erstgenannten Budgets gemessen
- Akzeptierte Bandbreiten +/- 15%



▶ **NPV (Net Present Value) ist die meistverwendete Methode zur Wirtschaftlichkeitsberechnung**

- Wahl des kalkulatorischen Zinssatzes beeinflusst diese Methode extrem
- Betrachtet werden meist TCO (Total Cost of Ownership)

▶ **Große Unterschiede zwischen eigentümergeführten und börsennotierten Unternehmen**

▶ **Innerhalb des Budgets kann man sich relativ frei bewegen**

## ENTSCHEIDUNGSFAKTOREN

**Nachweis, dass die Investition den zukünftigen Anforderungen entspricht!**

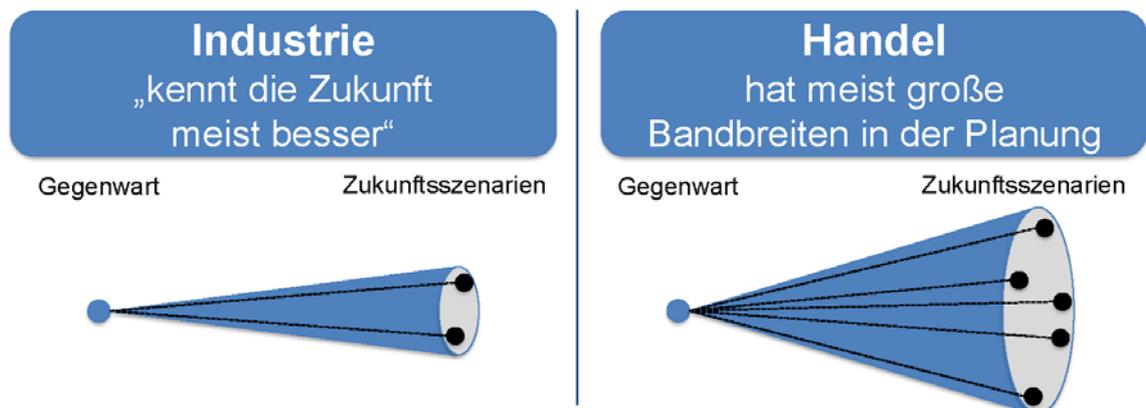
- ▶ Einbeziehung auch der Nicht-Logistikbereiche in die Planung wichtig
- ▶ Konzepte müssen Anforderungen aller Bereiche abdecken
- ▶ Planung in Szenarien notwendig
- ▶ **Skalierbarkeit und Flexibilität notwendig**
  - Statisch (Anpassbar auf sich ändernde Artikeleigenschaften und Lagergrößen)
  - Dynamisch (Anpassbar auf sich ändernde Tagesdurchsätze bzw. Auftragsstrukturen)
- ▶ **Erweiterbarkeit notwendig**

Gut ausgearbeitete Planungsgrundlagen sind  
speziell in schnelllebigen extrem Zeiten wichtig!

## ENTSCHEIDUNGSFAKTOREN

**Meist ist eine Planung in Szenarien notwendig!**

**Große Unterschiede zwischen Handel und Industrie:**

**Plausible Antworten auf komplexe Anforderungen notwendig**

- ▶ Abdeckung der geforderten Leistung muss erklärt werden
- ▶ Verstärkt Simulation im Einsatz zur Klärung kritischer Prozesse
- ▶ Dokumentation der Prozesssicherheit

ENTSCHEIDUNGSFAKTOREN

**Software–Themen bilden aktuell meist den Engpass!**

**Fast alle Verzögerungen sind auf SW-Themen zurückzuführen!**

**Verfügbarkeit von IT-Ressourcen sind ein wichtiges Entscheidungskriterium!**

- ▶ Zusicherung von fixen Projektteams
- ▶ Vermeidung des Einsatzes von Subauftragnehmern
- ▶ Pönalisierung von Terminen

**Bei komplexen Projekten ist eine Emulation des SW-Prozesse fast Bedingung!**

- ▶ Die implementierten Prozesse werden und die Schnittstellen werden emuliert
- ▶ Achtung: eine gelungene Emulation ist keine Garantie für einen problemlosen Echtbetrieb
  - Netzwerk ist oft nicht getestet
  - Ebenso der Einsatz des Produkktivsystems

**SAP EWM gewinnt immer mehr an Bedeutung!**

- ▶ Lieferanten ohne SAP-Kompetenz können zu „Blechlieferranten“ werden!
- ▶ Es entstehen ungeahnte Partnerschaften
- ▶ Große SAP-Implementierer treten als GU auf

ENTSCHEIDUNGSFAKTOREN

**Reduktion von Schnittstellen in der Umsetzung!**

**„Alles aus einer Hand Anbieter“ werden immer wichtiger!**

**Vor allem große Unternehmen akzeptieren nur GU-Modelle!**

- ▶ **Vermeidung von Schnittstellen**
- ▶ **Reduktion der Ansprechpartner**
- ▶ **Rechtsabteilungen drängen auf GU**
- ▶ **Mehrkosten werden akzeptiert**

**Einzelgewerkvergabe meist in kleineren Projekten!**

- ▶ **Höherer Budgetdruck**
- ▶ **Geringere Komplexität**
- ▶ **Verstärkt auch bei eigentümergeführten Unternehmen**

## ENTSCHEIDUNGSFAKTOREN

## Frühzeitige Betrachtung der After Sales Faktoren: Das Projekt endet nicht mit der Inbetriebnahme der Anlage!

### ► Zukunftssicherheit des Partners

- Bonität und wirtschaftliche Stärke
- Kooperation bei Änderungen, Anpassungen und Erweiterungen
- Marktposition



### ► Zukunftssicherheit des Technologie

- Ist die SW state of the art, wird es diese in zehn Jahren noch geben?
- Ist die HW state of the art, wird es diese in zehn Jahren noch geben?



### ► Verfügbarkeit des Technikpartners

- Leistungsspektrum Hotline
- Reaktionszeit bei Störungen
- Verfügbarkeit von Ersatzteilen



## ENTSCHEIDUNGSFAKTOREN

## Nachhaltigkeit gewinnt an Bedeutung! Anbieter machen es den Auftraggebern (manchmal) nicht leicht !



### ► Selbst beim Energieverbrauch gibt es keine standardisierten Berechnungsmethoden!

- Verbrauchsangaben für vergleichbare Anlagen weichen bis zu 100% ab (!)
- Hersteller verwenden Tools → Ergebnisse tlw. nicht nachvollziehbar
- Beispiel:

- Dreigassige Shuttleanlage mit einem Einlagerstich und drei Kommissionierstationen
- Anbieter B verspricht 40% weniger Energieverbrauch als Anbieter A
- Würde eine Erweiterung der Trafostation obsolet machen
- Keine Garantie, keine Detailberechnungen

### ► Bei standardisierten, realistischen Berechnungsmethoden werden Nachhaltigkeitskriterien an Bedeutung gewinnen!

- Übernahme in Normen oder Richtlinien
- Vergleichbar mit Spielzeitberechnungen
- Kein Schicksal von PKW-Abgastests

**Die Entscheidungskriterien sind vielfältiger geworden, Systeme werden nicht nur über den Preis verkauft - Planer und Lieferanten müssen sich den geänderten Rahmenbedingungen stellen!**

- 1. In der Vorstudie/Masterplan werden die meisten Entscheidungen gefällt und die Richtlinie für das gesamte Projekt festgelegt!**  
Budget und NPV + Technisches Konzept
- 2. Durch Schnellebigkeit gibt es tlw. Planungsunsicherheit, Anlagen sollten skalierbar, flexibel und erweiterbar sein!**
- 3. IT wird Mechanik weiter in den Hintergrund drängen und bildet aktuell den größten Engpass**
- 4. Gesucht werden starke verlässliche Partner in allen Projektphasen**  
Planung (Methodenkompetenz) → Realisierung → After Sales
- 5. Risikominimierung vor Kostenminimierung**
- 6. Nachhaltigkeit wird nur bei standardisierten Methoden ein entscheidendes Kriterium werden**



**WIR DENKEN LOGISTIK.**

**ECONSULT**

Betriebsberatungsges.m.b.H.

Jochen Rindt-Straße 33, 1230 Wien, Austria,  
T +43 1 615 70 50, F +43 1 615 70 50 33,  
office@econsult.at, www.econsult.at









# Energieeffiziente Intralogistik - Wie kann der Energiebedarf von Distributionszentren vergleichbar ermittelt werden?

Jan van der Velden  
Dr.-Ing. Meike Braun



# Energieeffiziente Intralogistik - Wie kann der Energiebedarf von Distributionszentren vergleichbar ermittelt werden?

**Jan van der Velden**  
**Dr.-Ing. Meike Braun**

**Logistikwerkstatt Graz**  
**Graz, 24.& 25.05.2018**



1



## Jan van der Velden

**Aktuell:** Director Food, Vanderlande Industries  
verantwortlich für aktuelle und zukünftige  
Intralogistiklösungen für den  
Lebensmittelbereich



**Gremien:** Präsident der Gruppe "Intralogistics Systems" der FEM  
Mitglied des Boards der FEM

**Erfahrung:** seit 1980 im Tätigkeitsfeld der Intralogistik, Systemdesign  
und Systemarchitektur

**Bildung:** Diplom Ingenieur Maschinenbau

2



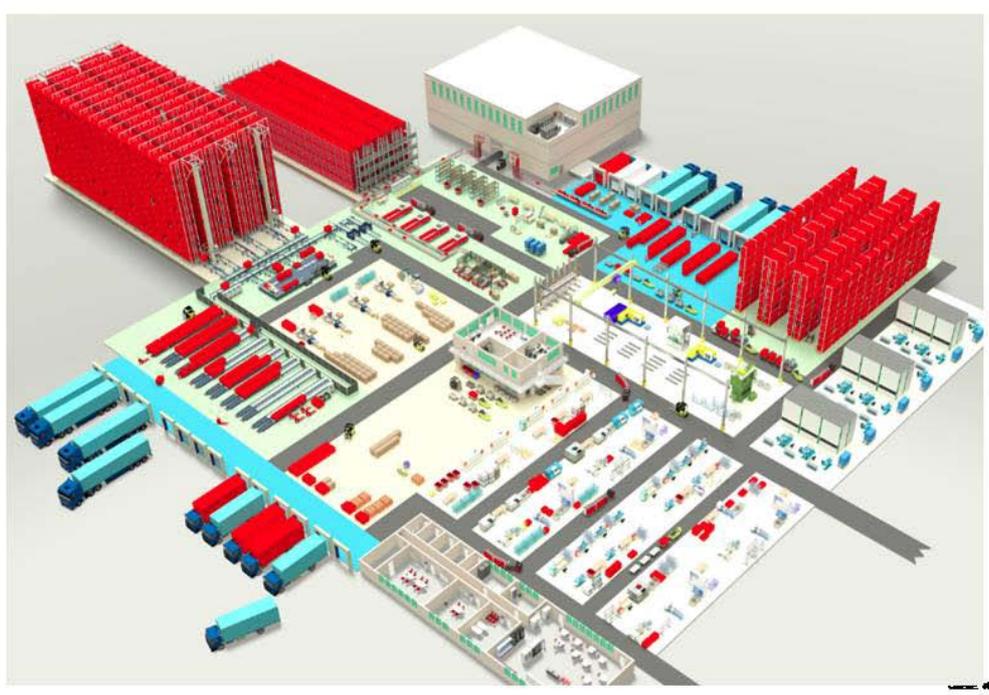
# Das Distributionszentrum im Allgemeinen



Quelle: [https://www.wurth.com/bch/bwedi/alpha/area/prime\\_18/00000001/01/00000001\\_Verwaltungsgebäude/2013.jpg](https://www.wurth.com/bch/bwedi/alpha/area/prime_18/00000001/01/00000001_Verwaltungsgebäude/2013.jpg)

3

# Das Distributionszentrum im Allgemeinen



Quelle: Klammer 2005

4

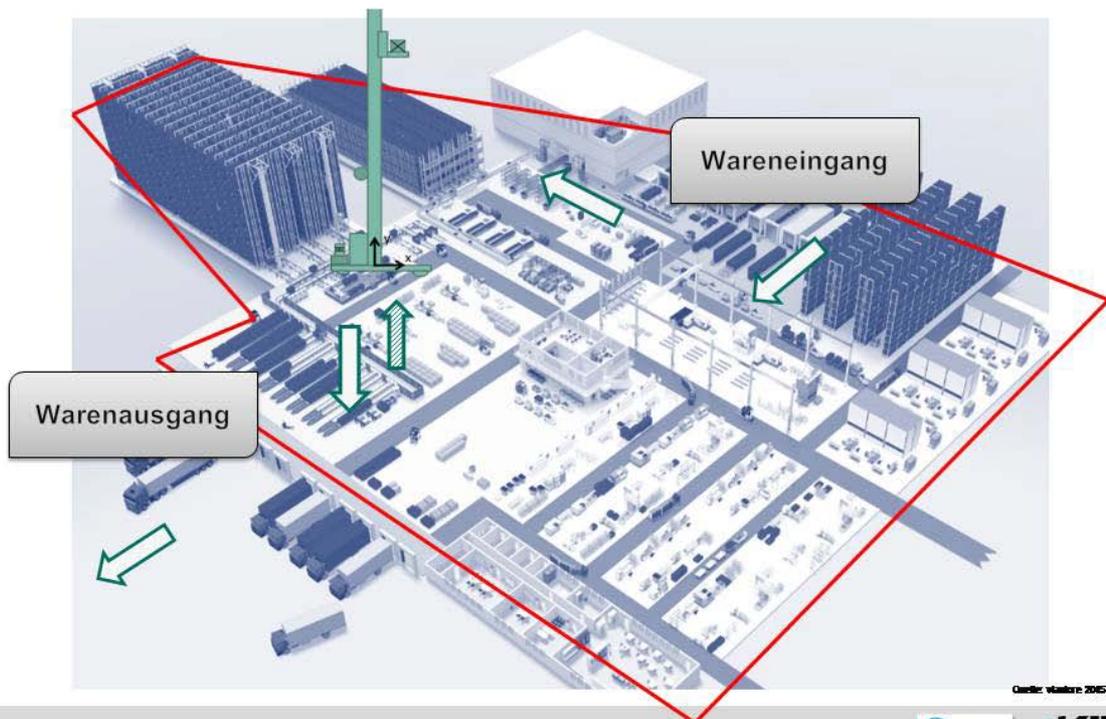
## Die Prozesse eines Distributionszentrums



Quelle: Winkler 2015

5

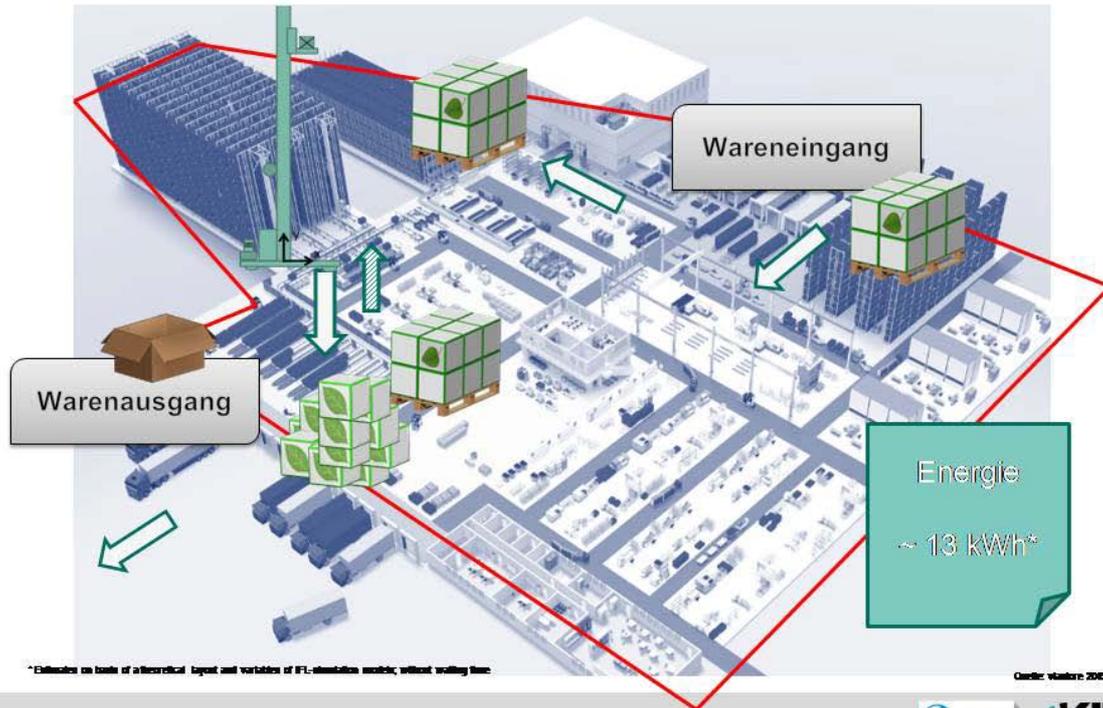
## Der Lager- und Kommissioniervorgang im Allgemeinen



Quelle: Winkler 2015

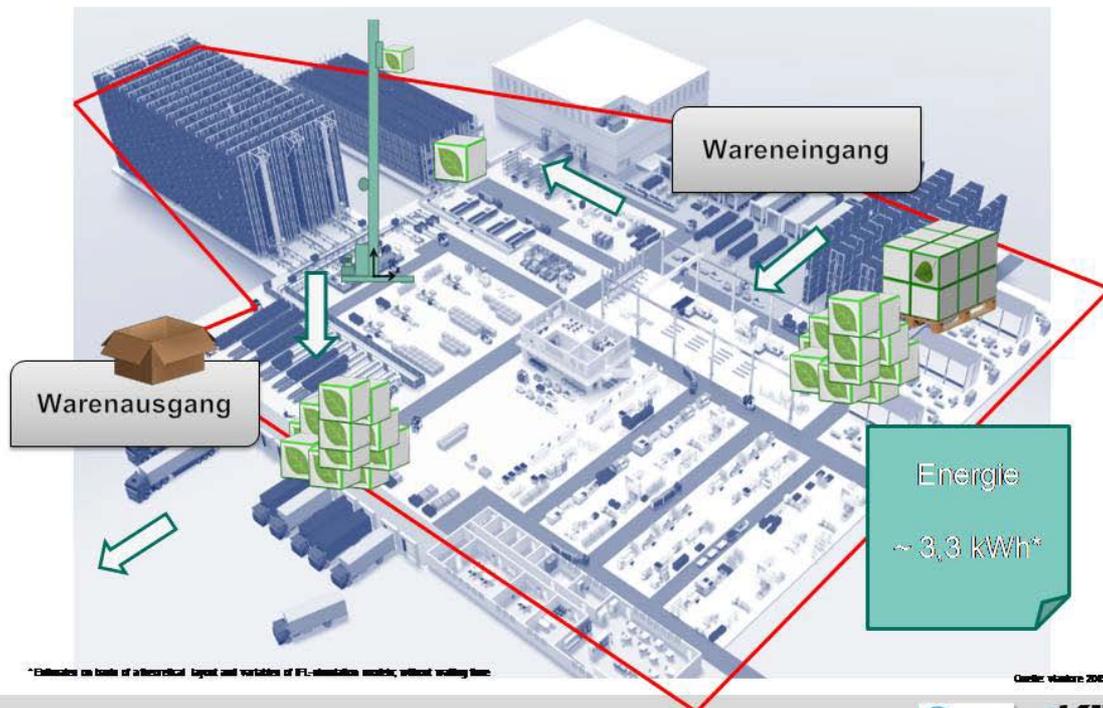
6

## Der Vorgang als Palettentransport



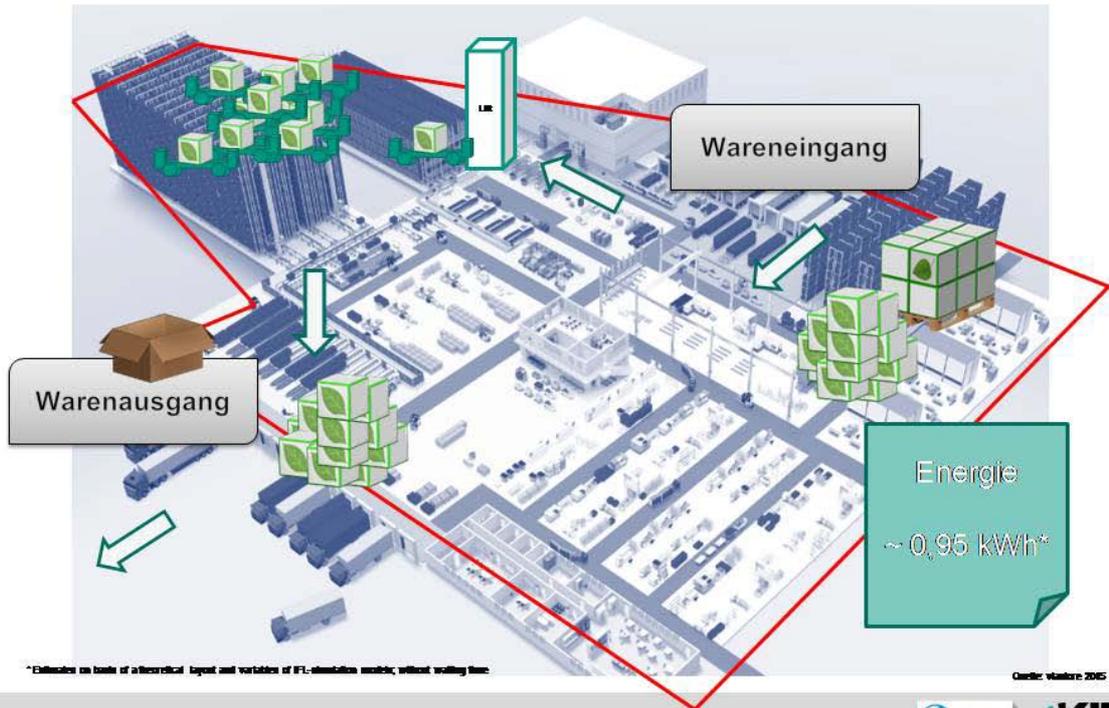
7

## Der Vorgang als Behältertransport mit RBG



8

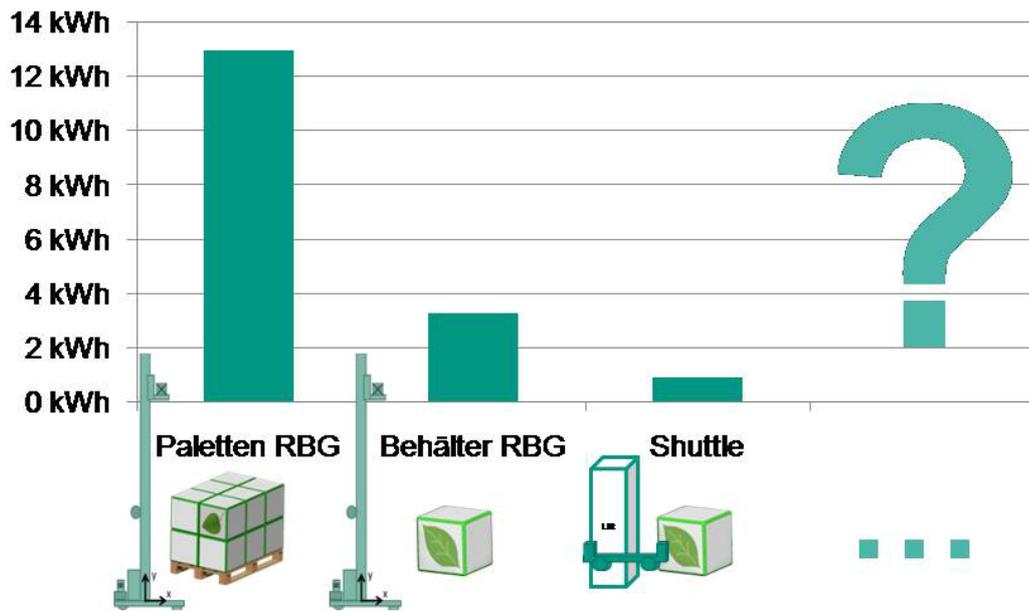
## Der Vorgang als Behältertransport mit Shuttles



9



## Einfluss verschiedener technischer Möglichkeiten

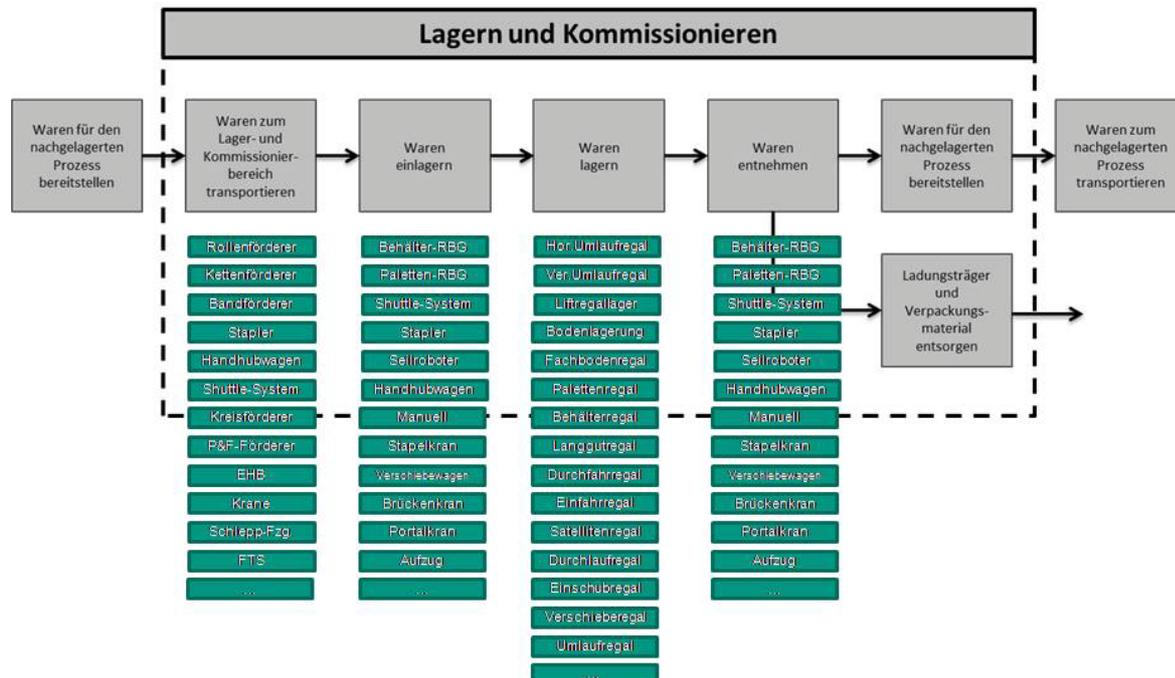


\* Estimates on basis of a theoretical layout and variables of FI-identification enable, without walking time.

