

Dezentrale Koordination und Kooperation in Materialflusssystemen

LogiMAT 2010
Fachforum

02.03.2010

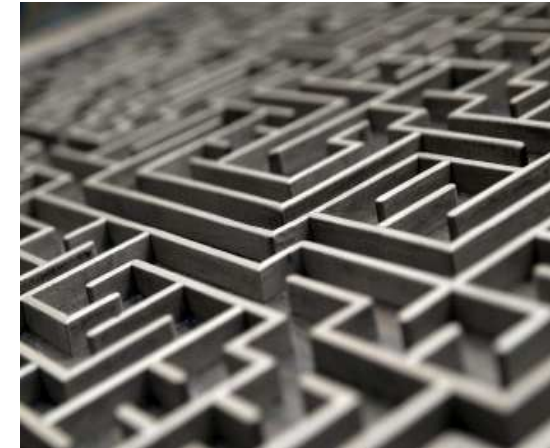
Dipl.-Ing. Peter Tenerowicz
Dipl.-Inf. Razvan Chisu
Prof. Willibald A. Günthner



fml - Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. W. A. Günthner
Technische Universität München

Die Märkte ändern sich

- Sinkende Produktlebenszyklen
- Steigende Variantenzahl
- Kaum prognostizierbare Auftragseingänge
- Abnehmende Kundentreue
- Hohe Anforderungen an Qualität, Kosten und Zeit
- Immer komplexere Systeme

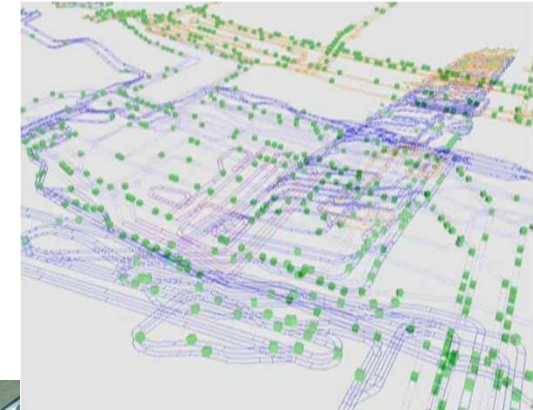


Produktion und Logistik müssen dem gerecht werden

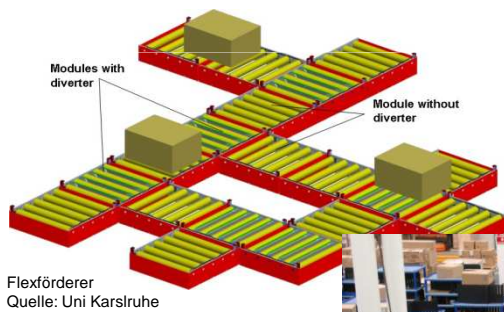
- Höhere Dynamik
- Höhere Flexibilität
- Höhere Transparenz
- Höhere Robustheit
- Wandlungsfähigkeit