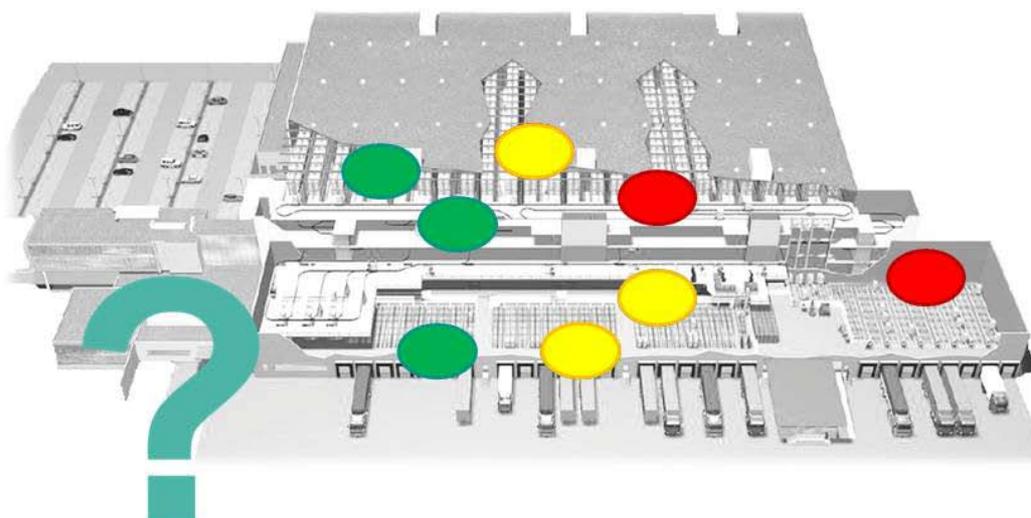
10



## Viele Realisierungen sind möglich – was ist die „beste“?



## Welches System ist das bessere?



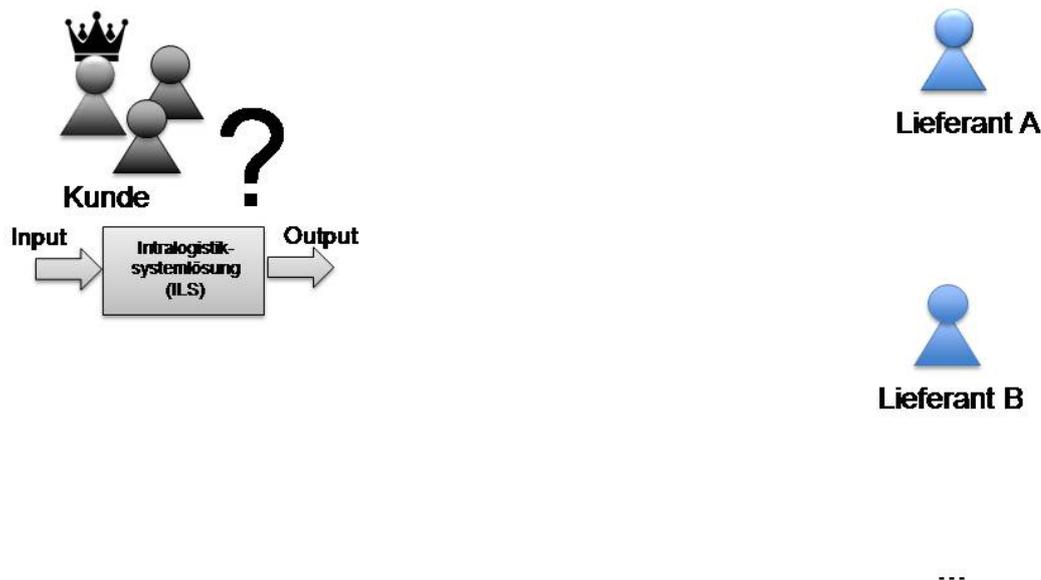
Source: Schilling 2003

## Projektpartner zur Erstellung der FEM 9.865



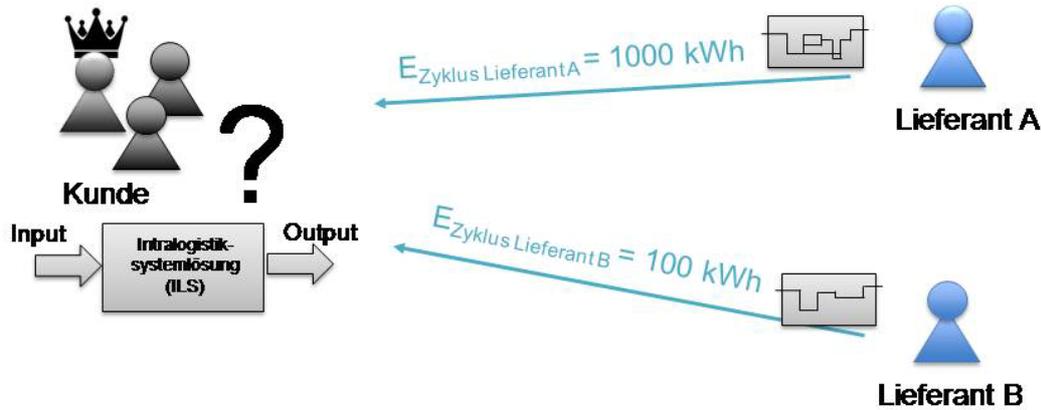
13

## Ablauf der FEM 9.865 im Allgemeinen



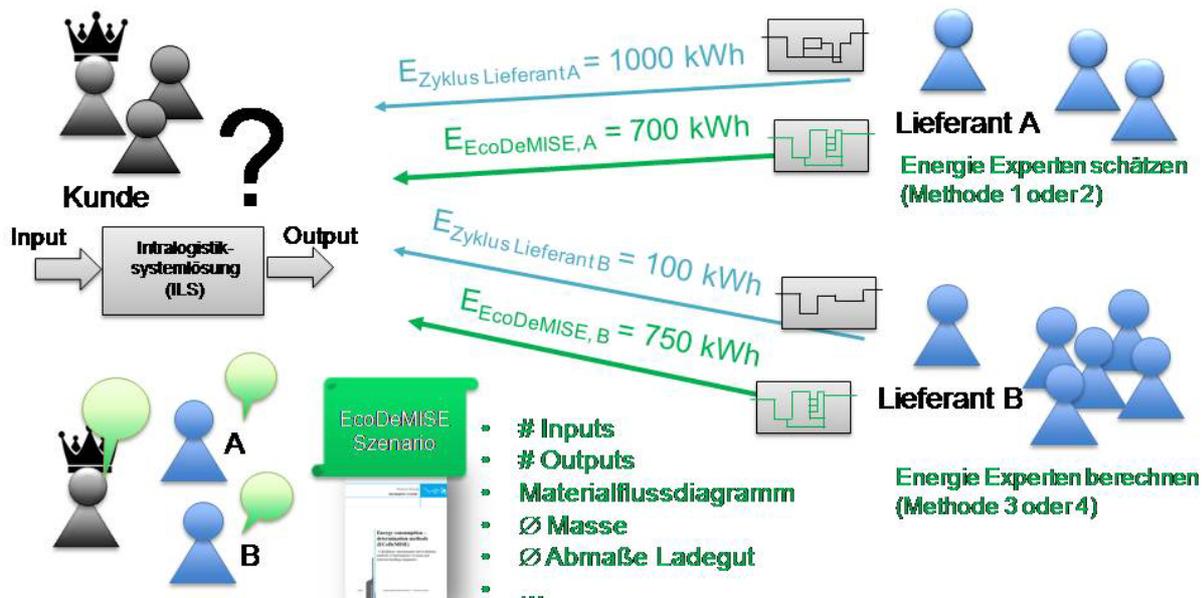
14

## Ablauf der FEM 9.865 im Allgemeinen



Zyklus A ≠ Zyklus B  
ILS A ≠ ILS B

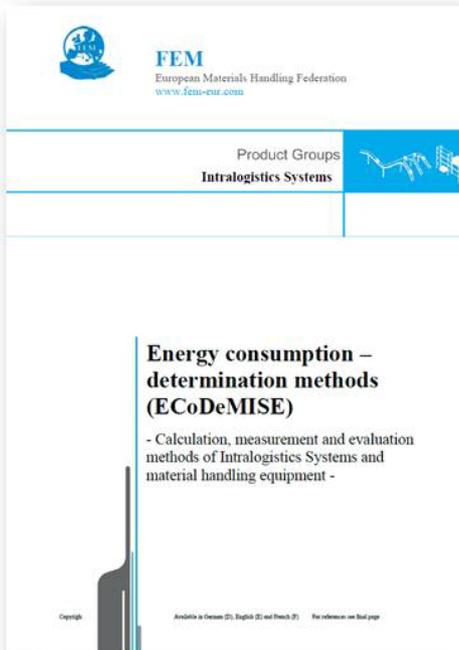
## Ablauf der FEM 9.865 im Allgemeinen



Zyklus A = Zyklus B = EcoDeMISE Szenario  
ILS A ≠ ILS B

Zyklus A ≠ Zyklus B  
ILS A ≠ ILS B

## Übersicht FEM 9.865



**Start: Kundenanfrage**

**Schritt 1: Definition der Anforderungen und Entwicklung einer Lösung**

**Schritt 2: Ermittlung des Energiebedarfs**

**Schritt 3: Messung des ECoDeMISE Szenarios**

**Schritt 4: Evaluation von Ermittlung (Model) und Messung (Realität)**

**Output:**

Ermittelter, zuverlässiger und evaluierter Energiebedarf des realen Systems

## Übersicht FEM 9.865

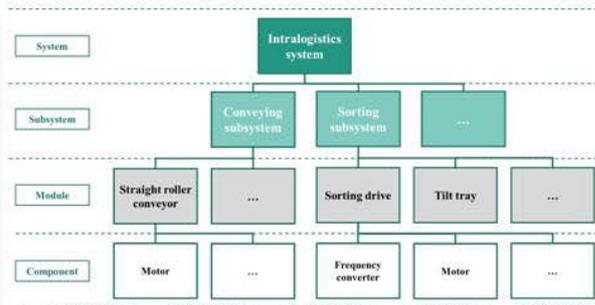
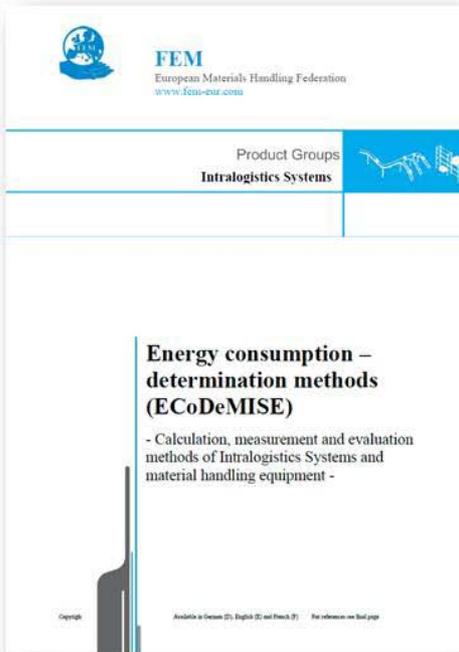


Methode zur Berechnung des Energiebedarfs von Fördermittelmodulen und Komponenten

Methode zur Durchführung von Messungen von Fördermittelmodulen und Komponenten

Methode zur Durchführung der Evaluation des abgebildeten Modells mit realen Messdaten

## Übersicht FEM 9.865



## Übersicht FEM 9.865

### General topics

- Introduction and aims
- Scope
- Terms & Definitions
- Abbreviation
- Documents referred to

### Determination methods

- **Determination process**
  - Step 1: Requirements
  - Step 2: Determination
  - Step 3: Measurements
  - Step 4: Evaluation

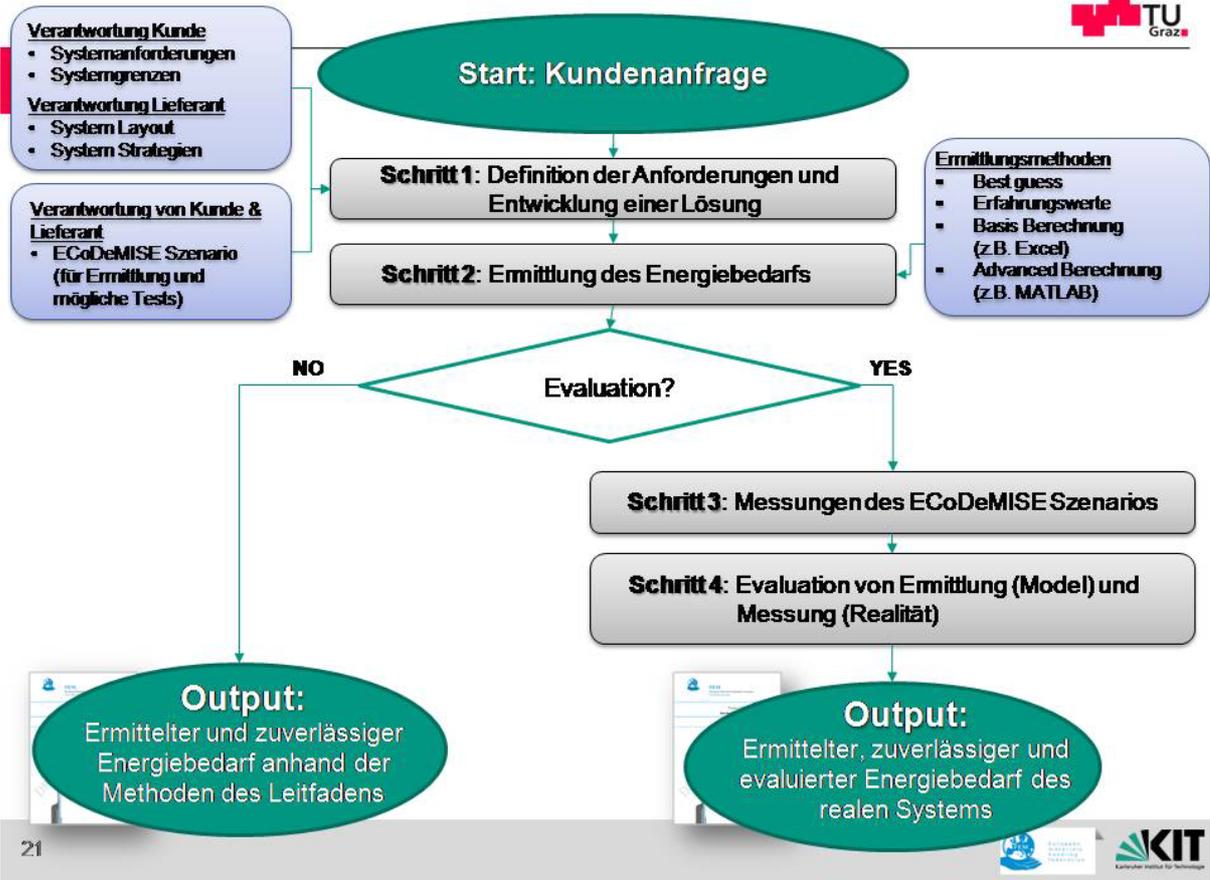
#### Methods in detail:

- **Calculation** of the energy consumption of intralogistics modules and components
  - Formulas for power train, kinetic parameters, ...
- **Measurement** of the energy consumption of intralogistics modules and components
- **Evaluation** of system model and real system

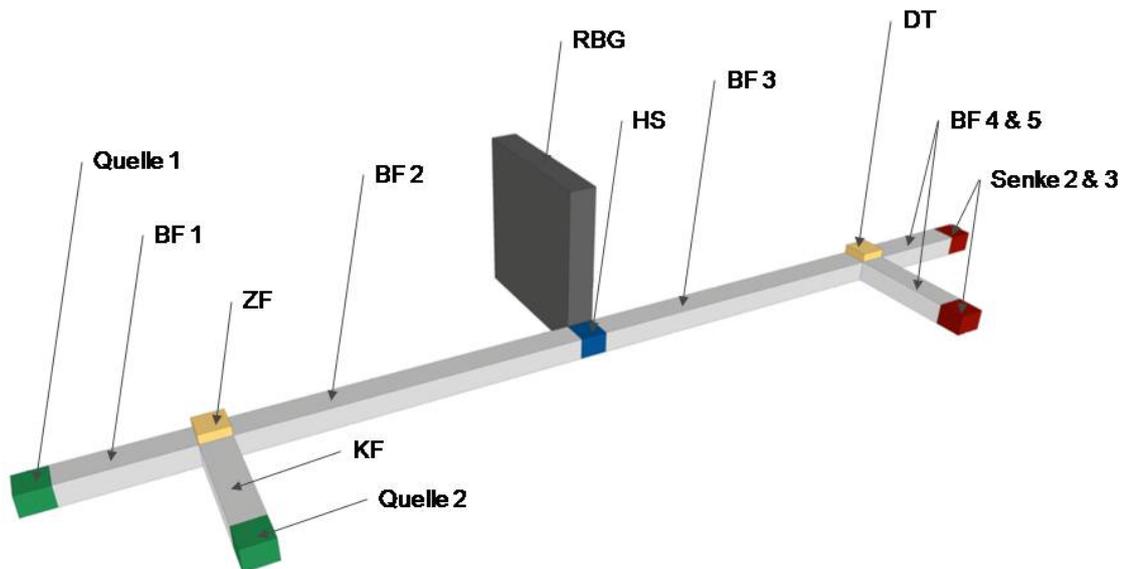
### Subsystem & Modules

- Definition and functional principals
- Use cases and related standards
- Assumptions and requirements for calculation
- **Formulas for calculation (Basic and Advanced)**
- Assumptions and requirements for measurements
- Measurement test scenario
- Possible reliability and acceptance criteria of results

For every subsystem / module, e.g. roller conveyor, sorter, stacker crane **one chapter**



## Beispiel und Anwendung der FEM



## Berechnete Energiebedarfe nach FEM Methode 4

<b>Quelle 1</b> A 10s B 15s s = 5m a = 2m/s <sup>2</sup> v = 4m/s 6.49Wh		<b>Quelle 2</b> C 3s D 20s s = 10m a = 1.5m/s <sup>2</sup> v = 3m/s 19.83Wh		<b>Quelle 3</b> E 39.1s F 65.1s h = 1m h = 1m (00) - (1/2) (1/2) - (2/2) (2/2) - (00) (00) - (2/5) (2/5) - (3/5) (3/5) - (00) (00) - (3/1) (3/1) - (00) 90.57Wh		<b>Quelle 4</b> s = 10m a = 2m/s <sup>2</sup> v = 4m/s 5.28Wh		<b>Quelle 5</b> D 45.9s E 46.9s s = 5m a = 2m/s <sup>2</sup> v = 4m/s 3.96Wh	
<b>ZF1</b> Winkel = 90° 0Wh		<b>BF2</b> s = 30m a = 2m/s <sup>2</sup> v = 4m/s 26.94Wh		<b>Hubantriebszeiten</b> h = 0.02m a = 0.07 m/s <sup>2</sup> v = 0.1 m/s Winkel = 90° 0.37Wh		<b>BF3</b> s = 20m a = 2m/s <sup>2</sup> v = 4m/s 23.43Wh		<b>DF1</b> Winkel = 90° a = 6°/s <sup>2</sup> v = 20°/s 2.49Wh	
■ Spielzeit: 80.59s ■ Energiebedarf: 179.35Wh									

## Analyse der Energiebedarfe des Systems

Energiebedarf					
a/v: 0.5x 146.60Wh 116.69s -18%	Stetigförderer: 67Wh		RBG: 77Wh		DT: 1.7Wh
	BF: 57Wh	KF: 10Wh	Hubantrieb: 61Wh	Fahrtrieb: 16Wh	HS: 0.5Wh
a/v: 1.0x 179.35Wh 80.59s	Stetigförderer: 86Wh		RBG: 91Wh		DT: 2.5Wh
	BF: 66Wh	KF: 20Wh	Hubantrieb: 60Wh	Fahrtrieb: 31Wh	HS: 0.4Wh

## Welche Vorteile / Nutzen hat die FEM 9.865?

- Überschaubarer organisatorischer Aufwand zur Ermittlung des Energiebedarfs
- Ermöglicht dem Kunden eine vergleichbare Entscheidung hinsichtlich des Energiebedarfs verschiedener Systemlösungen zu treffen
- Energieeffizientes Engineering wird klarer sichtbar als über ein Energie-Label, indem ein Gesamtszenario betrachtet wird anstelle einer „Fachanfahrt“ (siehe z.B. FEM 9.851, Spielzeit am RBG)
- Berechnungen sind verlässlich und nachvollziehbar für alle Marktteilnehmer
- Der Einfluss von energieeffizienten Systemlösungen ist transparent

In der FEM 9.865:

- Standardisiertes Vorgehen zum quantitativen Vergleich der Energiebedarfs von Intralogistiksystemen oder Fördermittelmodulen
- Detaillierte mechatronische Betrachtung der Fördermittelmodule durch Analyse des gesamten Antriebsstrangs

25

## Mögliches Schulungsangebot

### Inhalte der Basisschulung:

- Grundlagen der FEM 9.865
  - Übersicht der Definition des ECoDeMISE Szenarios
  - Berechnung, Messung und Evaluation von Intralogistiksystemen und Modulen
  - Erläuterung der Top-Down und Bottom-Up Struktur der FEM
- Management Schulung
- Basis für evtl. weitere Schulungen

### Interesse?

- Kontaktieren Sie uns!  
[anne-claire.rasselet@orgalime.org](mailto:anne-claire.rasselet@orgalime.org) oder [Meike.Braun@kit.edu](mailto:Meike.Braun@kit.edu)

26

## Möglichkeiten zur Ergänzung der FEM 9.865

- Erweiterung des mechatronischen Systems um elektronische und elektrische Komponenten des Schaltschranks und der Steuerungseinheiten
- Mögliche Fragestellungen:
  - Wie lassen sich die elektrischen / elektronischen Komponenten im Gesamtzusammenhang einfach modellieren?
  - Welche Verluste sind zu berücksichtigen?
  - Wie werden diese Verluste modelliert?
  - Welche konstanten Verluste, welche dynamischen Verluste müssen integriert werden?
  - Welchen energetischen Einfluss haben diese Komponenten auf das Gesamtsystem?
  - Wie genau kann der energetische Einfluss abgeschätzt werden, damit die Handhabung der FEM weiterhin so einfach bleibt?

27



## Gemeinsam energieeffiziente Systeme entwickeln!



28





# Energieeffiziente Intralogistik - Wie kann der Energiebedarf von Distributionszentren vergleichbar ermittelt werden?

Interesse am Thema?

Kontaktieren Sie uns!

**Jan van der Velden**  
Director Food



Jan.van.der.Velden@vanderlande.com  
T +31 413 49 52 62

Vanderlande Industries B.V.  
Vanderlandelaan 2,  
5466 RB Veghel | The Netherlands

**Dr.-Ing. Meike Braun**  
Leitung Fachbereich Lager- und  
Fördertechnik



Meike.Braun@kit.edu  
T: +49 721 608 48638

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme  
Gottthard-Franz-Straße 8, Geb. 50.38, 76131  
Karlsruhe





# Teil 1: Energiebedarf in der Intralogistik: F.E.M. 9.865

-

## Rollen- und Bandförderer

Thomas Stöhr

# Teil 2: Über die Möglichkeiten zur Optimierung der Energieeffizienz von Stückgutstetigförderer

-

## Energieeffizienzrechner für Antriebssysteme

Thomas Stöhr,  
Ass.-Prof. Dr.techn. Norbert Hafner

## Dipl.-Ing. Thomas Stöhr

Thomas Stöhr studierte an der TU Graz Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau, Vertiefung Energie- und Umwelttechnik. Der Abschluss des Studiums erfolgte 2014 mit seiner Masterarbeit am Institut für Technische Logistik, welche vom Verein Deutscher Ingenieure mit dem „Studienpreis Logistik 2015“ prämiert wurde.

Ab 2010 erfolgten Tätigkeiten als studentischer Projektmitarbeiter am Institut für Technische Logistik.

Seit 2014 ist Thomas Stöhr als Univ.-Projektassistent am Institut für Technische Logistik der TU Graz beschäftigt.

Seine Schwerpunkte in Lehre und F&E sind: Energieeffiziente Materialflusssysteme, Mess- und Prüfstandstechnik sowie CAE-Methoden.

## Ass.-Prof. DI Dr.techn. Norbert Hafner

Norbert Hafner studierte an der TU Graz Elektrotechnik, in der Vertiefung Regelungstechnik und Prozess-automatisierung. 1998 promovierte er am damaligen Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme der TU Graz, bei Professor Oser.

In den Jahren 2001 und 2002 war er Mitarbeiter der Fa. EPCOS OHG (Deutschlandsberg) - im Rahmen des „Austauschprogramms des BMfBWK, Wissenschaftler für die Wirtschaft“. Aufgaben waren die Entwicklung von Automatisierungs- und Messsystemen für Anlagen der Serienproduktion.

Seit 2003 ist Norbert Hafner Assistenzprofessor am heutigen Institut für Technische Logistik der TU Graz.

Seine Schwerpunkte in Lehre und F&E sind: Automatisierungs- und Antriebstechnik für industrielle Logistiksysteme, Prüfstandstechnik sowie nachhaltige Urbane Logistiksysteme.

# Energiebedarf in der Intralogistik: F.E.M. 9.865

## Rollen- und Bandförderer

Dipl.-Ing. Thomas Stöhr  
Institut für Technische Logistik

## FEM 9.865



FEM  
European Materials Handling Federation  
www.fem-eur.com

Product Groups	
Intralogistics Systems	
10.2017	9.865

### Energy consumption – determination methods (E.CoDeMISE)

- Calculation, measurement and evaluation  
methods of Intralogistics Systems and  
material handling equipment -

Copyright

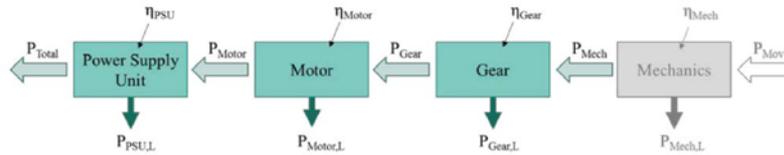
Available in English (EN) For information see: [http://www.fem-eur.com](#)

Richtlinie zur standardisierten  
Berechnung und Messung des  
Energiebedarfes von  
Intralogistiksystemen inkl. Subsysteme,  
Module und Komponenten

- Methodischer Ansatz um den Energiebedarf von Intralogistiksystemen (ILS) zu quantifizieren
- ILS sowie einzelne Subsysteme und Komponenten
- Bottom-Up Berechnungsmethode
- Keine Parameter oder Handlungsempfehlungen zu deren Ermittlung

## Mechanische – Elektrische Leistung

$$P_{Mech}(t) - P_{total}(t)$$



$$P_{total}(t) = \frac{1}{\eta_{Gear}} \cdot \frac{1}{\eta_{Motor}} \cdot \frac{1}{\eta_{PSU}} \cdot P_{Mech}(t)$$

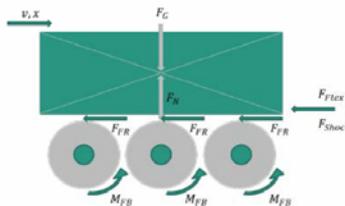
$\eta_{Gear}$ : Efficiency gearbox  
 $\eta_{Motor}$ : Efficiency motor  
 $\eta_{PSU}$ : Efficiency power supply unit

$P_{Mech}$ : Mechanics power  
 $P_{Total}$ : Total power

3

## Berechnung $P_{Mech}(t)$ : Beispiel Rollenförderer

Einfache Berechnung      Fortgeschrittene Berechnung



$$P_{Mech}(t) = P_{Mov}(t) \cdot \eta$$

$$P_{Mech}(t) = (F_{FR,i} + F_{FB,i}) \cdot v$$

$P_{Mov}(t)$ ... Bewegungsanteil

$$F_{FR,i} = \sum g \cdot \mu_{FR} \cdot m_{LU,i}$$

$\eta = 70 \%$

$$F_{FB,i} = \sum (\mu_{FB,i} \cdot g \cdot (m_{LU} + m_{Roll,i}) \cdot \frac{r_{B,i}}{r_{R,i}})$$

4



## Über die Möglichkeiten zur Optimierung der Energieeffizienz von Stückgutstetigförderer

-

Energieeffizienzrechner für Antriebssysteme



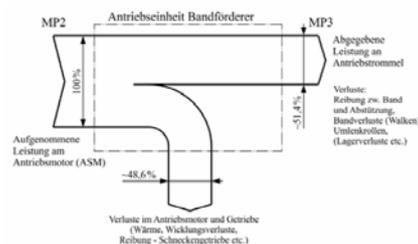
Dipl.-Ing. Thomas Stöhr  
Ass.-Prof. DI Dr.techn. Norbert Hafner

## Agenda

- Ausgangssituation und Zielsetzung
- Untersuchungen an Fördergeräten (Testkreislauf)
  - Repräsentatives Lastkollektiv
  - Untersuchungsobjekte
  - Dynamische Antriebsleistung
- Wirkungsgradkennfelder von Antriebssystemen
- Energieeffizienzrechner
  - Methode & Optimierungsergebnisse
  - Validierung
- Handlungsempfehlungen
- Berechnung der mechanischen Antriebsleistung
  - FEM 9.865 & erweitertes mechanisches Modell
  - Szenariobildung und Validierung

## Motivation und Ziel

- Steigerung der Energieeffizienz ist von ökonomischer & ökologischer Bedeutung (€, CO<sub>2</sub>)
- Anzahl und Dimension installierter Materialflusssysteme steigen
- Fördertechnik wesentliche Erbringungsgehilfin in MFS
- Wesentliche Verluste von Fördergeräten entstehen im Antriebssystem (49-78%)<sup>1</sup>



### Hauptursache von Verlusten:

- Dynamische Belastungen zwischen Volllast, Leerlauf und Standby
- Antriebssystem arbeitet weit unterhalb der Nennleistung, des Wirkungsgradoptimums

### Lösungsansatz: EE-Optimierung unter Berücksichtigung von

- Dynamischen Lastzustände am Fördergerät
- Wirkungsgradkennlinien der Antriebssysteme

8

Forschungsergebnisse am ITL haben die Potentiale zur Steigerung der Energieeffizienz von Fördergeräten untersucht. Eine der Kernergebnisse der Untersuchungen ist, dass die wesentlichsten Verluste des Förderers im Antriebssystem (ATS) auftreten.

Hauptursache für die hohen Verlustanteile im ATS ist dessen häufiger Betrieb deutlich unterhalb des Nennpunkts, bei geringen Wirkungsgraden. Über ein typisches reales Lastkollektiv ergeben sich häufig geringe wirksame Gesamtwirkungsgrade [1].

Die im folgenden vorgestellte Methode zur optimierten ATS-Auswahl fokussiert auf diese EE-Steigerungspotentiale und berücksichtigt folgende Aspekte:

1.) Fördergeräte arbeiten zur logistischen Leistungserbringung im Materialflusssystem in einem dynamischen Betriebsbereich zwischen Volllast, Leerlauf und Stillstand. Der spezifische repräsentative Lastzyklus, mit den gegebenen Zeitanteilen, ist zu berücksichtigen.

2.) Der Gesamtwirkungsgrad der eingesetzten ATS ist wesentlich. Die IE-Klasse des alleinigen Motors ist in vielen Fällen nicht repräsentativ. Unterschiedliche Variantenkombinationen von Umrichter/Motor/Getriebe führen teilweise zu widersprüchlichen Ergebnissen – im Vergleich zur Motor-IE-Klassifizierung.

## Energiebedarf von Fördergeräten

$$W_{elekt} = \int_0^T \frac{P_{mech}(t)}{\eta_{ATS}(P_{mech})} dt$$

$$P_{mech}(t) = M_T(t) \cdot \omega = F_w(t) \cdot v$$

$$P_{mech}(t) = f(\text{Durchsatz, Beladungszustand, Fördertechnik})$$

$$\eta_{ATS} = f(M_T, \omega)$$

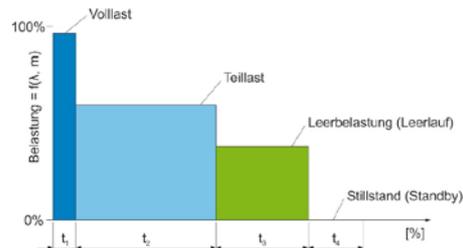
- $P_{mech}$  ...mechanische Antriebsleistung am Förderer [W]
- $\eta_{ATS}$ ... Wirkungsgrad des Antriebssystems (Umrichter/Motor/Getriebe) [-]
- $M_T$  ... Antriebsmoment [Nm]
- $\omega$  ... Antriebsdrehzahl [rad/s]
- $F_w$  ... Bewegungswiderstand [N]
- $v$  ... Fördergeschwindigkeit [m/s]

9

Die Effizienzsteigerung wird durch die Minimierung der Verluste beim Betrieb im realen Lastkollektiv erreicht.

Maßgebliche Größen zur Berechnung des elektrischen Energiebedarfs eines Förderers ist die mechanische Leistung an der Antriebswelle  $P_{mech}$  und der Wirkungsgrad  $\eta_{ATS}$  des Antriebssystems beim Betrieb im resultierenden Betriebspunkt. Die mechanische Leistung  $P_{mech}$  ist Funktion des Betriebszustandes sowie des konstruktiven Aufbaus des Fördergeräts. Da der Wirkungsgrad des ATS ebenfalls lastabhängig ist müssen zur Minimierung des Energiebedarfs und zur gleichzeitigen Steigerung der Energieeffizienz beide Größen anhand des repräsentativen Lastkollektivs bewertet bzw. optimiert werden.

## Repräsentatives Lastkollektiv



Logistischer Leistungsbereich:

- Fördergeschwindigkeit: 0,7m/s
- Durchsatz Nennlast: 2.400 TE/h
- Nennbelastung  $M_i$ : 35 kg/TE
- Kleinladungsträger

Behälterdimension: 600 x 400mm

		Volllast	Teillast	Leerlauf	Stillstand
1	Durchsatz $\Lambda$ [#/h, %]	2.160 #/h 90%	1.200 #/h 50%	0 #/h 0 %	-
2	Beladung $M_i$ [kg/LE, %]	31,5 kg/TE 90%	17,5 kg /TE 50%	-	-
3	Zeitanteil $t_i$ [%]	20%	50%	20%	10%

10

Zur Abbildung der realen Lastverhältnisse im Betrieb in einem Materialflusssystem ist ein repräsentatives Lastkollektiv und die Bewertung über mehrere Betriebszustände essentiell, um den realen Belastungsfall zu entsprechen. Der logistische Leistungsbereich ist im vorliegenden Fall mit einer Nennlast von 35 kg/TE und dem Nenndurchsatz von 2400 TE/h spezifiziert. Auf Grundlage der Nenndaten werden die Spezifikationen der einzelnen Lastgrade abgeleitet.

Das zur Bewertung eingesetzte Lastkollektiv beinhaltet die Lastgrade Voll- und Teillast sowie Leerlauf und Stillstand. Der Lastgrad Stillstand wird in die Bewertung miteinbezogen um die Leistungsaufnahme Umrichterbetriebener ATS im Standby ebenfalls zu berücksichtigen.

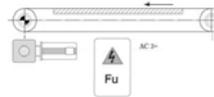
# Mechanische Antriebsleistung von Fördergeräten

$$P_{mech}(t)$$

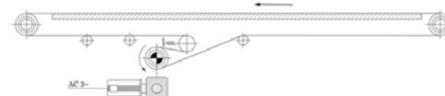
## Förderertypen für KLT: Untersuchungsobjekte

**Ziel: Erfassung der dynamischen Antriebsleistungen von unterschiedlichen Fördertechniken**

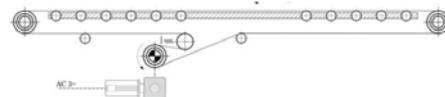
BF 1m: Bandförderer mit starrer Auflage und Direktantrieb – 1m



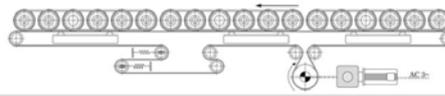
BF 2m: Bandförderer mit starrer Auflage und Omega-Bandantrieb – 2m



BF 6m: Bandförderer mit rollender und starrer Auflage und Omega-Bandantrieb – 6m



STRF 6m: Staurollenförderer mit Zentralbandantrieb - 6m



12

Um die breite Variantenvielfalt abzubilden wurden Fördergeräte und –techniken unterschiedlicher konstruktiver Ausführungen als Untersuchungsobjekte ausgewählt. Die oben dargestellten typischen Ausführungen von Fördergeräten wurden als repräsentativ identifiziert und messtechnisch untersucht.

## Testkreislauf am ITL & Messsystem



Messsystem zur Messung der mechanischen und elektrischen Zustände beim Fördern<sup>2</sup>:

- $P_{\text{mech}}$ 
  - Antriebsmoment  $M_T$
  - Drehzahl  $n$
- $P_{\text{el}} (\sim 3)$
- Durchsatz  $\Lambda$



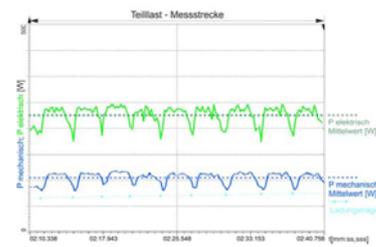
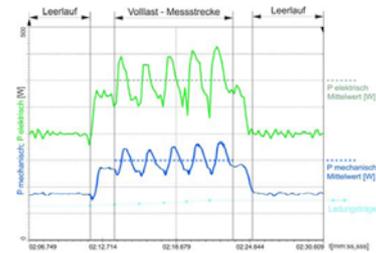
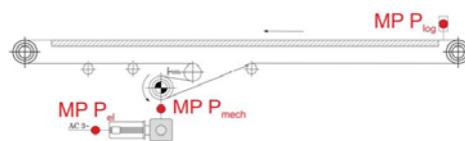
Der Testkreislauf am ITL wurde mit der Intension konzipiert eine Vielfalt von unterschiedlichen Fördertechniken zu kombinieren. Auf einer gesamten Förderstrecke von über 30m sind Rollen-, Band- und Gliederbandförderer, Taktbänder sowie Ein- und Ausschleußer zu einem Testkreislauf kombiniert. Die vorgestellten Untersuchungsobjekte sind im Testkreislauf integriert.

Das Messsystem zur Erfassung der mechanischen und elektrischen Leistungen adressiert alle Anforderungen, die aus dem dynamischen Betrieb am Förderer und den Spezifikationen der ATS resultieren. Insbesondere sind die Bandbreiten der Sensoren und der Auswertung geeignet, um auch an Umrichtersystemen gesicherte Messergebnisse zu erfassen.

## Dynamische Belastung am Antriebssystem

Messung von  $P_{\text{mech}}$ ,  $P_{\text{el}}$  beim stationären Fördern

- Belastung in Voll- & Teillast sowie Leerlauf
- Blockweise Beschickung zur Abbildung der Lastgrade
- Mittelwertbildung  $M_T$ ,  $n$ ,  $P_{\text{mech}}$  und  $P_{\text{el}}$

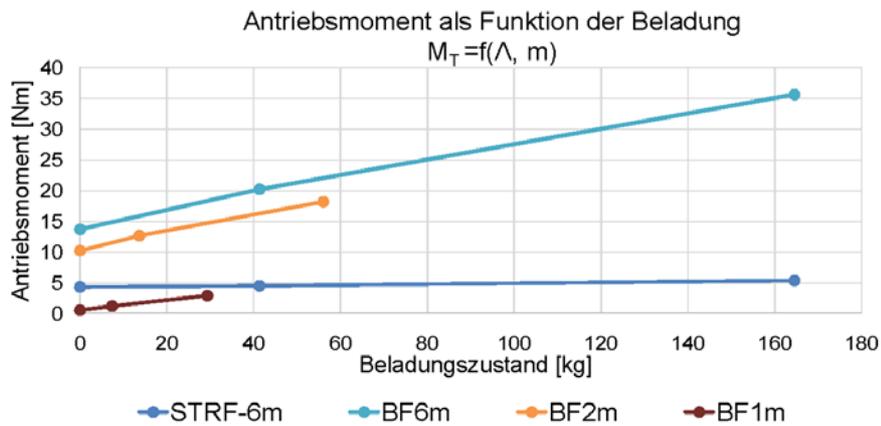


14

Auch beim stationären Fördern in den einzelnen Lastgraden treten dynamische elektrische und mechanische Antriebsleistung auf, da der Förderer blockweise, entsprechend dem Lastgrad, beschickt wird.

Die Auswertung und Mittelwertbildung erfolge an mind. 20 Belastungszyklen.

## Antriebsmoment: stationäres Fördern



Lastabhängigkeit: $\mu_{\text{Fiktiv}}$			
0,00635	0,226	0,249	0,210

Die Analyse des gemessenen Antriebsmoments bestätigt, dass das dynamische Antriebsverhalten eine Funktion von Fördergerät und Beladungszustand ist. Die Darstellung des Antriebsmomentes als Funktion des Beladungszustandes am Förderer (Lastgrad), zeigt eine unterschiedliche, lineare Lastabhängigkeit. Die lineare Lastabhängigkeit ist typabhängig - charakterisiert durch sehr unterschiedliche Leerlaufpunkte (Offsets) und Lastanteile (Steigungen).

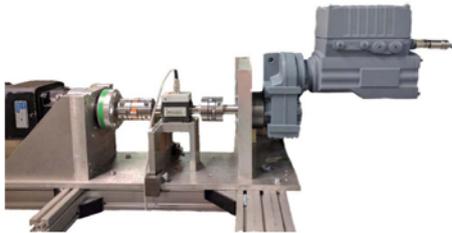
# Wirkungsgradkennfelder der Antriebssysteme

$$\eta_{ATS}$$

## Antriebssystem-Prüfstand

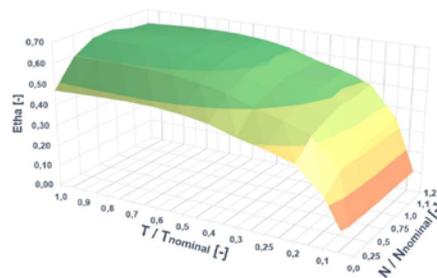
Entwickelt am ITL:

- IEC 60034<sup>3</sup> & IEC 61800<sup>4</sup> konform
- geeignet für Umrichter betriebene Antriebssysteme (ATS)
- Leistungsbereiche:
  - 0-230 rpm +/- 50 Nm
  - 0-2.300 rpm +/- 12 Nm<sup>5</sup>



Untersuchte Antriebssysteme:

- IE2 - IE4
- Synchron- & Asynchronmotoren
- Umrichter integriert / motornah, unregelt
- Leistungsbereiche: 0,37-0,84 kW



17

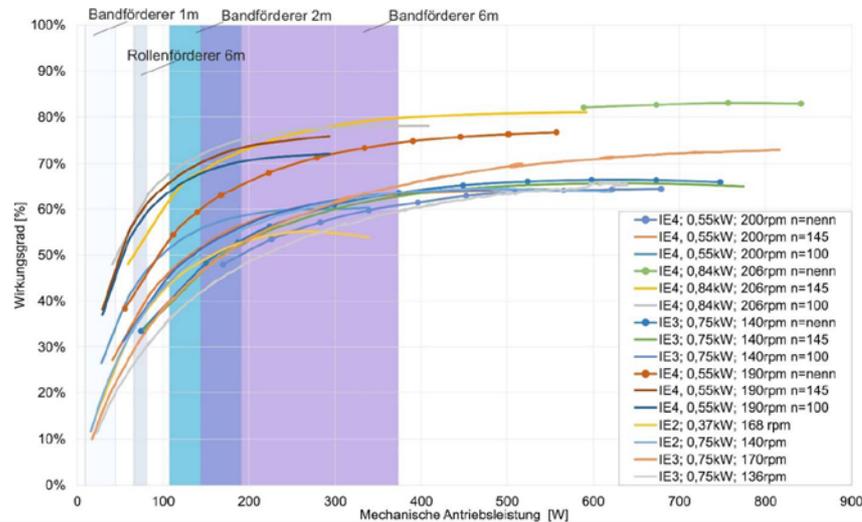

 Institut für  
Technische  
Logistik

Der ATS-Prüfstand wurde am ITL entwickelt. Die Auswahl und Spezifikation der Komponenten von Aktorik, Sensorik, Messkette und Messauswertung erfolgte auf Basis der Anforderungen, die aus der Anwendung im intralogistischen Leistungsbereich und der ATS-Konfiguration (Umrichter/Motor/Getriebe) resultieren. Konkret sind diese Anforderungen definiert von:

- Drehmomenten- und Drehzahlbereich, Messbereiche für Ströme und Spannungen
- Messung an Frequenzumrichtern mit hohen Oberwellenanteilen
- zulässige Messunsicherheit (statisch und dynamisch)
- Bedienerunterstützung (Konfiguration, Messung und Auswertung)
- Funktionssicherheit und Sicherheit für Bedienung

Um der hohen Variantenvielfalt an unterschiedlichen ATS im intralogistischen Leistungsbereich Rechnung zu tragen, decken die Spezifikationen der untersuchten ATS ein breites Spektrum bestehend aus unterschiedlichen IE-Klassen, Leistungsbereichen, Getriebeausführungen usw. ab. Das dargestellte Effizienzkennfeld ist ein exemplarisches Ergebnis der Untersuchungen (IE3; 0,75kW; ASM mit motornahen Umrichter).