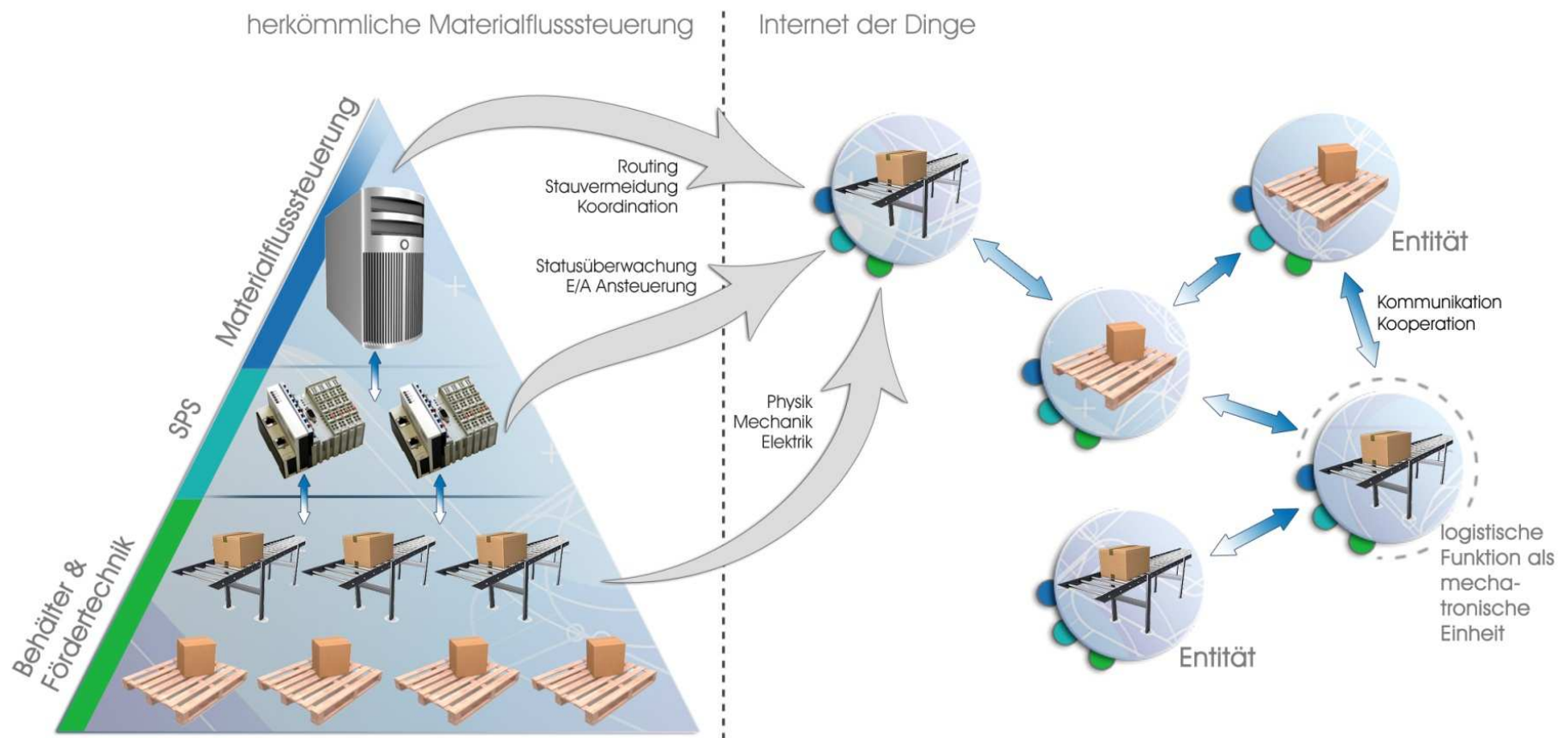
- Trend zu Modularisierung, Dezentralisierung
- Verteilung und damit Senkung von Komplexität
- (Teil-)Autonome Fördertechnik
- Einsatz & Wiederverwendung von Standardkomponenten
- Zahlreiche Forschungs- und Industrieprojekte