## Leistungsbereiche der Förderer & Wirkungsgradkennlinien der Antriebssysteme



18

Die gemeinsame Darstellung, der Leistungsbereiche der Förderer mit den Wirkungsgradkennlinien der ATS, veranschaulicht die hohen Potenziale zur Effizienzsteigerung.

Aus der Analyse der Wirkungsgradkennlinien der unterschiedlichen ATS können folgende Erkenntnisse abgeleitet bzw. bestätigt werden:

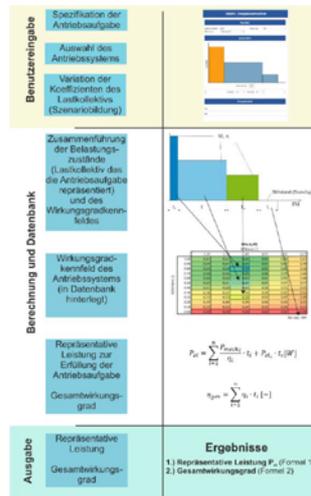
- In den Lastbereichen der Förderer weisen die Wirkungsgradkennlinien der ATS teilweise geringe Werte und hohe Lastabhängigkeiten auf.
- Die Lastabhängigkeiten der Wirkungsgradkennlinien sind vor allem im Teillastbereich signifikant.

Die IE-Klassifizierung (Nennpunkt) alleine ist offensichtlich nicht zur optimierten ATS-Auswahl geeignet, da die relevanten Teil-Lastanteile unberücksichtigt bleiben.

# Methode zur Energieeffizienzoptimierten Antriebssystemauswahl

Energieeffizienzrechner

## Energieeffizienzrechner zur optimierten ATS-Auswahl



- Definition der Antriebsaufgabe via
  - Anzahl der Lastgrade  $i$  und entsprechende Zeitanteile  $t_i$
- Allgemeiner Fall:
  - Drehzahl  $n_i$
  - Antriebsmoment  $M_{Ti}$
- Fördergerät:
  - Beladungszustand
- Berechnungsmodell identifiziert die Betriebspunkte im WG-Kennfeld und berechnet<sup>6</sup>:

**Repräsentative Leistung  $P_{el}$**

$$P_{el} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{mech_i}}{\eta_i} \cdot t_i + P_{els} \cdot t_s [W]$$

20

Methode zur optimierten ATS Auswahl: Energieeffizienzrechner

Der EE-Rechner ist ein entwickeltes Softwaretool, das die EE-optimierte Auswahl von ATS gezielt unterstützt.

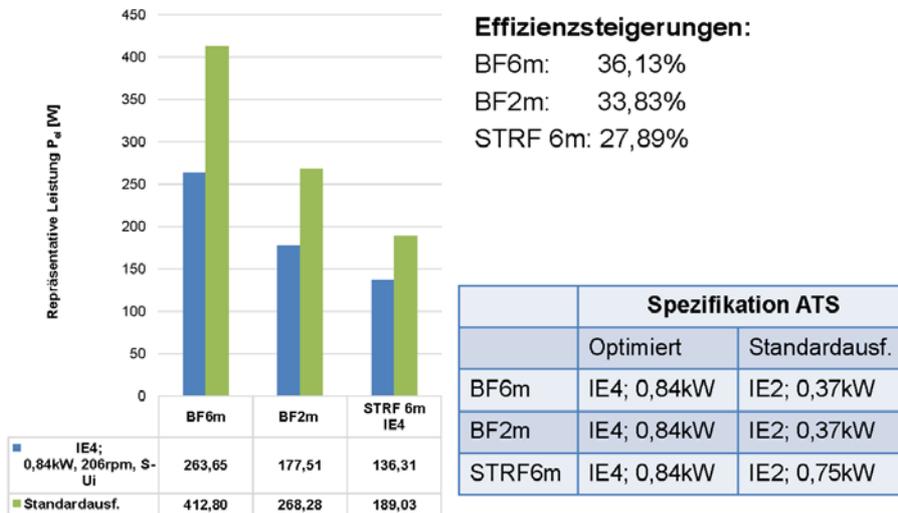
Im EE-Rechner kann das Lastkollektiv der zu optimierenden Antriebsaufgabe in allgemeiner Form spezifiziert werden - bestehend aus Anzahl und zeitlicher Gewichtung der Lastgrade und der entsprechenden mechanischen Belastungen (Drehmoment und Drehzahl). Ergänzend werden die Antriebsmomentenkennlinien der Förderer als Funktion des Beladungszustandes integriert. Somit kann das Lastkollektiv durch Spezifikation des Beladungszustandes mit den entsprechenden Zeitanteilen gebildet werden.

Das Berechnungsmodell identifiziert die im Lastkollektiv definierten, resultierenden Betriebspunkte im Wirkungsgradkennfeld des ausgewählten ATS und berechnet über die identifizierten Wirkungsgrade die elektrischen Leistungen.

Aus den elektrischen Leistungen in den einzelnen Lastgraden des Lastkollektivs wird die repräsentative Leistung  $P_{el}$  berechnet. Die repräsentative Leistung ist ein Maß für den Leistungsbedarf des Antriebssystem beim Erfüllen der Antriebsaufgabe im definierten Lastkollektiv.

Die Umsetzung der optimierten ATS-Auswahl erfolgte in einer browserbasierten Anwendung, in der sämtliche gemessenen Wirkungsgradkennfelder der ATS und Antriebsmomentenkennlinien der Förderer hinterlegt sind.

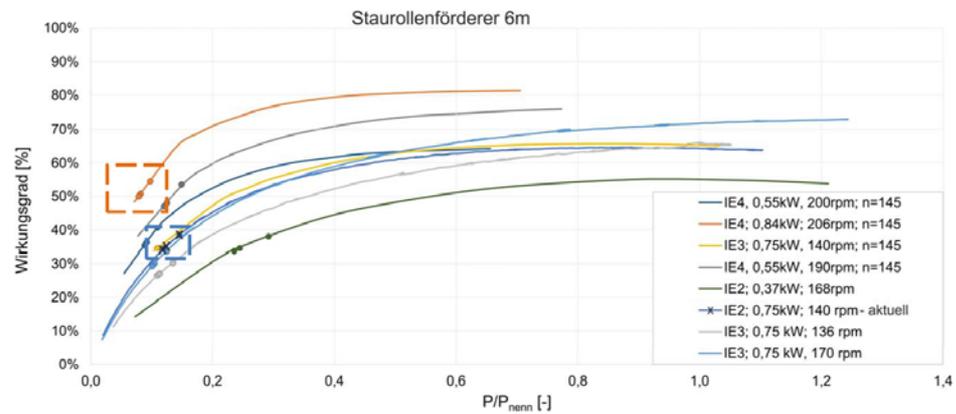
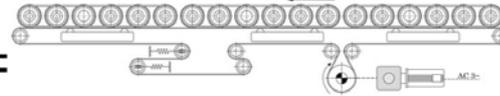
## Beispiele zur Effizienzsteigerung: Repräsentative Leistungen $P_{el}$



21

Die exemplarische Anwendung des EE-Rechners veranschaulicht die Effizienzsteigerung durch die optimierte ATS-Auswahl am Bandförderer 6m, Staurollenförderer 6m und Bandförderer 2m. Im Vergleich zum bisher verwendeten ATS (IE2) ist durch optimierte Auswahl eine Effizienzsteigerung von 36-27%, bewertet über das repräsentative Lastkollektiv, möglich.

## Beispiel: Betriebspunkte STRF



Betriebspunkte bei Voll-, Teillast & Leerlauf

22

Die Funktionsweise des EE-Rechners und die Effizienzsteigerung wird durch die Darstellung der resultierenden Betriebspunkte in den Wirkungsgradkennlinien anschaulich.

Hier exemplarisch dargestellt am Staurollenförderer 6m.

## Validierung des EE-Rechners



### Methode zur Validierung:

#### Messung von $P_{el}$

Ungeregeltes ATS am STRF 6m:  
(ASM-Getriebemotor)

Abweichung vom berechneten Wert:  
STRF6m: **-2,46 W / 1,3%**

Geregeltes ATS am STRF 6m:  
(SM-Getriebemotor mit Umrichter)

Abweichung vom berechneten Wert:  
▪ STRF6m: **-8,21 W / 4%**

23

Die Validierung des EE-Rechners erfolgt indem der berechnete Wert für  $P_{el}$  dem am Förderer im Testkreislauf messtechnisch ermittelten gegenübergestellt wird.

Die Methode zur optimierten ATS-Auswahl wurde am Staurollenförderer 6m mit zwei Antriebssystemen validiert:

1.) ASM-Getriebemotor ohne Umrichter: Relative Abweichung von 1,3%  $P_{el}$

2.) SM-Getriebemotor mit Umrichter: Relative Abweichung von 4%  $P_{el}$ .

Die Validierung bestätigt die Methode und Umsetzung des EE-Rechners für die optimierte ATS-Auswahl!

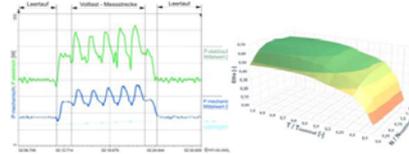
Der validierte EE-Rechner ist für jede vergleichbare Antriebsaufgabe einsetzbar – keine Einschränkung auf Fördertechnik!

## Handlungsempfehlungen zur Steigerung der Energieeffizienz von Fördergeräten

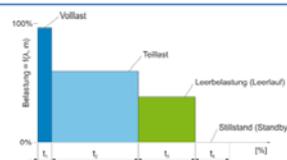
Nutze Potentiale zur Steigerung der EE durch optimierte ATS-Auswahl



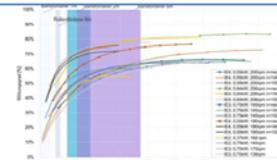
Entscheide auf Basis von Messergebnissen



Bewerte über Lastkollektiv



Optimiere Fördergerät und Antriebssystem integrativ



24

Folgende Handlungsempfehlungen können abgeleitet werden:

- Hohe Potentiale der EE-Verbesserung sind durch optimierte ATS-Auswahl nutzbar.
- mittels EE-Rechner nutzbar und validiert
- Zuverlässige Entscheidungen sind nur Basis von gesicherten Messergebnissen möglich ( $P_{\text{mech}}$  und  $\eta_{\text{ATS}}$ ).
- Aufgrund der hohen Lastabhängigkeiten von  $P_{\text{mech}}$  und  $\eta_{\text{ATS}}$  ist eine Bewertung über ein repräsentatives Lastkollektiv notwendig.
- Das Antriebssystem und dessen Dimensionierung bzw. Bewertung muss auf das repräsentative Lastkollektiv der Antriebsaufgabe abgestimmt werden.

# Modelle zur Berechnung der mechanischen Antriebsleistung von Förderern

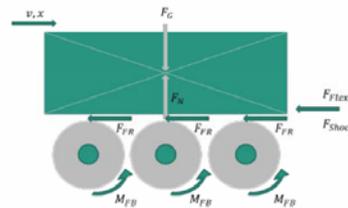
$$P_{mech}(t)$$

- FEM 9.865
- erweitertes mechanisches Modell

## Berechnung $P_{mech}(t)$ beim stationären Fördern:

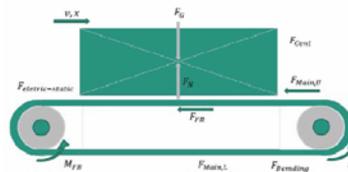
Ziele:

- Methode zur Berechnung der Antriebsleistung von Fördergeräten im Betrieb bei unterschiedlichen Lastgraden
- Überprüfung der Aussagekraft von analytischen Berechnungsmethoden



Methoden:

- Analytische Berechnung von  $P_{mech}(t)$  mittels
  - FEM 9.865<sup>7</sup> und
  - erweitertem mechanischen Modell
- Szenarien: Auslegungsprozess & abgeleitete Parameter aus Messergebnissen
- Validierung



## Berechnung $P_{mech}(t)$ Bandförderer: FEM 9.865

$$P_{mech}(t) = (F_{Main,L} + F_{Main,U} + F_{Cent}(t) + F_{FB}) \cdot v$$

Widerstandskraft im Obertrum

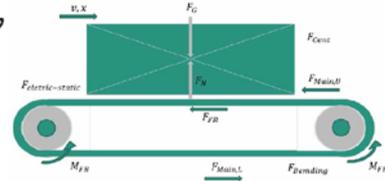
$$F_{Main,U} = \sum_i \mu_{between} \cdot g \cdot (L_i \cdot m_{B,Li} + m_{LU,i})$$

Widerstandskraft Umlenkung

$$F_{Cent}(t) = \sum_{i=1}^{n_{BB}} m_{B,L} \cdot \pi \cdot r_{Roll,i}^2 \cdot \omega_{Roll,i}^2(t)$$

Widerstandskraft Lagerreibung

$$F_{FB} = \sum_i \sum_{j=1}^{n_{BB}} g \cdot \left( \frac{L_i \cdot m_{B,Li} + m_{LU,i}}{n_{BR,i}} + m_{BR,j} \right) \mu_{B,j} \cdot \frac{r_{B,j}}{r_{Roll,j}}$$



Widerstandskraft im Untertrum

$$F_{Main,L} = \sum_i (0,033 \cdot g \cdot L_i \cdot m_{B,Li})$$

27

## Berechnung $P_{Mech}(t)$ Rollenförderer: FEM 9.865

$$P_{mech}(t) = (F_{FR,i} + F_{FB,i}) \cdot v$$

Widerstandskraft Rollreibung

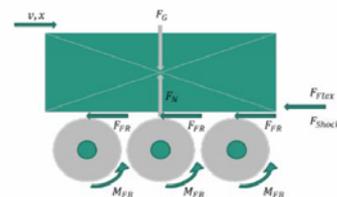
$$F_{FR,i} = \sum g \cdot \mu_{FR} \cdot m_{LU,i}$$

Widerstandskraft Lagerreibung

$$F_{FB,i} = \sum (\mu_{FB,i} \cdot g \cdot (m_{LU} + m_{Roll,i})) \cdot \frac{r_{B,i}}{r_{R,i}}$$

Verlustleistung im Zentralbandantrieb

$$P_{TB,L}(t) = (1 - \eta_{TB}) \cdot P_{mech}(t)$$



28



## Szenariobildung

### Szenario 1:

#### Auslegungsprozess mit Planungsdaten

- Herstellerdaten
  - z.B. Reibkoeffizienten
    - Band / Unterlage  $\mu_{\text{Between}}$
    - Tragrollen / TE  $\mu_{\text{FR}}$
    - Lagerreibung  $\mu_{\text{B}}$
  - Antriebssystem
    - Betrieb bei Nenndrehzahl
- Betriebsparameter
  - Vorspannung im Zugmittel

### Szenario 2:

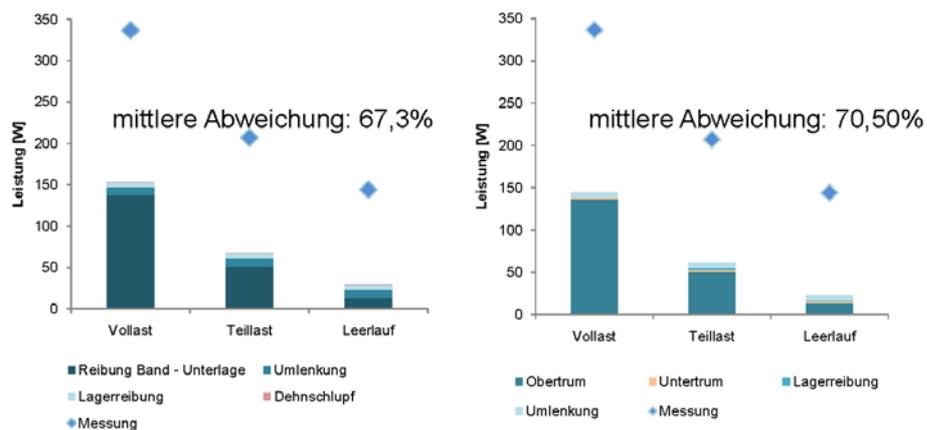
#### Parameterfitting

- $\mu_{\text{fiktiv}}$  aus Messung zur Abbildung der gemessenen Lastabhängigkeit
- $\mu_{\text{B}}$  und  $\mu_{\text{FB}}$  Variation des Reibkoeffizient Lagerreibung 0,0015 - 0,005
- Variation der Vorspannung 0,1 - 1,5%  $\Delta/L_{\text{F}}$  (mechanisches Modell)

31

## Exemplarisches Ergebnis: BF 6m Szenario 1 - Planungsdaten

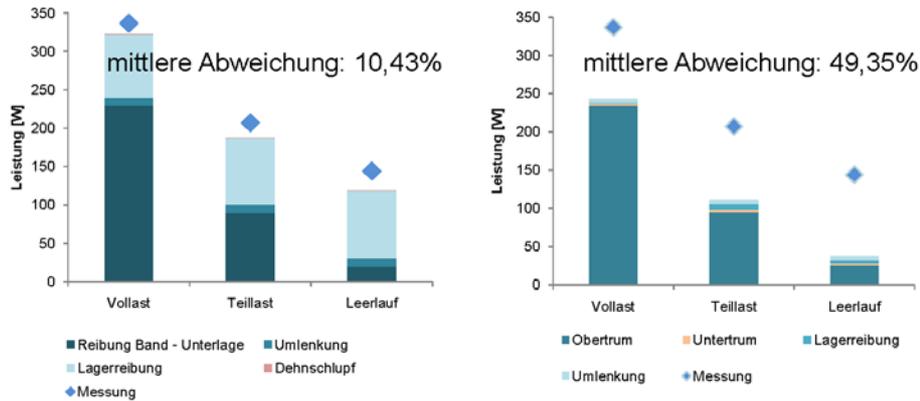
Erw. mechanisches Modell FEM 9.865



32

## Exemplarisches Ergebnis: BF 6m Szenario 2 - Parameterfitting

Erw. mechanisches Modell FEM 9.865



## Mittlere Abweichungen: Voll-, Teillast & Leerlauf - Berechnung / Messung

	BF 6m	BF 2m	BF 1m	STRF 6m
	<b>Erweitertes mechanisches Modell</b>			
Szenario 1: Auslegung	67,30%	81,35%	27,15%	42,72%
Szenario 2: Parameterfitting	10,43%	33,86%	3,65%	42,42%
	<b>FEM 9.865</b>			
Szenario 1: Auslegung	70,50%	82,78%	47,63%	73,40%
Szenario 2: Parameterfitting	49,35%	72,32%	30,87%	93,15%

## Erkenntnisse

- Abweichungen im Auslegungsprozess (Szenario 1): Analytische Berechnung der mechanischen Antriebsleistung alleine mit Herstellerdaten (Bemessungsdaten) der Einzelkomponenten nicht aussagekräftig
- Abweichungen nach Parameterfitting (Szenario 2): Relevante Phänomene im Berechnungsmodell nicht abgebildet

**→ Messungen für belastbaren Vergleich von Fördergeräten notwendig**

35

## Erkenntnisse

- Analytische Berechnung unterschätzt die tatsächliche mechanische Antriebsleistung
- Abweichungen im Leerlauf am höchsten
- Viele summierende, schwer quantifizierbare Einflussgrößen:
  - Zusätzliche Reibstellen
  - Tatsächliche Vorspannung



36

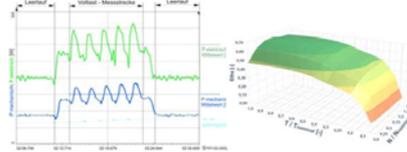


## Handlungsempfehlungen zur Steigerung der Energieeffizienz von Fördergeräten

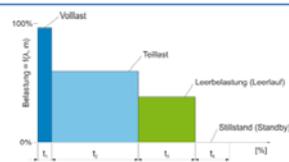
Nutze Potentiale zur Steigerung der EE durch optimierte ATS-Auswahl



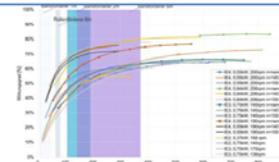
Entscheide auf Basis von Messergebnissen



Bewerte über Lastkollektiv



Optimiere Fördergerät und Antriebssystem integrativ



38

Folgende Handlungsempfehlungen können abgeleitet werden:

- Hohe Potentiale der EE-Verbesserung sind durch optimierte ATS-Auswahl nutzbar.
- mittels EE-Rechner nutzbar und validiert
- Zuverlässige Entscheidungen sind nur Basis von gesicherten Messergebnissen möglich ( $P_{\text{mech}}$  und  $\eta_{\text{ATS}}$ ).
- Aufgrund der hohen Lastabhängigkeiten von  $P_{\text{mech}}$  und  $\eta_{\text{ATS}}$  ist eine Bewertung über ein repräsentatives Lastkollektiv notwendig.
- Das Antriebssystem und dessen Dimensionierung bzw. Bewertung muss auf das repräsentative Lastkollektiv der Antriebsaufgabe abgestimmt werden.



## Referenzen

- 1: LOTTERSBERGER, Florian: Beitrag zu einer energieeffizienten Materialflusstechnik : Grundlagen zur Ermittlung, zum Vergleich und zur Steigerung der Energieeffizienz. Graz, Technische Universität Graz, Institut für Technische Logistik. Dissertation. 2016
- 2: HAFNER, Norbert ; LOTTERSBERGER, Florian: Messsystem zur Verbesserung der Energieeffizienz in automatisierten Materialflusssystemen. In: WEILINGER, Walter (Hrsg.): *Tagungsband der 3. Tagung Innovation Messtechnik : 14. Mai 2013, Festsaal des Technischen Museums Wien*. Aachen : Shaker, 2013, S. 8–13
- 3: NORM, ÖVE/ÖNORM EN 60034-30-1: Drehende elektrische Maschinen : Teil 30-1: Wirkungsgrad-Klassifizierung von netzgespeisten Drehstrommotoren (IE-Code). IEC 60034-30-1:2014. Wien : ÖVE - Österreichischer Verband für Elektrotechnik, 2015 (2015-01-01)
- 4: NORM, ÖVE/ÖNORM EN 61800-9-1V.E.: Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe : Teil 9-1 Energieeffizienz für Antriebssysteme, Motorstarter, Leistungselektronik und deren angetriebene Einrichtungen - Allgemeine Einrichtungen - Allgemeine Anforderungen für die Erstellung von Normen zur Energieeffizienz von Ausrüstungen mit Elektroantrieb nach dem erweiterten Produktansatz (EPA) und semi-analytischen Modellen (SAM). IEC 61800-9-1:2017. 2018 02 01. Aufl. Wien : ÖVE - Österreichischer Verband für Elektrotechnik, 2018
- 5: HAFNER, Norbert ; STÖHR, Thomas: Antriebssystemprüfstand zur energieeffizienz-optimierten Antriebssystemauswahl. In: ZAGAR, Bernhard (Hrsg.): *Tagungsband der 5. Tagung Innovation Messtechnik : 11. Mai 2017, Haus der Ingenieure*. [1. Auflage]. Aachen : Shaker, 2017, S. 59–64
- 6: STÖHR, Thomas ; HAFNER, Norbert: Energy Efficiency Calculator Model to Optimize Intralogistics Systems, Bd. 22. In: ZRNIC, Nenad; BOŠNJAK, Srđan; KARTNIG, Georg (Hrsg.): *XXII International Conference on "Material Handling, Constructions and Logistics": 04rd – 06th October, 2017: MHCL '17*. Belgrade : University of Belgrade Faculty of Mechanical Engineering, 2017, S. 129–132
- 7: FEDERATION EUROPEENNE DE LA MANUTENTION (FEM): FEM Richtlinie Nr. 9.865: Energy consumption – determination methods (ECoDeMISE) : Calculation, measurement and evaluation methods of Intralogistics Systems and material handling equipment. Edition 10-2017. Frankfurt am Main : VDMA - Fachverband Fördertechnik und Intralogistik, 2017





# Trends in der Intralogistik –

Markus Winkler



## DI Markus Winkler

- TGW Logistics Group GmbH
- Head of advanced technology development
- Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau TU Graz
- Product development, key account management, solution design

## Vortrag 3

### Trends in der Intralogistik –



## Zur Person Vortrag 3



**Markus Winkler**

Head of advanced technology development

TGW Logistics Group GmbH

4600 Wels

[www.TGW-group.com](http://www.TGW-group.com)

[Markus.Winkler@tgw-group.com](mailto:Markus.Winkler@tgw-group.com)



Zur Person:

TU Graz Absolvent MBWi

Seit 2003 bei TGW Logistics Group GmbH

Diverse Positionen in Bereichen Produktentwicklung, Produktmanagement sowie Key Account Management



## Customers come first – driving logistics



Source: <https://csnews.com/call-convenience-store-industry-own-convenience>



Im Vordergrund steht hier Kunde/Käufer und dessen Bedürfnis nach Komfort!  
In der durch den E-Com getriebenen Handelswelt, zählt nicht nur das eigentliche Produkt sondern auch die wählbaren Annehmlichkeiten um diesem Zeitgeist zu entsprechen.  
Kunden erwarten sich vielerlei Serviceaspekte entsprechend Ihren individuellen Bedürfnissen und er entscheidet über Zeitpunkt, Zeitort, Art der Lieferung etc.  
Aber was bedeutet es seitens Distributionslogistik diesen “Convenience-Wunsch” erfüllen zu müssen?



## Trends for intralogistic system designs

- Increase of systems for omni-channel fulfilment
- More flexible systems (cellular) allowing for future upgrades and/or changes
- Higher integration of intralogistic IT-systems and E-Com platforms or other 3<sup>rd</sup> party systems
- Increase of automation level (autonomy)
  - human process (e.g. robotic picking)
  - conventional automation equipment (e.g. mobile robots)



Source: <https://fetchrobotics.com/>



Mehrere Trends werden in der Intralogistik sichtbar

- Omni channel – Vereinigung von unterschiedlichen Distributionskanälen (retail, e-com,...)
- Flexibilität – keine monolithischen Systeme mehr, sondern basierend auf Subsystemen,... erweiterbar, ergänzbar, upgradebar,...
- IT-Systeme für
  - Track and trace
  - Real-time inventory
- Erhöhung des Automatisierungsgrades durch vielerlei Maßnahmen (insbesondere Robotics)

Aber es gibt auch andere innovative Ansätze um scheinbar “konventionelle Fördertechnik” an diesen neuen Anforderungen anzupassen.

## Taking a glimpse into the future of conveyors - TGW KingDrive®

- “Bringing a commodity to the new age”
- requirements
  - Accommodating different load carriers, shapes and sizes
  - Performance on demand
  - Easy to reconfigure, adding functionality
  - Fully networked and IT-integrated
  - Quick system installs for immediate ROI
  - Minimum operational cost



<https://www.tgw-group.com/en/>



Neue Technologien ermöglichen diese Features:

- Modernste Servo-Motorrollentechnologie
- Networked system (real time visibility, ...)
- Plug and play – easy to install (Mechanik, Elektrik, Steuerung, IT); short installation lead times







# **Optimierung der Intralogistik in der fertigenen Industrie durch Big Data**

Bernhard Bauer



## Bernhard Bauer MSc

- Technologicampus Grafenau
- wissenschaftlicher Mitarbeiter Datenanalyse
- Bearbeitung unterschiedlicher Datenanalyseprojekte in den verschiedensten Industriebereichen
- Statistik (Methoden): Master of Science



## Optimierung der Intralogistik in der fertigernden Industrie durch Big Data

Bernhard Bauer  
Technische Hochschule Deggendorf  
Technologecampus Grafenau

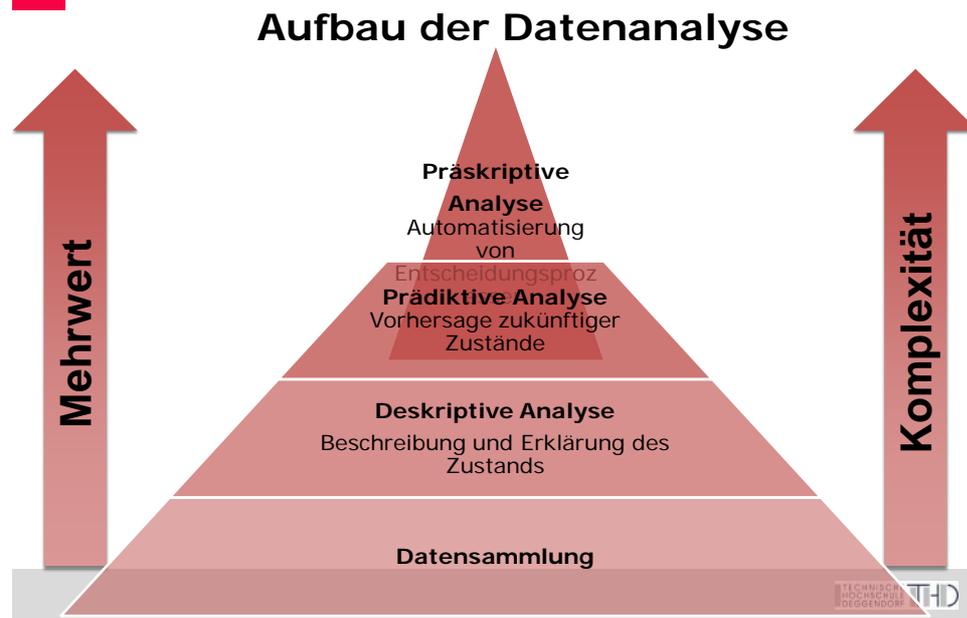
### Agenda

### Agenda





Daten sind das Öl des 21. Jahrhunderts, was wir aber brauchen ist Benzin:  
Datenanalyse bietet die Werkzeuge Daten in mehrwertbringende Informationen  
umzuwandeln.



Man unterscheidet drei verschiedene Ebenen der Datenanalyse:

**Deskriptive Analyse:**

- Beschreiben der Daten durch Tabellen, Kennzahlen und Grafiken.
- Ziel: Übersichtliche Darstellung.
- Aussagen können nicht durch Fehlerwahrscheinlichkeiten abgesichert werden.
- Aussage: Was ist (warum) geschehen?
- Komplexität niedrig.

**Prädiktive Analyse:**

- Erkennen von Zusammenhängen mit Hilfe statistischer Modelle.
- Quantifizieren des Einflusses von Faktoren auf die Entwicklung des interessierenden Merkmals.
- Vorhersage zukünftiger Ereignisse.
- Aussage: Was wird wohl geschehen?
- Komplexität mittel.

**Präskriptive Analyse:**

- Automatisierung von Entscheidungsprozessen.
- Optimale Lösung aus verschiedenen Möglichkeiten auswählen.
- Aussage: Wie soll reagiert werden?
- Komplexität hoch.

Je höher die Komplexität, desto höher in der Regel auch der Mehrwert.

Aber:

- Bereits eine gute deskriptive Analyse kann einen hohen Mehrwert liefern.
- Abwägung zwischen Aufwand und Nutzen wichtig.

## BDZOS (Big Data Zentrum Ostbayern-Südböhmen)

- Laufzeit: 01.07.2016 - 30.06.2019
- Fördergeber: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (Ziel ETZ)
- Projektpartner:
  - Technologiezentrum Písek
  - Südböhmische Wirtschaftskammer
  - IHK Niederbayern (assoziierter Partner)
- Ziel:  
Innovationsfähigkeit von kleinen und mittleren Unternehmen im erweiterten Grenzgebiet Bayern-Tschechien, durch Technologie- und Know-how-Transfer in in den Bereichen Big Data und Cloud Computing, erhöhen.



**Motivation/Problemstellung:** Viele Unternehmen kennen zwar Schlagwörter wie Big Data, Datenanalyse und Cloud Computing, wissen aber oft nicht genau was sich dahinter verbirgt, wie das funktioniert und wo sie diese Möglichkeiten in ihren Unternehmen einsetzen können. In einigen Unternehmen fehlt es außerdem an Know-how um entsprechende Projekte umzusetzen.

**Projektziel:** Ziel ist es durch den Technologie- und Know-how-Transfer in den Bereichen Big Data und Cloud Computing, die Innovationsfähigkeit von kleinen und mittleren Unternehmen im erweiterten Grenzgebiet Bayern-Tschechien zu erhöhen. Zur Demonstration des Potentials von Big Data werden Pilotprojekte zusammen mit Unternehmen der Region durchgeführt. Mit Hilfe von Workshops, Seminaren und Konferenzen erhalten die Unternehmen die Möglichkeit sich zu vernetzen und eigene Kompetenzen aufzubauen.

## Problemstellung

### Daten:

Ca. 500000 Fahraufträge mit folgenden Informationen (u.a.):

- Zeit Erstellung Auftrag
- Zeit Annahme Auftrag durch Lifterfahrer
- Zeit Ablieferung Auftrag durch Lifterfahrer

### Vorgaben an Lifterfahrer:

- Aufträge sollen innerhalb von 2 Stunden nach Auftragserstellung abgearbeitet sein.
- Erfüllungsquote soll bei mindestens 95% liegen.

### Interessierende Fragen:

- Wie verteilen sich die Fahrten allgemein?
- Wie verteilen sich die Fahrten über den Tag?
- Gibt es Problemzonen/zeiten?
- Gibt es Auffälligkeiten in den Daten?
- Wie ist die Auslastung der Fahrer?



⇒ **Ziel:** Besseres Monitoring durch Live-Kennzahlen auf einem Dashboard

## Daten:

- Lassen sich unterscheiden in Aufträge für Lifter (ca. 200000) und Pefras (ca. 300000).
- Pefras fahren immer die selbe Route ab, Lifter sind hingegen frei in ihrer Fahrstrecke.
- Weitere bekannte Informationen: Transporteinheit, SAP Nummer des Fahrers, Abholungsort und Anlieferort.

## Werksinterne Vorgaben:

- 95% aller innerhalb der Arbeitszeiten erstellten Aufträge sollen innerhalb von maximal 2 Stunden abgearbeitet werden.
- Fahrer sind dabei vollständig autark in ihrer Entscheidung in welcher Reihenfolge sie die Aufträge abarbeiten (Lifterfahrer)
- Fahrten werden über einen Monitor ausgewählt. Dieser zeigt immer die ältesten Aufträge zuerst an.

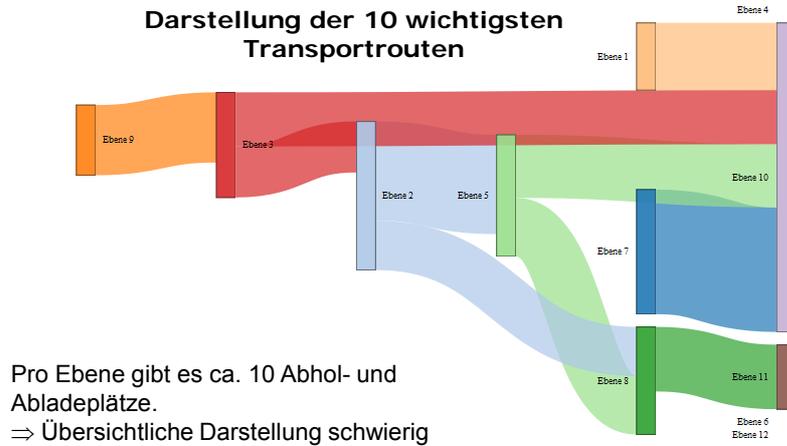
## Interessierende Fragen:

- Primäres Ziel ist es, die Hauptachsen der Fahrten zu bestimmen.
- Eine Verteilung der Aufträge über den Tag soll überprüfen ob es zu verschiedenen Zeiten unterschiedliche „Hot-Spots“ gibt.
- Es sollen Kennzahlen entwickelt werden, damit zukünftig eingeschätzt werden kann ob die Fahrer unter- oder überlastet sind.

Es werden nur die Ergebnisse der Analysen der Fahrten für Lifterfahrer betrachtet.

Wie verteilen sich die Fahrten allgemein?

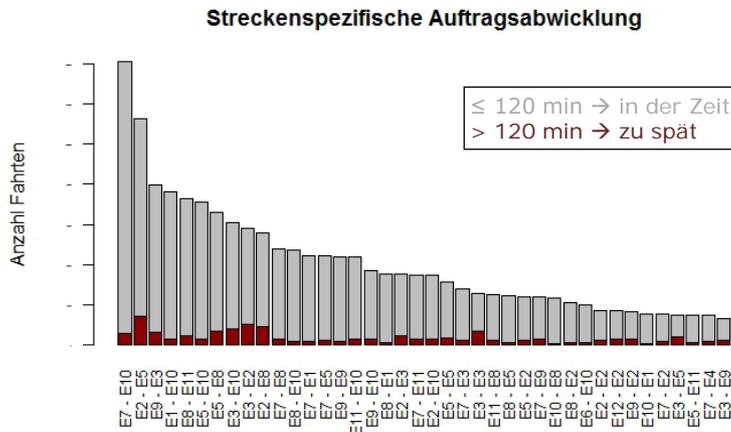
## Ermittlung der Hauptachsen



- Die 12 Ebenen befinden sich in 5 unterschiedlichen Hallen.
- Ebene 10 ist der Warenausgang.

Gibt es Problemzonen?

## Ermittlung der Hauptachsen



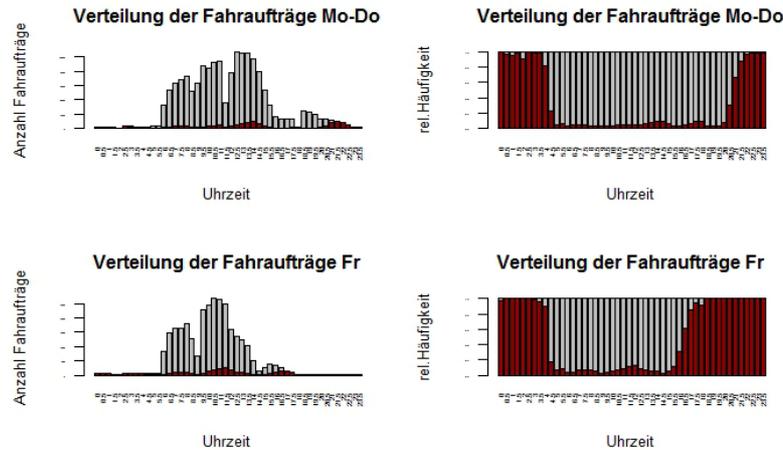
- Erfüllungsquoten hängen von der Strecke ab.

- Erfüllungsquoten bei manchen Strecken nur bei ca. 70%.
- Es gibt einen Zusammenhang zwischen den 5 verschiedenen Lagerhallen und den Erfüllungsquoten.

Wie verteilen sich die Fahrten über den Tag



## Fahraufträge über den Tag verteilt



TECHNISCHE HOCHSCHULE DEEGENDORF THD

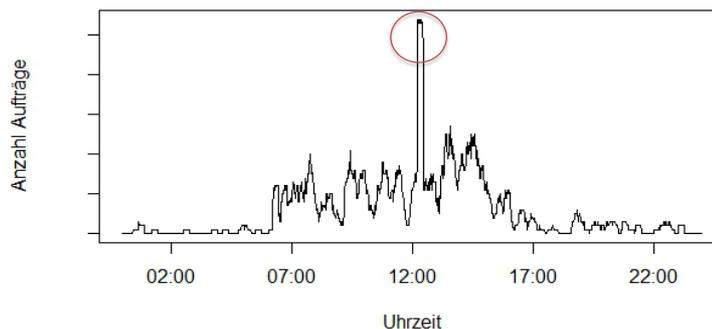
- In den Zeiten außerhalb der normalen Arbeitszeiten können keine Aufträge innerhalb der vorgegebenen 2 Stunden abgearbeitet werden.
- Verteilung der Auftragslast hängt vom Wochentag ab.

Gibt es Auffälligkeiten in den Daten?



## Fahraufträge über den Tag verteilt

Auftragsverteilung am 22.09.2015



- Peaks führen zu Schwierigkeiten in der rechtzeitigen Auftragsbefreiung
- Wären meist vermeidbar

TECHNISCHE HOCHSCHULE DEEGENDORF THD

- Peaks entstehen meist, wenn Mitarbeiter Fahraufträge zunächst „sammeln“ bevor sie diese in das System einlesen und somit zur Abarbeitung freigeben.
- Diese Peaks führen zu großen Problemen in der Arbeitslast der Fahrer.
- Durch gezieltes „darauf Aufmerksam machen“ konnte dieses Problem schnell behoben werden innerhalb des Unternehmens.

## Zusätzliche Analysen

Manipulation der Daten:

Strecke	Abholzeit	Anlieferzeit	Fahrdauer	Strecke	Zeit 1	Zeit 2	Fahrdauer	Beladung
E3P073-E2P011	06:25:13	06:28:08	<b>175</b>	E3P073-E3P073	06:25:13	06:25:17	4	<b>1</b>
E3P073-E2P011	06:25:17	06:27:48	<b>151</b>	E3P073-E3P073	06:25:17	06:25:21	4	<b>2</b>
E3P073-E2P011	06:25:21	06:27:57	<b>156</b>	E3P073-E2P011	06:25:21	06:27:48	147	<b>3</b>
				E2P011-E2P011	06:27:48	06:27:57	9	<b>2</b>
				E2P011-E2P011	06:27:57	06:28:08	11	<b>1</b>
				E2P011-???	06:28:08	???	???	<b>0</b>

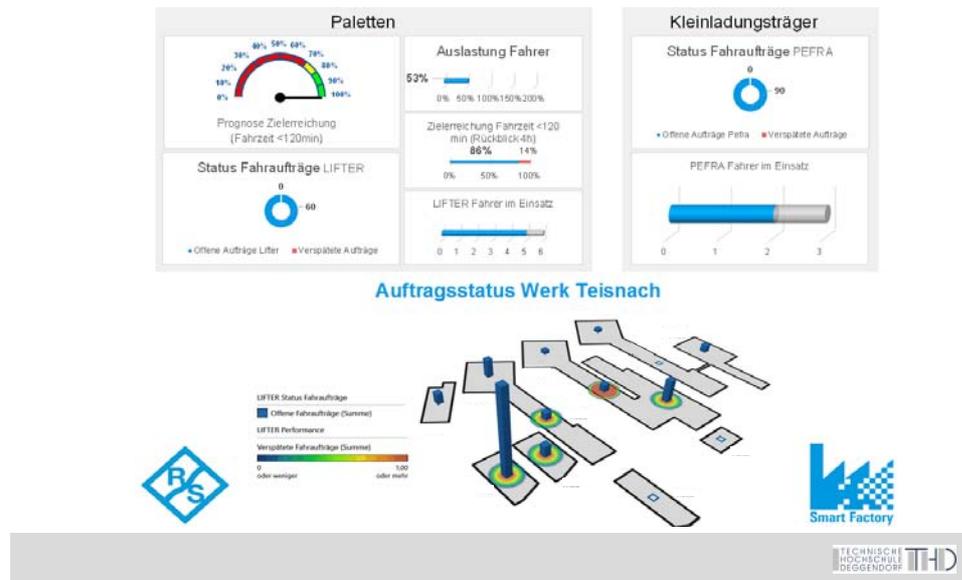
⇒ Weitere Analysen möglich (u.a.):

- Ermittlung Fahrzeitmatrix
- Anteil an Leerfahrten
- Anteil an Mehrfachbeladung

⇒ **Ermittlung einer fortlaufender Kennzahl für die Auslastung möglich**

- Es existiert eine gewisse Datenunsicherheit. Fahrer wählt selbst den Zeitpunkt wann er einen Auftrag als abgeholt und auch als abgeliefert deklariert.
- Bei vielen Fahrten auf der gleichen Strecke werden oft alle gleichzeitig als abgeholt und nach Erledigung der letzten Fahrt alle als abgeliefert gekennzeichnet.
- Trotzdem gute Rückschlüsse auf die mittlere Fahrzeit bei häufigen Fahrten möglich.
- Seltene Fahrten haben eine hohe Unsicherheit.

## Dashboard: Rohde & Schwarz



- Dashboard aufgrund der übermittelten Ergebnisse von Rohde & Schwarz selbstständig entwickelt.

## Weiterführende Analysen:

Fahrtenauswahl verbessern:

### Ist-Zustand:

- Monitor zeigt alle Aufträge, den ältesten immer zuerst
- Fahrer wählt aus, welchen Auftrag er fahren will.

Ältester Auftrag	Erstellzeit
E2P010 – E4P071	07:12:20
E6P112 – E3P032	07:13:01
E6P072 – E3P090	07:13:12
E3P002 – E9P007	07:15:41
E1P046 – E7P012	07:16:00
...	...

### Soll-Zustand:

- Einschränkung der Auswahlmöglichkeiten
- Freie Handhabung innerhalb dieser Möglichkeiten für den Fahrer.

### Beispiel:

Nächstgelegener Auftrag	Erstellzeit
E3P082 – E8P005	08:19:41
E3P002 – E9P007	07:15:41
E3P050 – E3P001	07:47:21
E2P010 – E4P071	07:12:20
E4P086 – E0P059	08:01:00

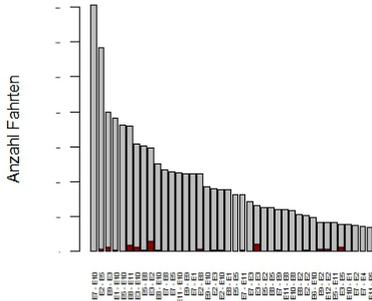
=> **Vorgehen:** Simulation gemeinsam erarbeiteter Regeln.

- Tabellen werden auf Monitore in den Staplern abgebildet und können als Touchscreen bedient werden.
- Im Ist-Zustand ist der älteste Auftrag an erster Stelle. Es werden alle offenen Aufträge angezeigt.
- Im Soll-Zustand soll nur noch eine kleine Menge an Aufträgen angezeigt werden. Die Kriterien nach welchen sich diese Auswahl ergibt müssen bestimmt werden.

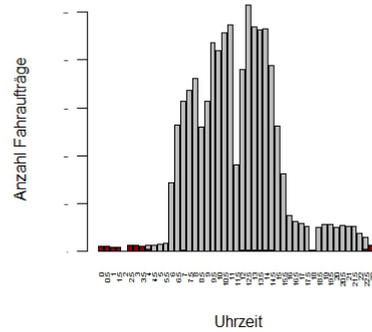
## Ergebnisse + Praxisumsetzung

Gewähltes Vorgehen: „Nearest Neighbour“

**Streckenspezifische Auftragsabwicklung**



**abs. Verteilung der Fahraufträge Mo-Do**



- Die effektive Arbeitszeit beträgt laut Simulation zwei Drittel der Gesamtarbeitszeit.
- ⇒ Umsetzung dieses Systems in Arbeit



- Bei Abarbeitung des nächstgelegenen Auftrags kann die Effizienz eindeutig gesteigert werden.
- Während der Arbeitszeiten werden fast alle Aufträge innerhalb von 2 Stunden abgearbeitet.
- Vorsicht: Es handelt sich um eine idealisierte Simulation. Es spielen auch immer andere Einflussfaktoren eine bestimmende Rolle.



Projekt gefördert durch:  
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



## Kontakt

**Technologecampus Grafenau**

Bernhard Bauer  
Hauptstr. 3  
94481 Grafenau  
Telefon: 08552 975699-43  
Email: [bernhard.bauer@th-deg.de](mailto:bernhard.bauer@th-deg.de)  
Internet: [www.tc-grafenau.th-deg.de](http://www.tc-grafenau.th-deg.de)

**So können Sie uns finden:**

TECHNISCHE HOCHSCHULE DEGGENDORF **THD**





# **OSR Shuttle™ Evo – The new simplicity**

Christoph Gailberger



## DI(FH)Christoph Gailberger

- KNAPP AG
- Senior Product Manager KNAPP AG
- Industriewirtschaft FH Kapfenberg / Auslandssemester an der Universidad de Málaga, Spanien



OSR Shuttle™

EVO

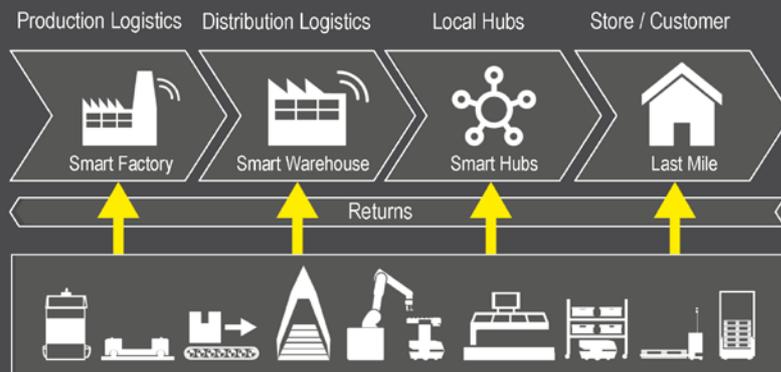
The new simplicity.