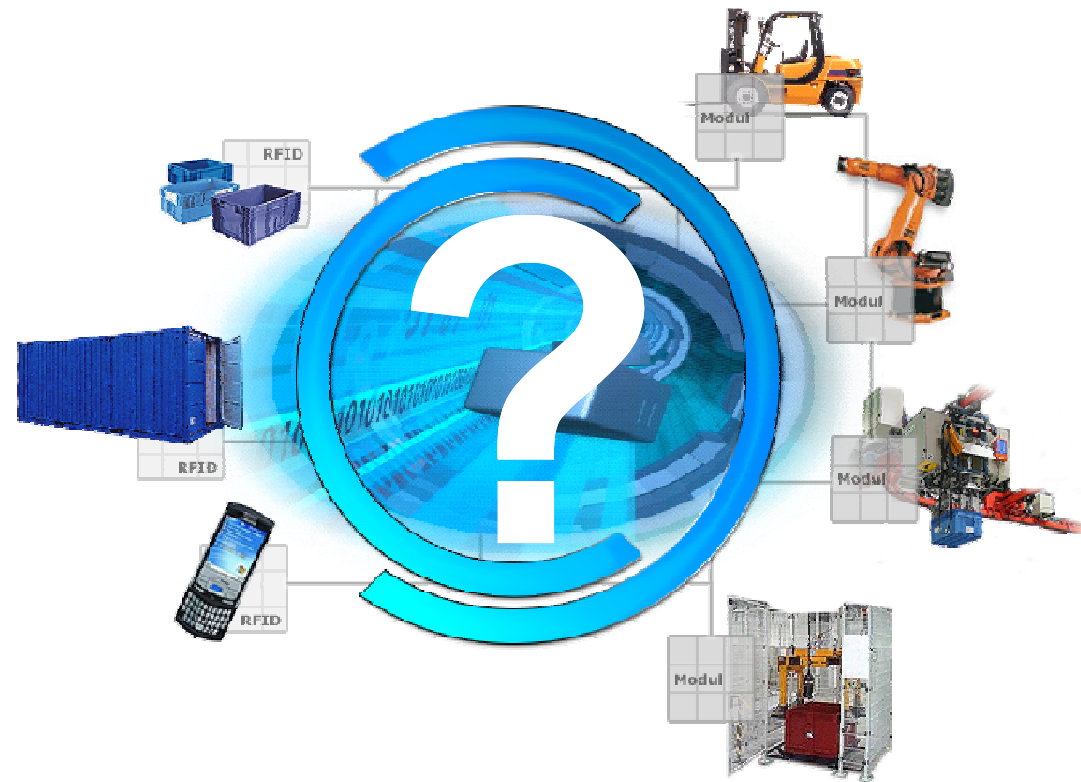


Agentensimulation eines Flughafens
Quelle: Fraunhofer IML



- Fortführung des Dezentralisierungs- und Modularisierungsgedanken
- Keine Hierarchien, völlig autonome Einheiten
 - Module, Transporteinheiten, Softwaredienste
- Unabhängig von der technischen Ausprägung





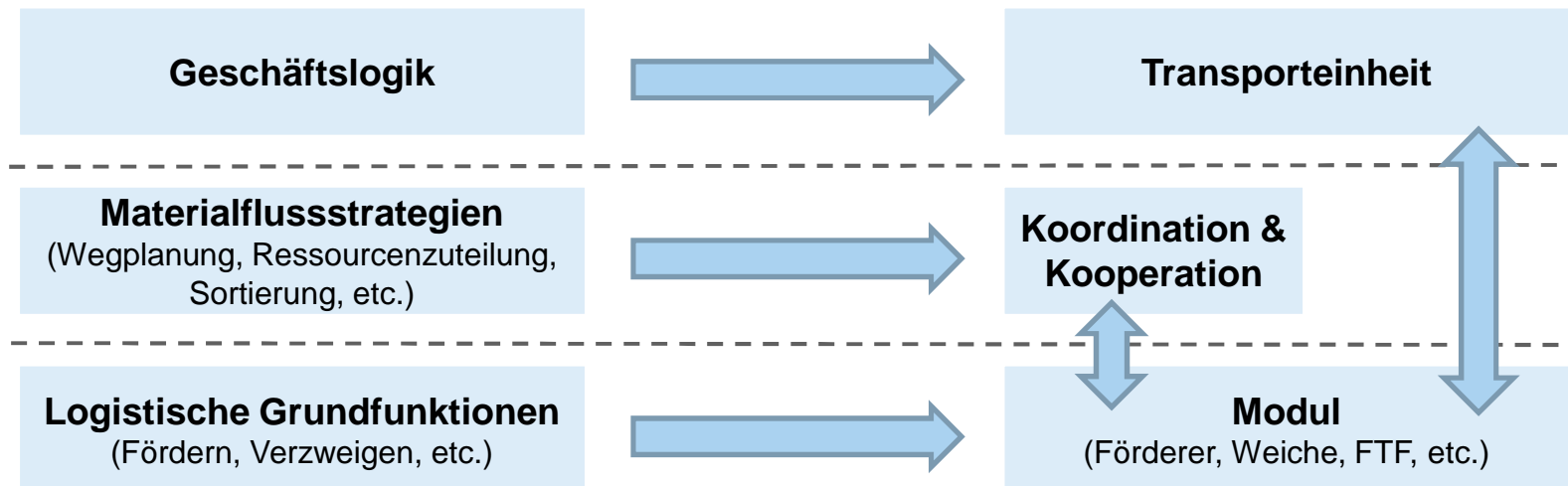
1. Können projektspezifische Abläufe mit einem Standardbaukasten umgesetzt werden?
2. Können autonome Module ohne zentrale Koordination auch komplexe Funktionen erfüllen?