[knapp.com](http://knapp.com)

flexibility.integration.efficiency.

knapp.com

## Smart Logistics – Value Chain



knapp.com



# Efficiency - more than saving energy



knapp.com



# Time efficiency

knapp.com



## Smart Logistics

Person-to-Goods



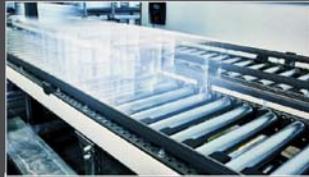
Goods-to-Person



knapp.com



# Smart Logistics – Goods-to-Person



Transport Systems



Storage Systems



Workstations & Robotics



knapp.com

## Smart Shuttles



# Smart Shuttles

2000



OSR Shuttle™ (1D)

2008



YLOG Shuttle (2D/3D)

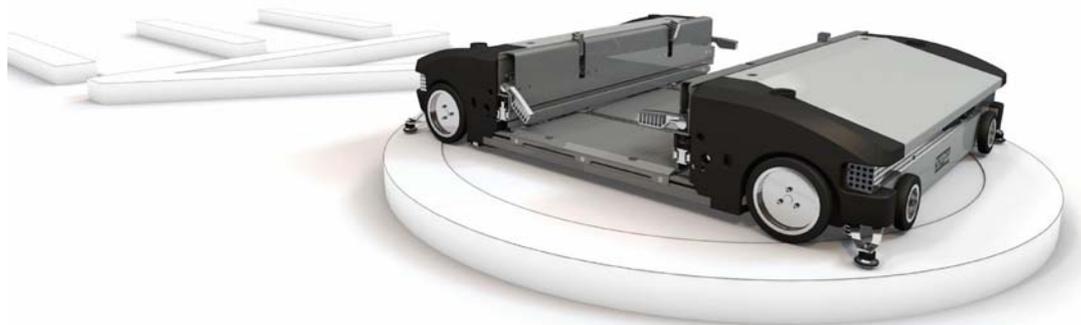
2018



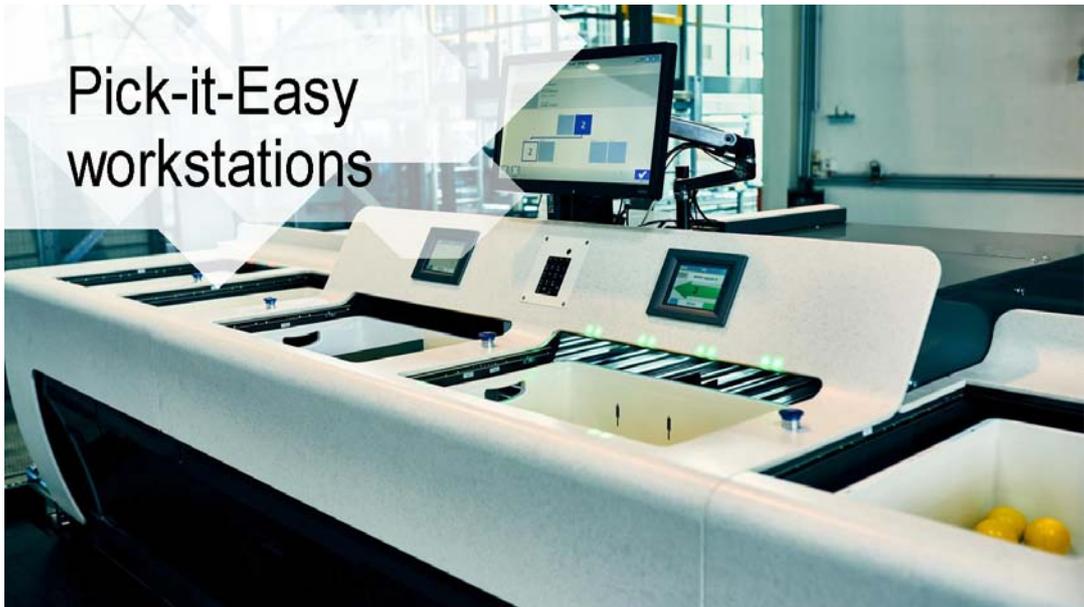
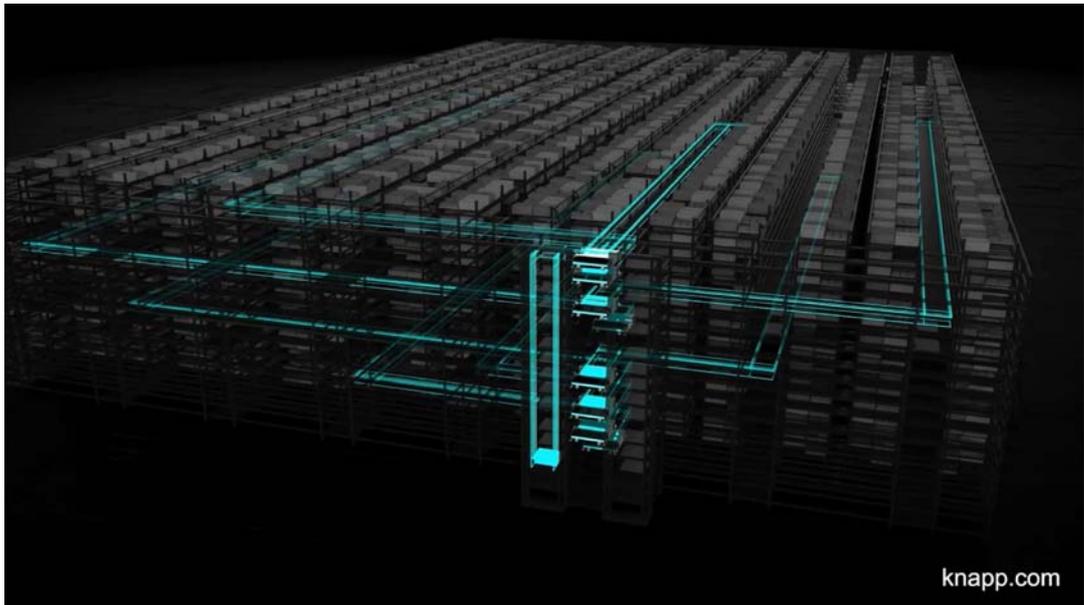
OSR Shuttle™ Evo

knapp.com

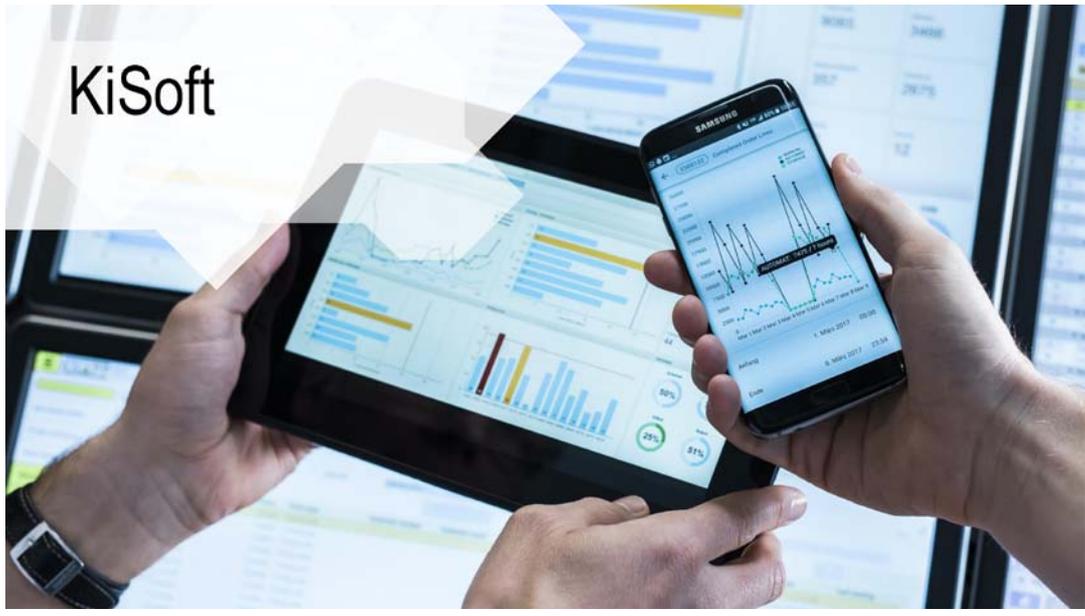
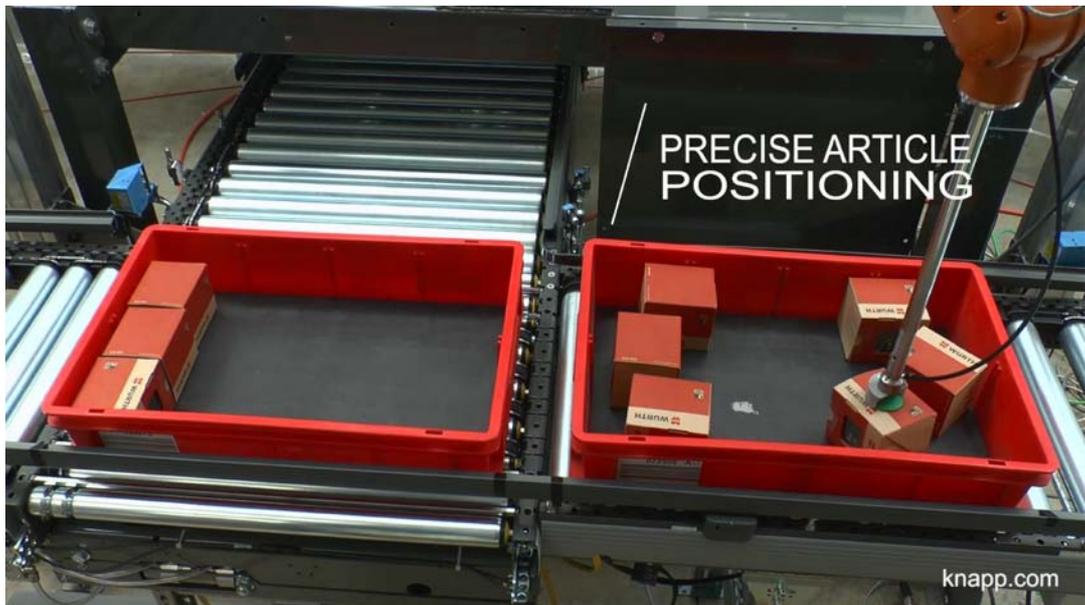
## OSR Shuttle™ Evo

















# **DIGITALISIERUNG IN DER INTRALOGISTIK**

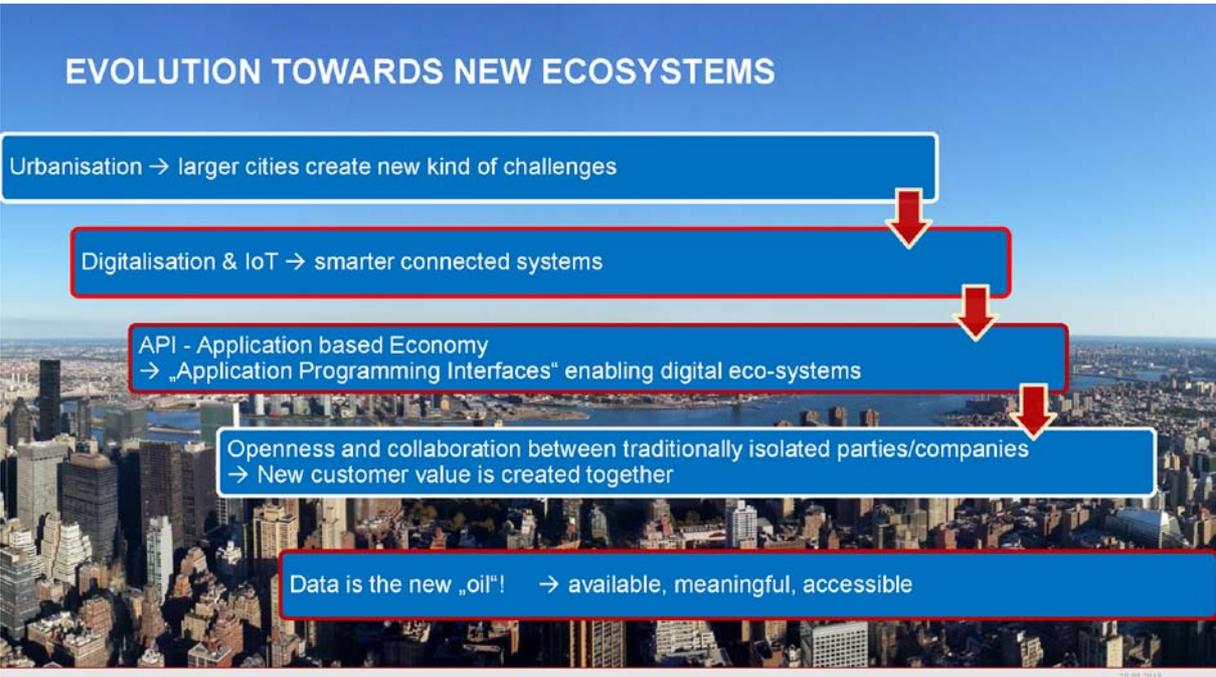
Peter Totz



## DIGITALISIERUNG IN DER INTRALOGISTIK

LOGISTIKWERKSTATT GRAZ , MAY 25TH, 2018  
PETER TOTZ

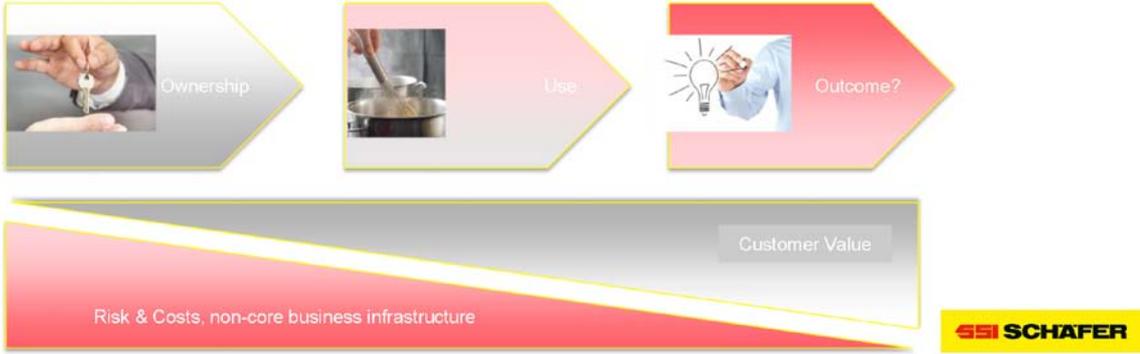




## EVOLUTION OF NEW BUSINESS MODELS

From only a product to a product and business as a service portfolio

### SaaS & BaaS



## DIGITAL BUSINESS MODELS: KEY ENABLERS



**Real-time data & visibility** resulting in an intelligent supply network and evolving operating models

*Connected*



**Seamless operations with unparalleled organizational flexibility**

*Scalable*



**Innovative insights and decision making** by leveraging data & visibility through smart apps

*Intelligent*



**Exceptional speed to market** due to extraordinary responsiveness and proactive prevention

*Rapid*



Source: <https://www.secenture.com/us-en/insight-digital-product-lifecycle-management>

## ... AND MORE INNOVATIONS AWAIT US

**MACHINE LEARNING**

**FROM SEED TO SIGNAL**  
SENSORS ARE INTEGRATED WITHIN COMPACT AND RESILIENT TO THE HARSH ENVIRONMENT

**FROM FIELD TO FARMER**  
INFORMATION IS TRANSMITTED TO THE CLOUD TO BE ANALYZED AND SHARED REMOTELY

**Internet of things**  
CAPITA

DEVICES WE ALREADY USE

DEVICES USING CONNECTIVITY IN NEW WAYS

DEVICES PREVIOUSLY INACTIVE, BUT NOW INTELLIGENT

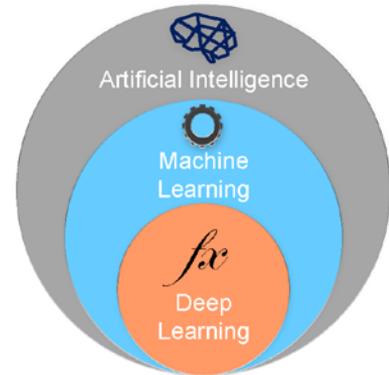
COMPLETELY NEW DEVICES

## SOFTWARE COMPANIES ARE USING AI

**NETFLIX** 75% of the movies viewed on Netflix are suggestions of their Recommendation Engine

**Spotify** Spotify uses neural networks to recommend songs to users

**amazon** Amazon uses Machine Learning to ship packages before they are ordered



© 2017 SSI SCHAFFER Theme Name 7 28.05.2018

## HOW CAN COMPANIES BENEFIT FROM AI?

**Intelligent**  
Influence before it happens

Artificial Intelligence

**Pro-active**  
What will happen?

Prediction / Prevention

**Active**  
What is happening now?

Monitoring

**Reactive**  
What has happened?

Reporting



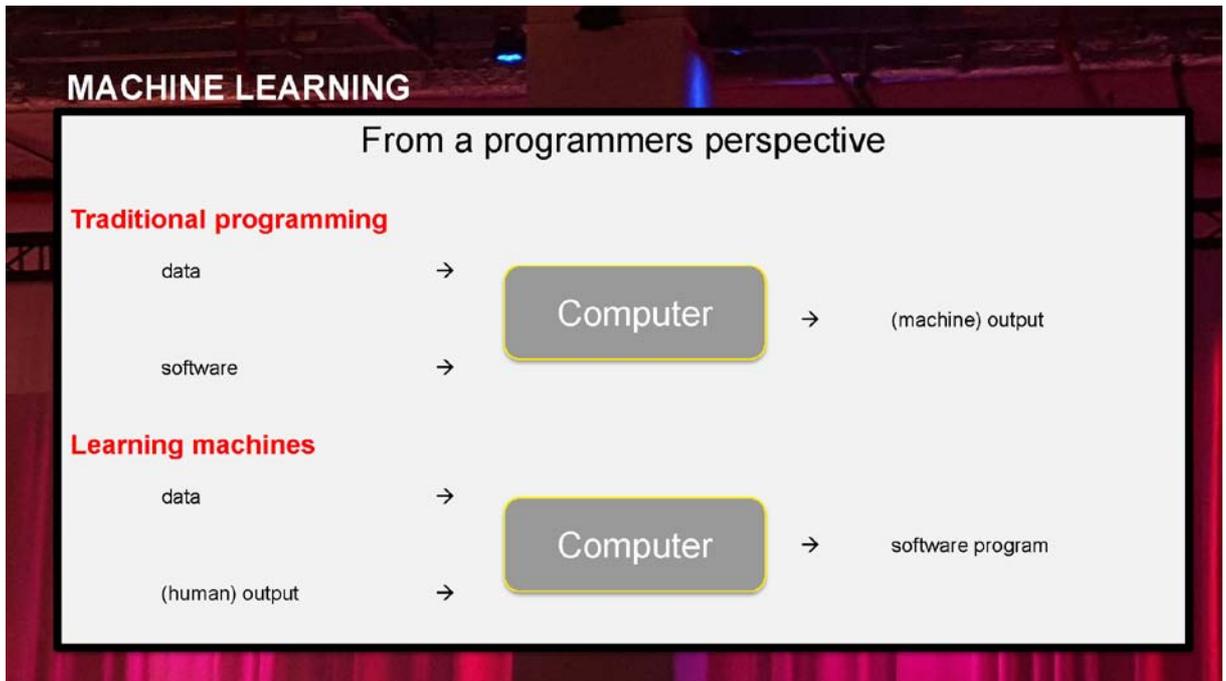
**Customers**  
Stronger Loyalty

**\$**  
Profitability increases  
Costs decrease

**Systems**  
Less downtime  
Higher utilization

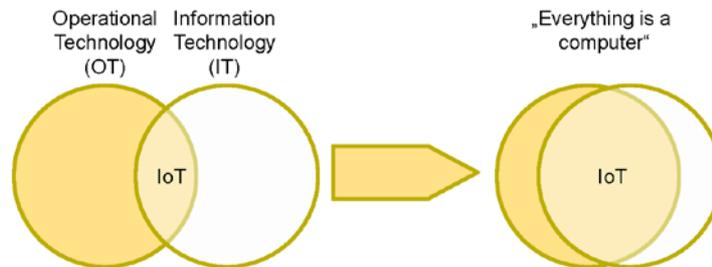
**Products / Services**  
Deliver to client spec.  
Less re-work / returns





## INTERNET OF THINGS – IoT

Incorporate computers in everyday things



**SMART SENSORS, BIG DATA & ANALYTICS  
MAKE INTELLIGENT MAINTENANCE POSSIBLE**

**IIoT - A GAME - CHANGER  
for PREDICTIVE MAINTENANCE**

Industrial Internet of Things – A Game-Changer for Predictive Maintenance



**DIGITALIZATION – VIEW OF OUR CUSTOMERS**



- Supply Chain Portfolio**
- Dynamic Sales Forecast
  - Supplier Evaluation
  - Inventory Management
  - Employee Scheduling

- Industry 4.0 Portfolio**
- Predictive Maintenance
  - Process Optimization
  - Active Process Control
  - Virtual Personal Assistants



- Sales & Marketing Portfolio**
- Recommendation Engines
  - Cross- & Upselling
  - Churn Prediction
  - Dynamic Pricing



## DIGITALIZATION: CONCLUSIONS



**SCHAFFER**

## INTRALOGISTIC CHALLENGES

- Lead times become drastically shorter
- Higher complexity due to diversity of products
- Taylor-made products resulting in smaller batch sizes
- Boosting efficiency in value chains
- Competition against complete value chains

### Answers given through Logistics & Internet of Things

- Data-driven logistics
- Networking between data and transport logistics
- Automated flexible logistics: safe and reliable technology
- Innovative, future oriented, sustainable solutions



**SCHAFFER**

# TRANSFORMATION TOWARDS LOGISTICS 4.0

## Opportunities

- Less risk in complex decision-making processes
- Increased transparency
- Optimized flow of goods
- Meet customer demands through real-time operations