- „Widerspruch“ des Internet der Dinge:
 - Funktionale, beliebig kombinierbare und wiederverwendbare Standardbausteine
 - Umsetzung kundenspezifischer Prozesse ohne Anpassung der Entitäten
- Die Einheiten sind immer gleich, das Zusammenspiel jedes Mal anders



Trennung zwischen

- Geschäftslogik („Was muss gemacht werden?“)
- Materialflusssteuerung/-strategien („Wie wird es gemacht?“)



- **Darstellung der Geschäftslogik**
 - „Workflow“ als Sequenz einzelner Schritte, mit Verzweigungen und Bedingungen
 - Ein Schritt im Workflow entspricht einer Funktion, die von *einem* Modul erbracht wird
 - Modellierung durch Benutzer, am besten graphisch
 - Codierung in maschinenlesbarem Format
- **Transporteinheiten sind „Träger“ der Geschäftslogik**
 - Jeder TE wird ein eigener Workflow zugewiesen (z.B. durch das LVS)
 - TEs bearbeiten und überwachen ihre individuelle Aufgabe
 - TEs benötigen eine „Workflow-Engine“

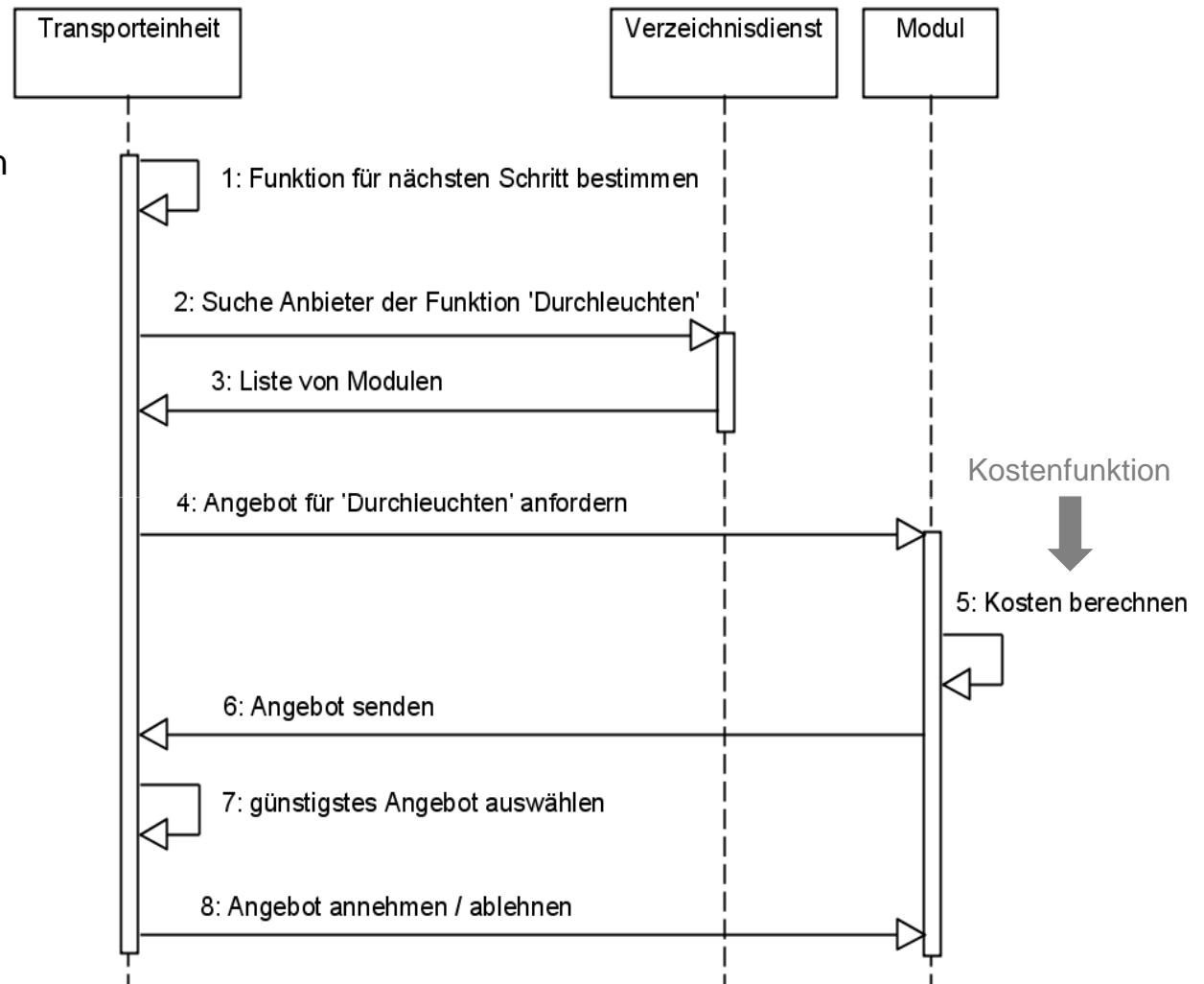
Beispiel Flughafenlogistik:

1. Koffer muss in einer Röntgenanlage gescannt (*Durchleuchten 1*) werden.
2. Unsichere Koffer werden in einer zweiten Anlage nochmals gescannt (*Durchleuchten 2*)
3. Zum zweiten Mal als unsicher eingestufte Koffer werden *ausgeschleust*
4. Ist der Flug offen, den Koffer *verladen*
5. Ansonsten den Koffer *zwischenlagern*
6. Sobald der Flug offen ist, Koffer *verladen*



- **Standardvorgehen**

1. TE bestimmt den nächsten Workflowschritt
2. TE sucht Module, die diese Funktion anbieten
3. TE fordert von diesen Modulen ein Angebot an
4. TE sucht die günstigste Alternative aus
5. TE lässt sich zum neuen Ziel transportieren



Arbeitsspiel

- Wenn du unbeladen bist, suche dir eine Palette, die transportiert werden muss
- Fahre in Richtung der Ankunftsstrecke
- Lade die Palette an der Ankunftsstrecke auf
- Fahre in Richtung der Abtransportstrecke
- Lade die Palette an der Abtransportstrecke ab

Prioritäten

- Auftragsdisposition FIFO

$$P_{\text{Auftragsdisposition}}(TE, QVW) = t_W(TE) - t_{\text{Anfahrt}}(QVW)$$

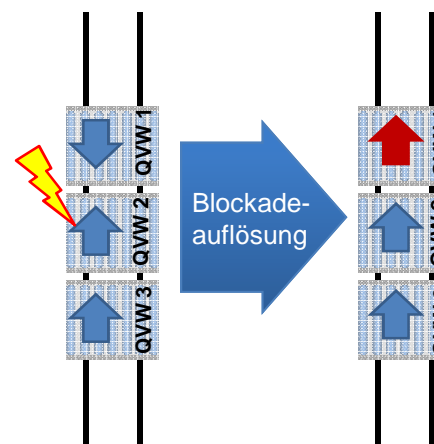
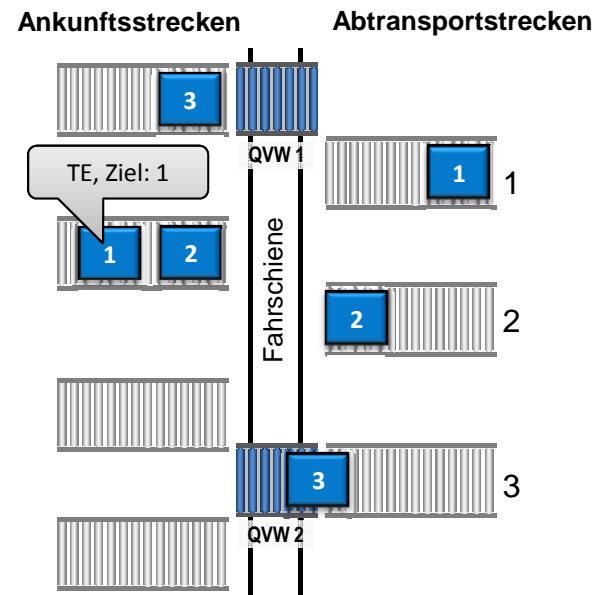
- Zielanfahrt

$$P_{\text{Zielanfahrt}}(QVW) = t_W(TE) + c^* t_{QVW}(TE) - \rho(QVW) + R$$

Konfliktauflösung bei Blockade

- Falls der Blockierer eine höhere Priorität hat, fahre auch in dessen Richtung
- Wenn du einem Blockierer ausweichst, übernimm die Priorität des Blockierers

$$P_{\text{Fahrt}}(QVW) = P_{\text{Fahrt}}(\text{Blockierer}) + P_{\text{Zielanfahrt}}(QVW)$$



Wobei:

$$P_{\text{Zielanfahrt}}(QVW3) > P_{\text{Zielanfahrt}}(QVW1) > P_{\text{Zielanfahrt}}(QVW2)$$

$$P_{\text{Zielanfahrt}}(QVW1) < P_{\text{Zielanfahrt}}(QVW2) + P_{\text{Zielanfahrt}}(QVW3) = P_{\text{Blockade}}(QVW1)$$