## Threats

- Dependency on data and intermediaries
- Security issues



# AUTONOMOUS PICKING



Testphase with an interlinked 3rd party system at a customer site



Source: Modern Materials Handling, Iam Robotics & Rochester Drug Cooperative

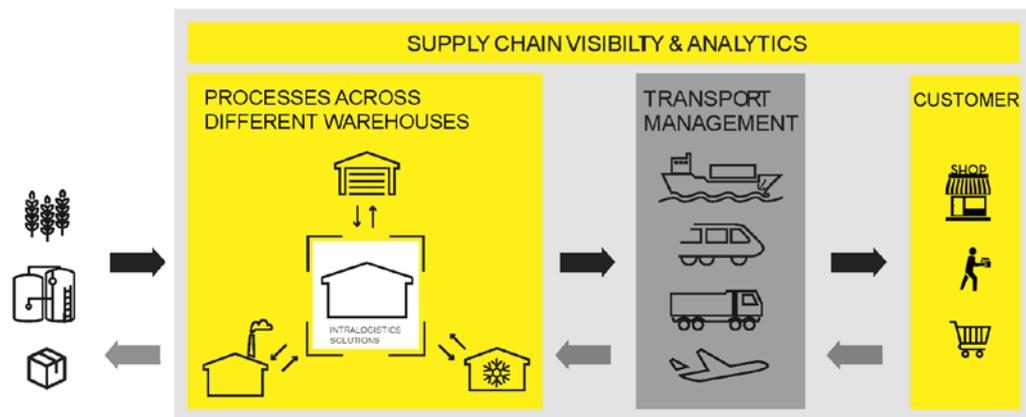
© 2017 SSI SCHÄFER AG

18.05.2018

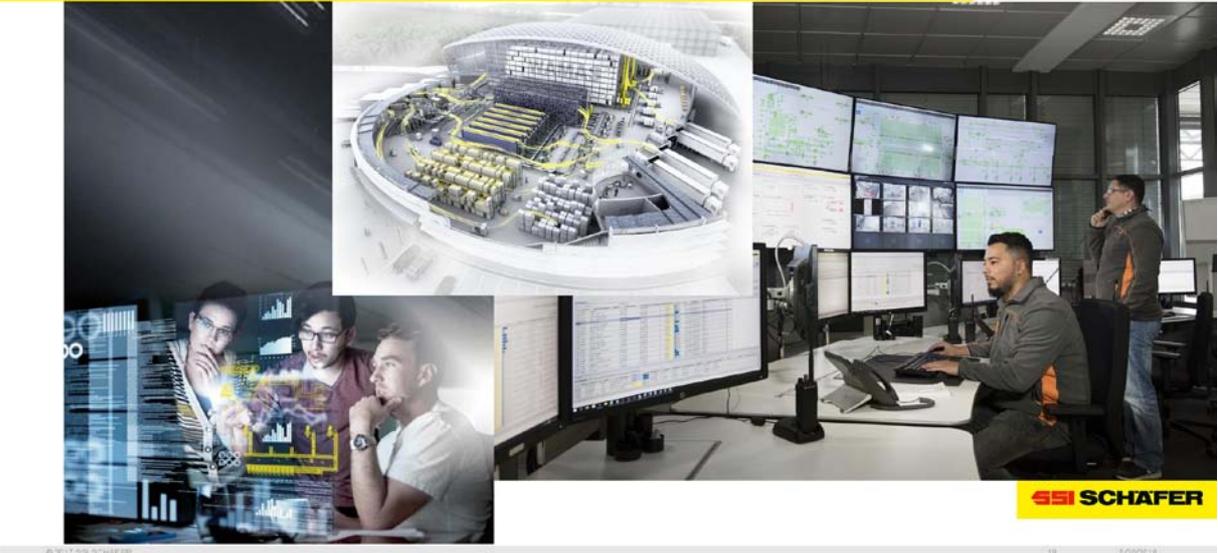
**MACHINE LEARNING PREDICTION @ SSI**



**SUPPLY CHAIN EXECUTION**



## ANALYTICS & AI GUIDANCE & ML PREDICTION @ SSI



## WARNING VOICES – SYSTEM SECURITY IN AN OPEN WORK ENVIRONMENT

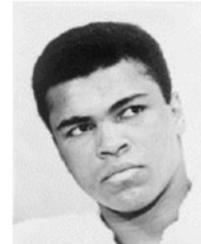




**“Impossible is just a big word thrown around by small men,  
who find it easier, to live in the world they've been given,  
than to explore the power they have to change it.  
Impossible is not a fact. It's an opinion.  
Impossible is not a declaration. It's a dare.  
Impossible is potential.  
Impossible is temporary.**

**Impossible is nothing.”**

— Muhammad Ali







# **Forschungsansatz zur Bestimmung der Energieeffizienz von Fördermitteln der Intralogistik**

Andreas Rücker



## Andreas Rücker, M.Sc.

- Technische Universität München, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik
- von Juli 2016 bis März 2018 wiss. Mitarbeiter an der TU München
- seit April 2018 akademischer Rat an der TU München
- Bachelor- und Masterstudium Maschinenwesen an der TU München
- Forschungsprojekt: „Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Energieeffizienz von Regalbediengeräten“
- Lehre: CAD und Maschinenzichnen

WISSEN • TECHNIK • LEIDENSCHAFT 

**Forschungsansatz zur Bestimmung der Energieeffizienz von Fördermitteln der Intralogistik**

Logistikwerkstatt  
Graz, 24.-25.05.2018  
Andreas Rücker  
Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

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



Dieser Vortrag befasst sich mit der aktuellen Fragestellung der Bestimmung der Energieeffizienz von Fördermitteln der Intralogistik. Der Vortrag entstand im Rahmen des Forschungsprojekts „Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Energieeffizienz von Regalbediengeräten“. Dieses Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

## Vortragender

- Andreas Rücker, M.Sc.
- [ruecker@fml.mw.tum.de](mailto:ruecker@fml.mw.tum.de)
- Seit 2016 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl fml der TUM
- Forschungsschwerpunkt: Energieeffizienz in der Intralogistik
- Aktuelles Forschungsprojekt: „Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Energieeffizienz von Regalbediengeräten“

### Vortragender

Andreas Rücker, M.Sc.

Ich bin seit 2016 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München. In meiner Forschung beschäftige ich mich hauptsächlich mit Energieeffizienz in der Intralogistik. Aktuell bearbeite ich das Forschungsprojekt „Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Energieeffizienz von Regalbediengeräten“.



## Wie können komplexe Anlagen / Maschinen der Fördertechnik hinsichtlich ihrer Energieeffizienz bewertet werden?



Die Hauptfrage die ich in diesem Vortrag diskutieren möchte ist: Wie können komplexe Maschinen und Anlagen der Fördertechnik hinsichtlich ihrer Energieeffizienz bewertet werden? Die folgenden Folien sollen einen Einblick in dieses Thema geben und mögliche Antworten auf diese Frage aufzeigen. Ein möglicher Lösungsweg wird am Beispiel der Bewertung von Regalbediengeräten (RBG) aufgezeigt.

## Inhalt des Vortrags

1. Aktuelle Energieeffizienzklassifizierungen
2. Ansatz für allgemeine Energieeffizienzklassen für Fördermittel der Intralogistik
3. Forschungsprojekt „Energieeffizienzklassen für Regalbediengeräte“
4. Aktuelle Forschungsergebnisse aus dem Projekt
5. Ausblick auf die weitere Forschung in diesem Feld

1. Aktuelle Energieeffizienzklassifizierungen (EEK)  
Wie sehen EEK heute aus, was wird an ihnen kritisiert und welche Verbesserungsvorschläge gibt es?
2. Ansätze für allgemeine Energieeffizienzklassen für Fördermittel der Intralogistik  
Welche neuen Ansätze für EEK werden verfolgt?
3. Forschungsprojekt „Energieeffizienzklassen für Regalbediengeräte“  
Welche Inhalte werden im Forschungsprojekt bearbeitet?
4. Aktuelle Forschungsergebnisse aus dem Projekt  
Was gibt es für aktuelle Ergebnisse in diesem Projekt?
5. Ausblick auf die weitere Forschung in diesem Feld  
Welche Ergebnisse sind in der Zukunft zu erwarten?



## Aktuelle Energieeffizienzklassifizierungen



In diesem Abschnitt werden aktuelle Energieeffizienzklassifizierungen und ihre Probleme vorgestellt. Diese Energieeffizienzklassifizierungen basieren häufig auf dem Vergleich des Energiebedarfs eines Gerätes, mit dem Energiebedarf eines fiktiven Referenzgerätes. Viele Bewertungen der sogenannten weißen Ware (Waschmaschinen, Kühlschränke, etc.) sind in dieser Art gestaltet.

## Aktuelle Kritik

- Energieeffizienzwerte sind intransparent → kein direkter Bezug zu einem realen Verbrauch
- Klassen haben kein lineares Verhältnis zueinander
- Referenzwerte nicht mehr aktuell → A++ und A+++ Klassen nötig

Verbesserungsvorschlag:  
Energieeffizienzklassen die ein  
Verhältnis von Verbrauch und  
Nutzen bewerten

Die heutigen Energieeffizienzklassen werden oft aus mehreren Gründen kritisiert. Ein Kritikpunkt ist dabei, dass aus der Klasse nicht direkt auf einen realen Verbrauch geschlossen werden kann. Das trifft für einige EEK zwar nicht zu, aber es ist trotzdem ein häufig vorgebrachter Kritikpunkt. Die Klassen weisen zudem kein lineares Verhältnis zueinander auf. Abhängig vom Gerätetyp, sind die Unterschiede im Verbrauch zwischen den einzelnen Klassen unterschiedlich groß.

Die Verbrauchswerte der fiktiven Referenzgeräte die als Vergleich dienen, sind nicht mehr aktuell. Problem bei Hausgeräten: Momentan fallen viele Geräte schon in den Bereich von A bis A+++ . Dieser Umstand verschleiert für den Verbraucher die Tatsache das zwischen A+ und A++ oftmals noch eine Halbierung des Verbrauchs liegt. Die EU hat an dieser Stelle schon reagiert und hat die Grenzwerte der Klassen angepasst.

Ein bessere Lösung stellen Energieeffizienzklassen dar, deren Effizienz mit einem Vergleich von Verbrauch und Nutzen bewertet wird. Eine Bewertung dieser Art wird zum Beispiel schon bei Leuchtmitteln angewendet. Auch für Aufzüge findet eine Bewertung mit Hilfe von Nutzen und Energiebedarf statt. Aufzüge werden zusätzlich noch in verschiedene Nutzungsklassen eingeteilt. Die detaillierte Bewertung ist in der VDI 4707 Richtlinie [VDI-4707] festgelegt. Bei Aufzügen wird zusätzlich zwischen Betriebsphase und Stillstandsphase unterschieden.

## Beispiel: Haushaltsgeräte



Bei Haushaltsgeräten erfolgt die Einteilung häufig über die Berechnung eines Energieeffizienzindex (EEI). Dieser Index wird auf Basis von komplexen Berechnungsvorschriften ermittelt. Mit Hilfe des EEI werden die Geräte dann in einzelne Klassen eingeteilt. Die Grenzwerte dieser Klassen sind jeweils in Richtlinien festgelegt.

Auf dem Energielabel, mit dem die Geräte gekennzeichnet werden müssen, sind noch weitere Informationen verzeichnet. Für einen Geschirrspüler sind unter anderem folgende Daten auf dem Label zu finden:

- Energieeffizienzklasse
- Energiebedarf pro Jahr (280 Standard Spülgänge)
- Wasserverbrauch pro Jahr (280 Standard Spülgänge)
- Menge an Geschirr (als Anzahl von Maßgedecken nach EN 50242) die er aufnehmen kann
- Angabe zur Geräusentwicklung

Die Kritik an den Energielabeln ist also nur zum Teil berechtigt. Die Angabe der Energieeffizienzklasse alleine lässt noch keine Aussage zum tatsächlichen Energiebedarf zu. Die Zusatzangaben ermöglichen allerdings eine realistische Einschätzung des tatsächlichen Bedarfs.

Die allgemeinen Rahmenbedingungen für diese Klassifizierungen sind in den EU Richtlinien und Verordnungen [Eur-2010, Eur-2017] festgeschrieben.

# Ansatz für allgemeine Energieeffizienzklassen für Fördermittel der Intralogistik

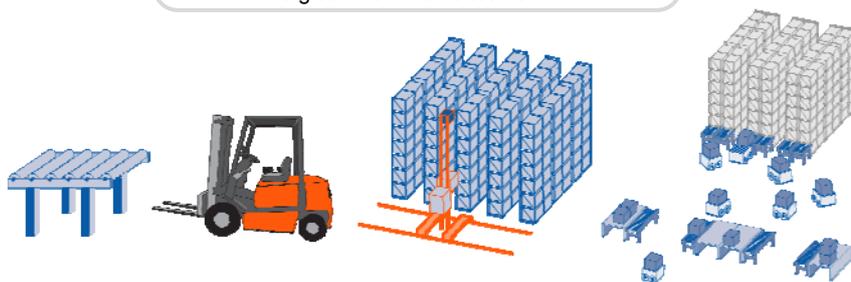


In diesem Abschnitt wird ein Forschungsansatz für allgemeine Energieeffizienzklassen in der Intralogistik vorgestellt.

## 9 Einleitung

### Forschungsfrage

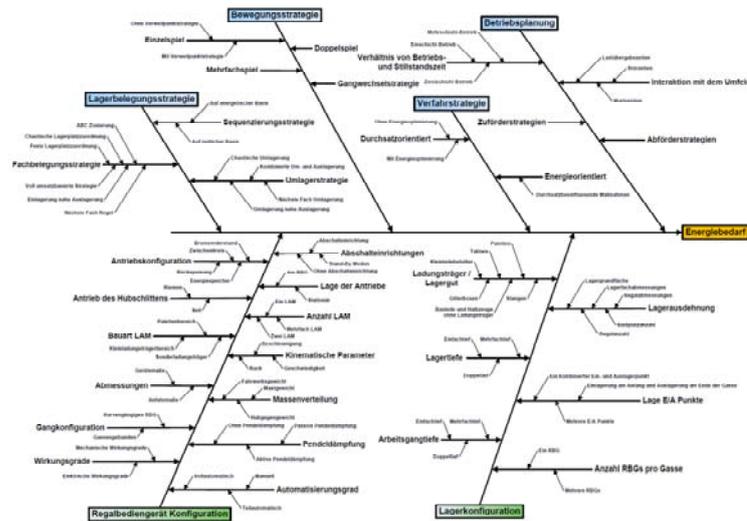
Wie können komplexe Anlagen / Maschinen der Fördertechnik ganzheitlich hinsichtlich ihrer Energieeffizienz bewertet werden?



Die Forschungsfrage wurde bereits vorgestellt. Wie können jetzt verschiedene Fördermittel wie Rollenförderer, RBG, Stapler und andere Fördermittel bewertet werden?

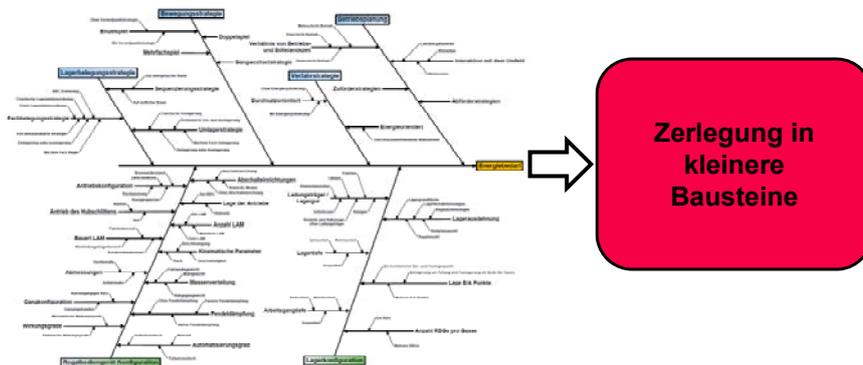


10 Problemstellung: Beispiel Regalbediengerät



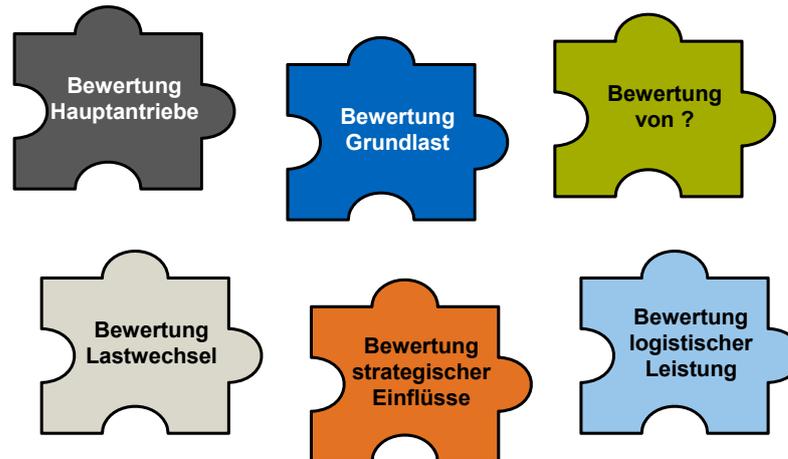
Wenn man als Beispiel für die Problemstellung ein RBG heranzieht, dann gibt es eine große Anzahl an physikalischen und strategischen Einflussgrößen die einen Einfluss auf den Energiebedarf und damit auf die Energieeffizienz haben. Strategische Einflussgrößen beziehen sich auf Einflüsse, die mit den Prozessen im Lager zu tun haben. Diese Einflüsse stehen mitunter zueinander in komplexen Wechselwirkungen und sind deswegen schwer in einer einzigen Bewertung zu berücksichtigen.

11 Lösungsansatz



Auf Grund der Komplexität des Zusammenhangs aller Einflussgrößen wurde als Lösungsansatz eine Zerlegung der Bewertung in kleinere Bausteine gewählt. Grundsätzlich besitzen viele Fördermittel Baugruppen und Elemente, die sich ähneln. Deswegen können Bausteine einer solchen Bewertung, die für einzelne Geräte entwickelt wurden, mit kleinen Änderungen auch bei anderen Fördermitteln benutzt werden.

## Wie könnten diese Bausteine aussehen?



Am Beispiel RBG wurden schon verschiedene Bausteine für Einzelbewertungen entworfen und zum Teil bereits ausgearbeitet.

Die bis jetzt entworfenen Bausteine beinhalten

- Bewertung der Hauptantriebe
- Bewertung der Grundlast
- Bewertung des Lastwechsels
- Bewertung strategischer Einflüsse
- Bewertung logistischer Leistung.

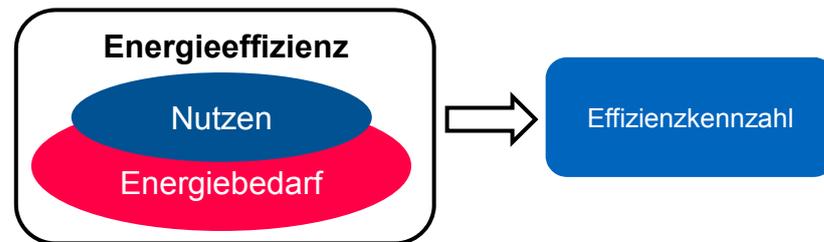
Für andere Fördermittel oder Anlagen sind noch weitere Bewertungsbausteine denkbar. Diese Bausteine sind Gegenstand der weiteren Forschungsarbeit.

# Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Energieeffizienz von Regalbediengeräten

In diesem Abschnitt wird ein kurzer Überblick über das Forschungsprojekt „Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Energieeffizienz von Regalbediengeräten“ gegeben.

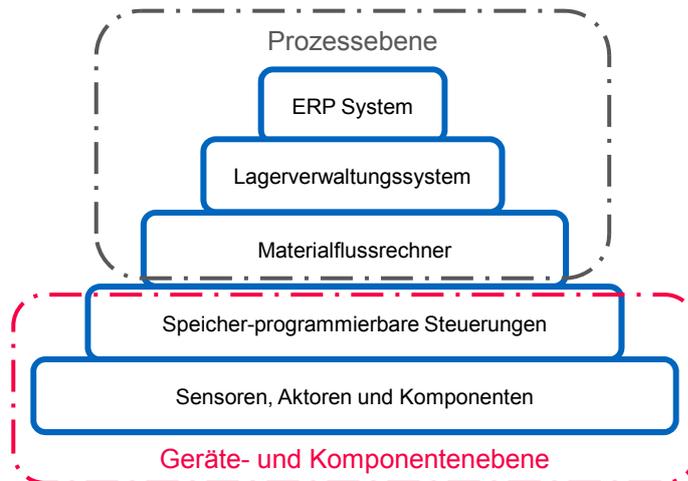
## Ausgangssituation und Ansatz

- Nutzen in sehr wenigen / Energiebedarf hingegen in sehr vielen Veröffentlichungen untersucht
- mit einer geeigneten Charakterisierung der logistischen Leistung könnten auch andere Geräte der Intralogistik untersucht werden
- Gegenüberstellung von Nutzen und Energiebedarf liefert vergleichbare Effizienzkennzahl



Die Ausgangssituation des Projektes ergibt sich im wesentlichen aus dem Stand der Forschung aus dem Jahr 2016. Der Durchsatz und der Energiebedarf von RBG ist bereits Gegenstand vieler Forschungsarbeiten. Der Nutzen ist hingegen in deutlich weniger Veröffentlichungen untersucht worden. Zur Energieeffizienz von Stetigförderern gibt es schon umfassende Untersuchungen, die in der Dissertation von *Lottersberger* [Lot-2016] veröffentlicht wurden. *Ertl* hat in seiner Dissertation [Ert-2016] schon Ansätze für die Energieeffizienzbewertung von RBG vorgestellt. Des Weiteren sind in der Dissertation von *Braun* [Bra-2016] umfassende Untersuchungen zum Energiebedarf von RBG veröffentlicht worden. Aus der vorhandenen Literatur wurde der Projektansatz entwickelt, dass Geräte unterschiedlichster Bauart über einen Vergleich von logistischem Nutzen und Energiebedarf beurteilt werden können. Aktuell beschäftigen sich bereits weitere Forschungsarbeiten der TU-Graz [Haf-2017, Sch-2017] mit der Energieeffizienz in der Intralogistik.

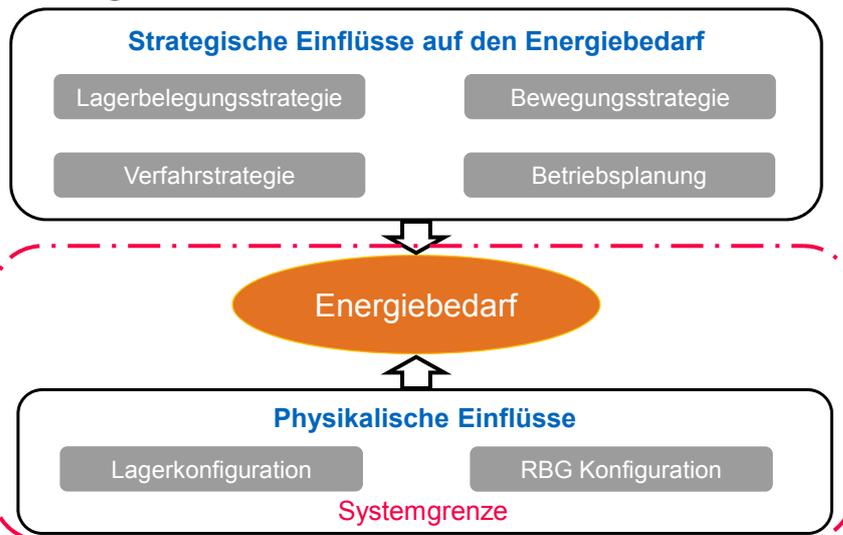
15 Systemgrenze für die Betrachtungen



vergleiche [Lot-2016, S.42]

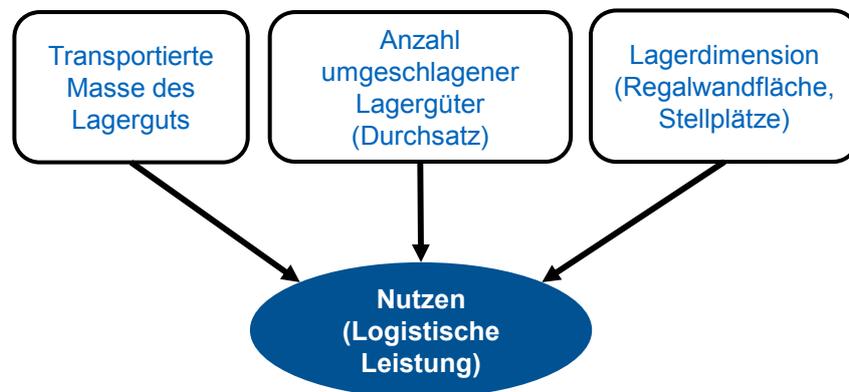
Betrachtet man die einzelnen Ebenen in einem Lagersystem, dann lassen sich zwei grundsätzliche Ebenen unterscheiden, die Prozessebene und die Geräte- und Komponentenebene (vgl. [Lot-2016, S.42]). Im Projekt wurde die Bewertung der Energieeffizienz auf die Geräte- und Komponentenebene beschränkt. Die strategischen Einflüsse sind in der Praxis stark vom Kunden abhängig, der das RBG einsetzen möchte. Die Hersteller können diese Einflussgrößen meist nicht beeinflussen.