Strategische Verhaltensregeln

- Wenn du unbeladen bist, suche bei Blockade einen neuen Auftrag in Fahrtrichtung des Blockierers und storniere den alten Auftrag
- Reserviere den Anfahrtsweg
- Reserviere den Rückweg
- Schätze die Anfahrtszeit inkl. der Auftragsbearbeitungszeit

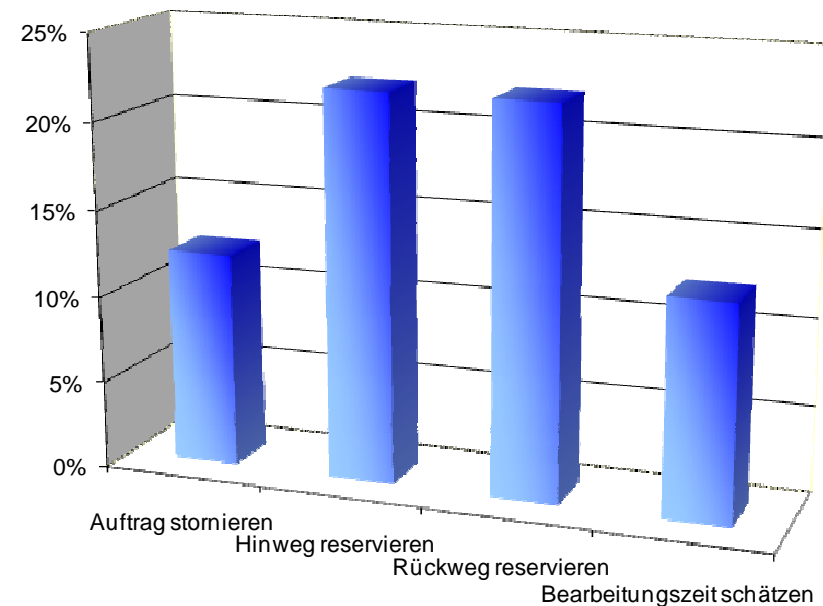
→ Überprüfung durch Simulation



Simulationsergebnisse

- Blockadefreies Verhalten für beliebige Anzahl QVW und Anfahrts- bzw. Abtransportstrecken
- Konfliktvermeidungsstrategien steigern den Durchsatz am meisten
- Mit 3 QVW erreichte Auslastung: 78%

Durchsatzänderung durch Strategien (einzeln)



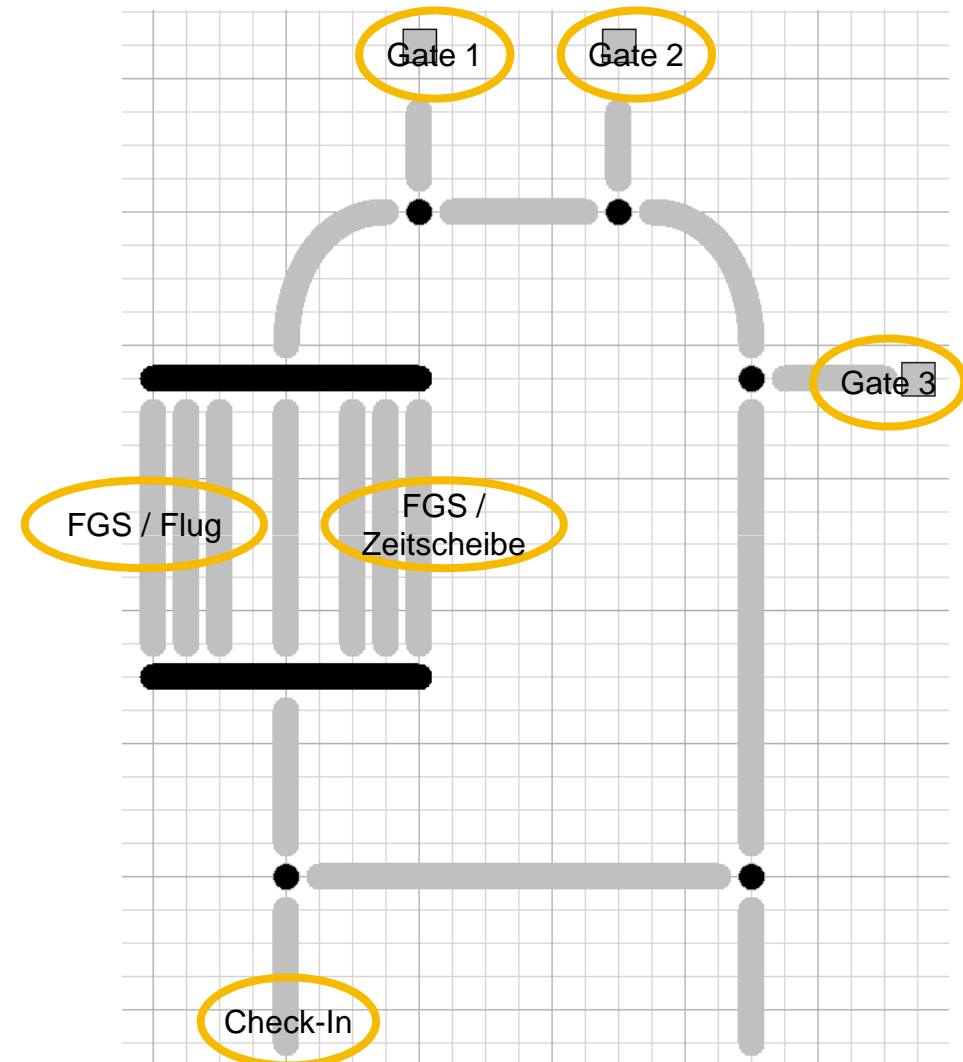
Beispielszenario: Frühgepäckspeicher am Flughafen

Frühgepäck

- Wenn die Koffer das System zu früh betreten, werden sie zwischengelagert
 - Frühgepäckspeicher aus mehreren Bahnen
 - Zuordnung der Bahnen: Flugbezogen, Zeitscheibenbezogen
- Auslagerung der Koffer bei
 - Öffnen des Fluges
 - Manuelle Anforderung

Verladbare Koffer

- Koffer, deren Flug zum Verladen geöffnet ist, werden zum Flieger gefördert



Ausgangssituation und Problemstellung

- Kostengünstige und ressourcenschonende Bereitstellung individualisierter Produkte bei schwer zu prognostizierendem Kundenverhalten
- Dezentralisierung der Steuerungsarchitektur bei gleichzeitiger Verwendung ortsfester Fördertechnik
- „Wie kann ein Kollektiv kooperierender Fahrzeuge als Ersatz für konventionelle Fördertechnik eingesetzt werden?“



Bildquellen: Knapp, IML

Zielsetzung

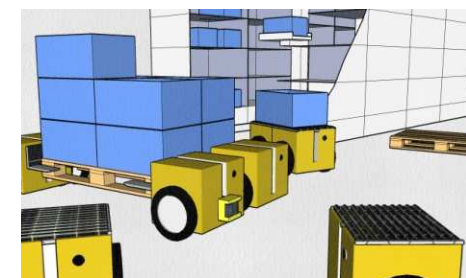
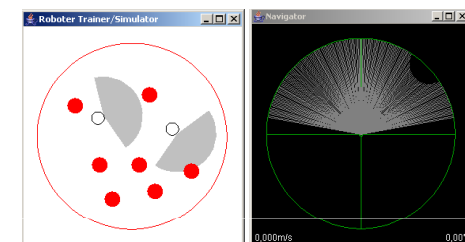
- Substitution klassischer Stetigfördersysteme durch Module, die autonom oder kooperativ logistische Aufgaben erfüllen

Voraussetzungen

- Praxisgerechte Algorithmen
- Kommunikationssysteme
- Offene Simulationsplattform

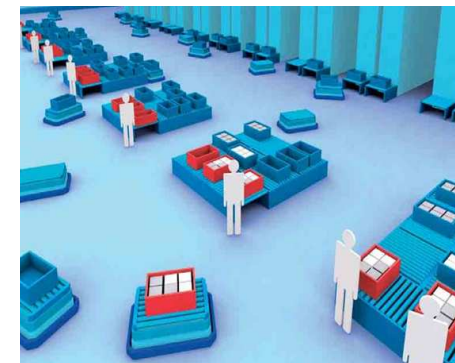
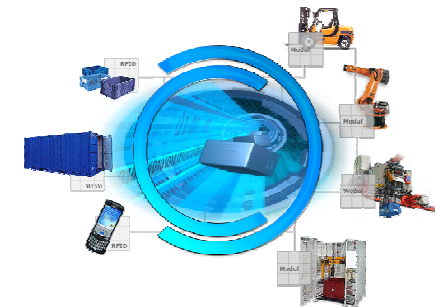
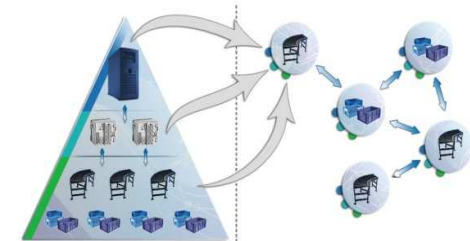
Nutzen