## Energiebedarf



Der Energiebedarf wird von vielen Parametern beeinflusst. Die Einflussgrößen lassen sich grob in strategische und physikalische Einflüsse einteilen. Wie bereits vorher beschrieben werden im Projekt hauptsächlich die physikalischen Einflüsse berücksichtigt.

17 Nutzen eines Regalbediengerätes



Um den Nutzen eines RBG zu klassifizieren hat *Ertl* [Ert-2016] die Größen:

- Transportierte Masse
- Durchsatz
- und Lagerdimension

Verwendet und entsprechend miteinander verknüpft. Diese Größen eignen sich um Lager und Geräte unterschiedliche Größe miteinander zu vergleichen da der Energiebedarf eines RBG mit ihnen skaliert. Mehr Details der Energieeffizienzbetrachtung von *Ertl* finden sich in [Ert-2016, S.168 ff.].

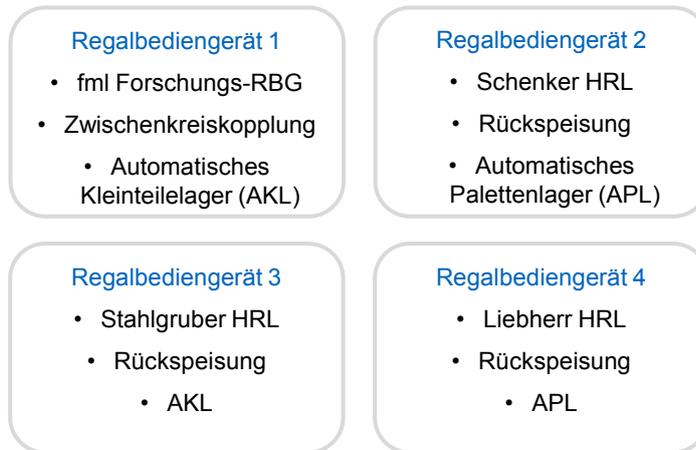


## Aktuelle Ergebnisse aus dem Projekt



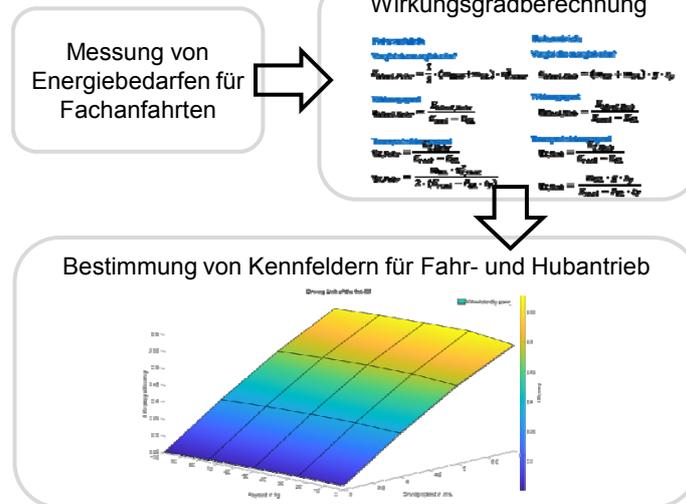
In diesem Abschnitt werden einzelne aktuelle Forschungsergebnisse aus dem Projekt vorgestellt. Insbesondere die bereits entwickelten Bausteine der Bewertung werden hier gezeigt.

19 **Umfassende Leistungsmessungen**



Im Projekt wurden viele Erkenntnisse durch Leistungsmessungen an RBG gewonnen. Für die Messungen standen das lehrstuhleigene RBG und drei weitere RBG zur Verfügung. Am RBG 1 konnten Konzepte für die Bewertung der einzelnen Bestandteile entwickelt und getestet werden. Diese Bewertungen wurden dann an den Realanlagen RBG 2, 3 und 4 verifiziert. Insgesamt wurden zwei Geräte in automatischen Kleinteilelagern (AKL) und zwei Geräte in automatischen Palettenlagern (APL) untersucht.

## Bewertung der Hauptantriebe



Das Lösungskonzept für die Bewertungsmethodik wurde vorher bereits skizziert. Die Antriebsbewertung wurde bereits in einem Beitrag auf Kranfachtagung 2018 in Dresden vorgestellt [Rüc-2018]. In diesem Baustein wurden Wirkungsgrade für den Fahr- und den Hubantrieb eines RBG entwickelt. Diese wurden mit Hilfe von Messungen am RBG 1 entwickelt und anschließend mit weiteren Messungen verifiziert. Mit Hilfe der Berechnungsvorschriften lassen sich Kennfelder für den Wirkungsgrad eines Antriebs abbilden. In den Kennfeldern ist der Wirkungsgrad über die Nutzlast des RBG und die Fahrgeschwindigkeit des Antriebs aufgetragen.

## Bewertung Grundlast



Grundlast entspricht der Stillstandsleistung eines sich in Betrieb befindlichen RBG.

### Bewertung der Grundlast ohne Vergleichsgröße

Tabella 7-3: Energiebedarfsklassen für die Brachzeit (Geometrische Folge  $a_1=0,3 \text{ kW}$ ;  $a_{i+1}=1,35 \cdot a_i$ )

$K_{EE,brach}$ in kW	$< 0,300$	$\leq 0,405$	$\leq 0,547$	$\leq 0,738$	$\leq 0,996$	$\leq 1,345$	$> 1,345$
Klasse	A	B	C	D	E	F	G

Grundlastleistung eingeteilt in Klassen über eine geometrische Reihe (vergleich [Ert-2016] S.169)

Nachdem die Grundlast nicht direkt mit anderen Leistungsparametern eines RBG skaliert, kann diese auch einfach über eine Vergleichsleistung bewertet werden. In der Grundlast sind alle Leistungsverbraucher im stationären und im mitfahrenden Schaltschrank enthalten. Dies betrifft unter anderem folgende Verbraucher:

- Steuerrechner
- Datenlichtschranke
- Beleuchtung
- Lüftung / Klimatisierung der Schaltschränke
- Kühlung der Motoren
- Positionserfassung
- Mechanische Bremsen
- Grundlast der Umrichter
- Weitere Leistungselektronik

Die Leistung der Antriebsmotoren und etwaige Betriebsverluste der Umrichter sind in der Grundlast nicht enthalten. Die Bewertung der Grundlast eines sich in Betrieb befindlichen Gerätes über Messungen wird auf der nächsten Folie vorgestellt.

## Bewertung des laufenden Betriebs



## Spitzenlastfaktor

$$n_{SL} = \frac{P_{Max}}{D}$$

## Grundlastfaktor

$$n_{GL} = \frac{P_{Mittel}}{D}$$

Spitzenlastfaktor =  
Maximale Leistung /  
mittlere Leistung

Grundlastfaktor =  
Mittlere Leistung /  
Grundlastleistung

→ Diese beiden Faktoren stellen keine direkten Effizienzkriterien dar, geben aber Aufschluss wie ein RBG aktuell betrieben wird.

→ Beispiel: Gerät mit Rückspeisung, Leistungswerte:  $P_{Max} = 40 \text{ kW}$ ,  $P_{Mittel} = 4 \text{ kW}$ ,  $P_{GL} = 800 \text{ W}$ . Leistungsfaktoren  $n_{SL} = 10$ ,  $n_{GL} = 5$

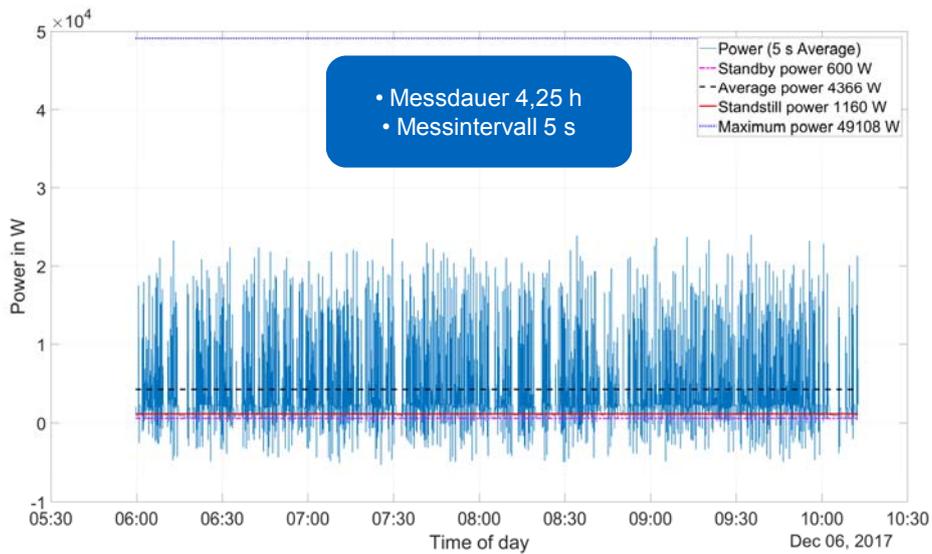


Für die Bewertung eines sich im Betrieb befindlichen RBG wurden zwei Faktoren definiert, die eine Aussage über den elektrischen Leistungsverbrauch eines Gerätes treffen. Diese beiden Faktoren sind der Spitzen- und der Grundlastfaktor. Der Grundlastfaktor trifft eine Aussage wie groß der Energieverbrauch des fahrenden im Vergleich mit dem stillstehenden Gerät ist. Der Spitzenlastfaktor trifft eine Aussage über den maximalen Leistungsverbrauch im Verhältnis zum mittleren Leistungsverbrauch. Im auf der Folie erwähnten Beispiel ist der mittlere Leistungsverbrauch im Verhältnis zur maximalen Leistung relativ gering. Die geringe mittlere Leistung spricht entweder für einen moderaten Einsatz des Gerätes oder für eine effiziente Betriebsweise. Verknüpft man die Informationen noch mit Durchsatzwerten aus der entsprechenden Messung, dann lassen sich auch Aussagen zur Effizienz des Betriebs treffen. Auf den folgenden beiden Folien werden beispielhaft die Ergebnisse von zwei Leistungsmessungen gezeigt und erläutert.

Auf den nächsten beiden Folien werden zwei exemplarische Messergebnisse aus den vielen Messreihen gezeigt.

23

## RBG 3 – Messintervall 3

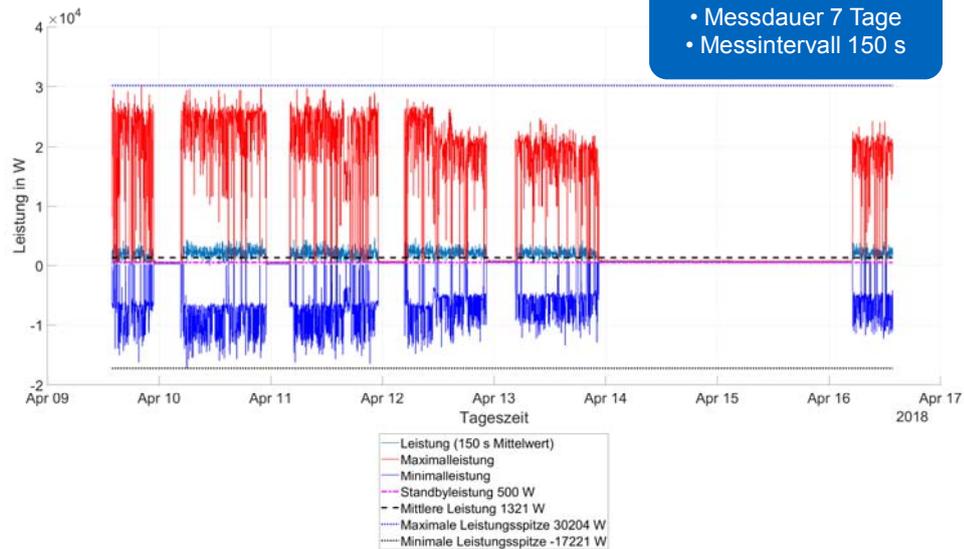



Das erste Beispiel ist das Ergebnis eines 4,5 Stunden Messintervalls des laufenden Betriebs von RBG 3. Dieses arbeitet in einem automatischen Kleinteilelager und ist mit einer Rückspeisung ausgestattet. Das RBG arbeitet mit hohen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen, einer geringen maximalen Nutzlast von 60 kg und einer maximalen Antriebsleistung von ca. 50 kW. Die mittlere Leistung im Betrachtungszeitraum lag bei ca. 4400 W. Die gemessene Grundlast lag bei ca. 600 W im mitfahrenden Schaltschrank. Die Grundlast des stationären Schaltschranks ist in den Messergebnissen nicht enthalten. Bei den Messkurven ist zu beachten, dass die gemessene Leistung (blaue Kurve) den fünf Sekunden Mittelwert darstellt. Deswegen liegt die maximal gemessene Leistung deutlich über der Leistungskurve. Bei dem RBG ist die mittlere Leistung im Verhältnis zur Maximalleistung klein. Gleichzeitig stellt die Grundlast einen nicht unerheblichen Teil des Energieverbrauchs dar.



24

## Ergebnisse Langzeitmessung



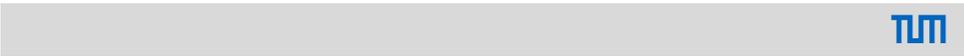
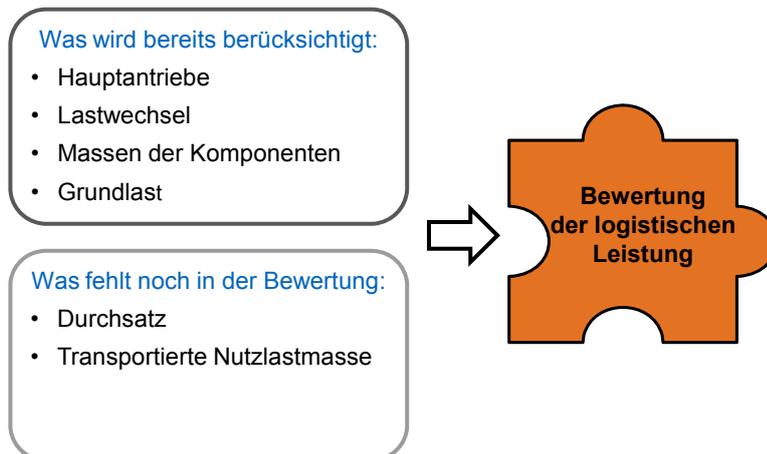
Das zweite Beispiel ist das Ergebnis eines 7 Tage Messintervalls des laufenden Betriebs von RBG 2. Dieses arbeitet in einem Palettenhochregallager und ist auch mit einer Rückspeisung ausgestattet. Das RBG arbeitet mit niedrigen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen, einer hohen maximalen Nutzlast von 1000 kg und einer maximalen Antriebsleistung von ca. 30 kW. Das RBG wird im Zweischichtbetrieb betrieben und führt nachts Umlagerungen durch. Dadurch wird die Stillstandszeit auf wenige Stunden in der Nacht begrenzt. Am Wochenende steht das RBG aber komplett und dadurch sinkt die mittlere Leistung im Betrachtungszeitraum auf ca. 1300 W ab. Die Grundlast von ca. 500 W im mitfahrenden Schaltschrank stellt dann einen sehr hohen Anteil am Gesamtenergiebedarf dar. Die Leistungsspitzen von ca. 30 kW sind im Verhältnis zur mittleren Leistung sehr hoch.

## Ausblick auf die weitere Forschung in diesem Feld



Im letzten Abschnitt soll noch ein kurzer Ausblick auf die weitere Forschung in diesem Feld gegeben werden.

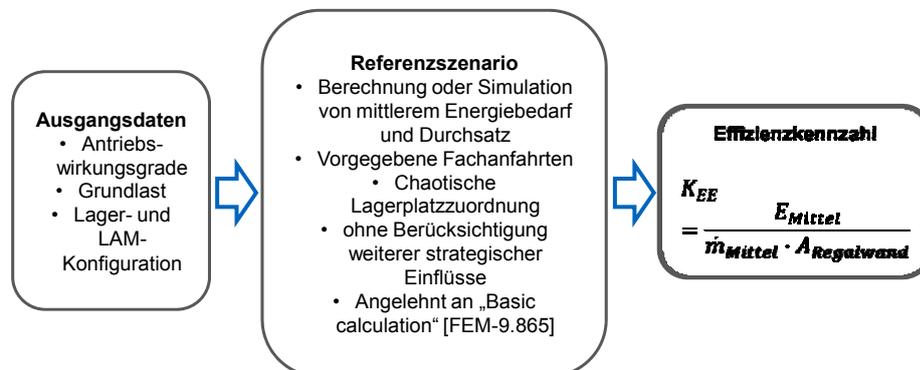
### Vorschlag zur Kennzahlbildung



Bis jetzt werden schon einige physikalische Aspekte von RBG in der Bewertung der Energieeffizienz berücksichtigt. Für eine vollständige Bewertung fehlen aber noch wichtige Aspekte.

Die logistische Leistung eines RBG wird in den vorhandenen Bausteinen noch nicht betrachtet und soll deswegen im letzten Baustein bewertet werden.

## Berechnungsansatz zur Kennzahlbildung



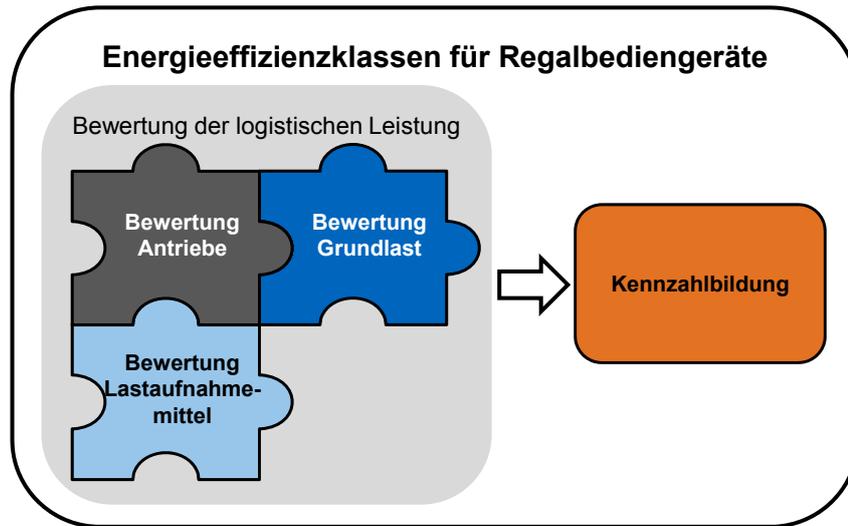
Berechnung der logistischen Leistung über Massendurchsatz und Lagergröße vergleiche [Ert-2016, S. 168]

Für die Bewertung der logistischen Leistung wird folgender Ansatz verfolgt:

1. Die Antriebswirkungsgrade, die Grundlast und die Lager- und Lastaufnahmemittelkonfiguration (LAM-Konfiguration) dienen als Ausgangsdaten
2. Die Ausgangsdaten fließen in die Berechnung des mittleren Energiebedarfs und des Durchsatzes ein
3. Vorgegebene Referenzszenarien mit Fachanfahrten dienen als Vergleichsbasis
4. Es wird mit chaotischer Lagerplatzzuordnung gearbeitet
5. Es erfolgt keine weitere Berücksichtigung strategischer Einflüsse
6. Die Berechnung des Energiebedarf und des Durchsatzes kann angelehnt an die FEM-Richtlinie 9.865 [FEM-9.865] oder mittels eines Simulationsmodells erfolgen
7. Die Effizienzkennzahl wird über den mittleren Energiebedarf, den Massenstrom des umgeschlagenen Lagerguts und die Regalwandfläche berechnet.

Mit diesem Berechnungsansatz lassen sich RBG auf Basis ihrer Energieeffizienz vergleichen.

28 Projektabschluss



Mit der vorgestellten Methode lässt sich somit aus den bereits erarbeiteten Einzelbewertungen eine Gesamtbewertung bilden. Diese Gesamtbewertung erlaubt die Bildung einer Kennzahl für die Energieeffizienz eines RBG.



29

## Ausblick

### Forschungsprojekt

- Finalisierung der Bewertung für Lastaufnahmemittel
- Abschluss der Kennzahlbildung
- Projektabschluss 31.08.2018 → Abschlussbericht erscheint Ende 2018

### Weitere Forschungsarbeit

- Bewertung strategischer Einflüsse
- Erweiterung der Betrachtungen auf weitere Fördermittel



Im Forschungsprojekt sind die nächsten Schritte bereits geplant. Es wird zunächst an der Finalisierung der Bewertung von Lastaufnahmemitteln gearbeitet und danach die Kennzahlbildung abgeschlossen. Das Projekt endet am 31.08.2018 und der Abschlussbericht wird Ende 2018 erscheinen. Die weiteren Forschungsarbeiten beziehen sich auf die Bewertung strategischer Einflüsse auf die Energieeffizienz. Des Weiteren wird daran gearbeitet die Bewertung auf andere Fördermittel auszudehnen.



30

## Zeit für Ihre Fragen



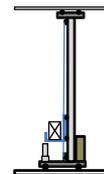
18839 N



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

**Andreas Rücker, M.Sc.**  
[ruecker@fml.mw.tum.de](mailto:ruecker@fml.mw.tum.de)

fml - Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik  
 Technische Universität München





31

## Literaturverzeichnis 1/2

- [Bra-2016] Braun, M.: Entwicklung, Analyse und Evaluation von Modellen zur Ermittlung des Energiebedarfs von Regalbediengeräten. Dissertation. Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, 2016.
- [Ert-2016] Ertl, R.: Energiebedarfsermittlung und Energieeffizienzbewertung von Regalbediengeräten in automatischen Kleinteilelagern. Dissertation. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München, 2016.
- [Eur-2010] Europäisches Parlament: Richtlinie über über die Angabe des Verbrauchs an Energie und anderen Ressourcen durch energieverbrauchsrelevante Produkte mittels einheitlicher Etiketten und Produktinformationen – 2010/30/EU, 2010.
- [Eur-2017] Europäisches Parlament und Rat: Verordnung zur Festlegung eines Rahmens für die Energieverbrauchskennzeichnung und zur Aufhebung der Richtlinie 2010/30/EU – 2017/1369/EU, 2017.
- [FEM-9865] Federation Europeenne de la Manutention: Energy consumption - determination methods (ECoDeMISE). FEM Nr. 9865, 2017.
- [Haf-2017] Hafner, N.; Stöhr, T.: Antriebsprüfstand zur energieeffizienz-optimierten Antriebssystemwahl. In: Tagungsband der 5. Tagung Innovation Messtechnik (2017), S. 59–64.



32

## Literaturverzeichnis 2/2

- [Lot-2016] Lottersberger, F.: Beitrag zu einer energieeffizienten Materialflusstechnik - Grundlagen zur Ermittlung, zum Vergleich und zur Steigerung der Energieeffizienz, Graz, 2016.
- [Rüc-2018] Rücker, A.; Fottner, J.: Bestimmung spezifischer Wirkungsgrade von Hub- und Fahrtrieb eines Regalbediengerätes. In: Schmidt, T. (Hrsg.): 26. Kranfachtung. TU Dresden, 2018, S. 43–60.
- [Sch-2017] Schadler, M.; Stöhr, T.; Hafner, N.: Energy efficiency benchmarking concept for diverse automated storage and retrieval systems. In: Zrnic, N.; Bosnjak, S.; Kartnig, G. (Hrsg.): XXII International Conference on "Material Handling, Constructions and Logistics" - MHCL 2017, 2017, S. 133–138.
- [VDI-4707] Verband Deutscher Ingenieure: Aufzüge - Energieeffizienz von Komponenten Blatt 2. VDI Nr. 4707, 2013.







## CONTACT

**Technische Universität Graz**

**ITL – Institut für Technische Logistik**

Inffeldgasse 25/E, 8010 Graz

Tel.: +43 (316) 873 7321, [office.itl@TUGraz.at](mailto:office.itl@TUGraz.at)

► [www.itl.TUGraz.at](http://www.itl.TUGraz.at)



Verlag der Technischen Universität Graz

[www.ub.tugraz.at/Verlag](http://www.ub.tugraz.at/Verlag)

ISBN 978-3-85125-595-9



9 783851 255959

ISBN 978-3-85125-595-9

ISSN 2411-3735