- Erhöhte Flexibilität und Skalierbarkeit durch kleinskalige Elemente
- Hohe Robustheit und gute Wartbarkeit durch redundante Förderelemente
- Herstellerunabhängiger Einsatz von Fahrzeugen und Komponenten durch offene Systemstruktur

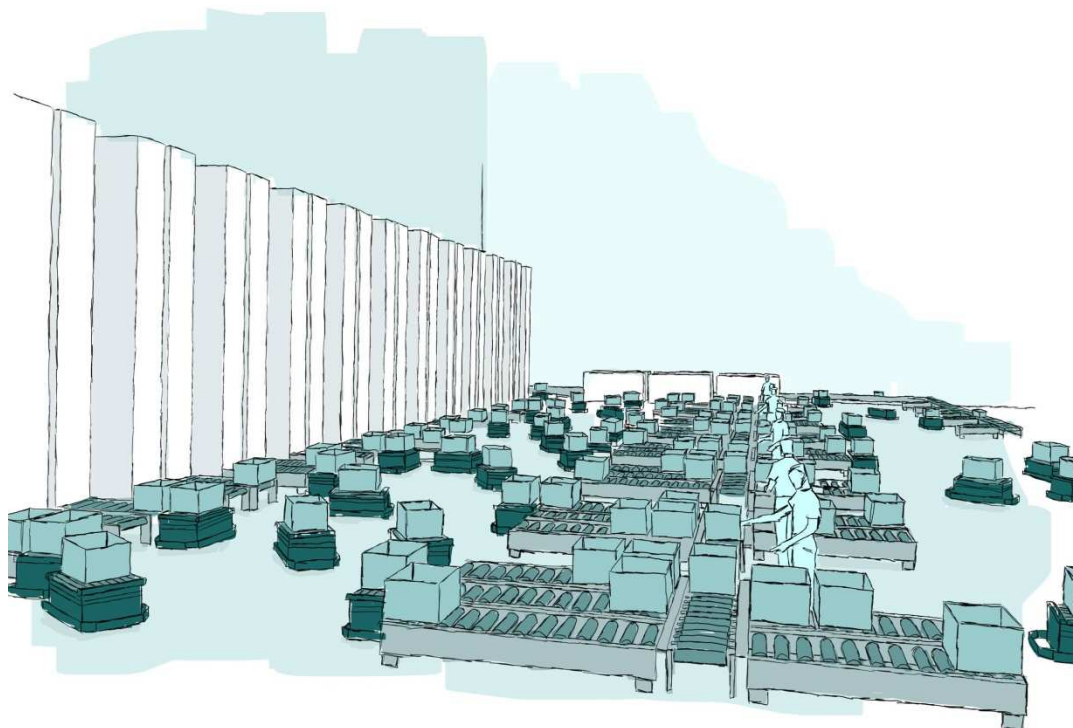


Bildquellen: IML, fml

- Materialflusssysteme müssen **dynamischer, robuster, flexibler und vor allem wandlungsfähig** werden
- Das Internet der Dinge ist eine **dezentrale, hierarchielose Materialflusssteuerung**
- Es besteht aus **standardisierten, intelligenten Entitäten**
- Der **Einsatz von Standardkomponenten** ist mit der **Umsetzung nicht standardisierbarer Abläufe vereinbar**
- Bisher zentral umgesetzte **Materialflussstrategien lassen sich auch dezentral umsetzen**
- Mobile, autonome Module ersetzen in der **Zellularen Fördertechnik** starre, ortsfeste Stetigfördersysteme
- Die Zellulare Fördertechnik kann als **wandlungsfähiges Fördertechnikmodul** im Internet der Dinge eingesetzt werden



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Dipl.-Ing.
Peter Tenerowicz

Tel.: 089 / 289 159 - 15
Fax.: 089 / 289 159 - 22
tenerowicz@fml.mw.tum.de