VEREIN NETZWERK LOGISTIK

Zellulare Fördertechnik

Zukunft der Intralogistik
Linz 7. Juni 2011

Prof. Dr. Michael ten Hompel

Fraunhofer IML

VEREIN NETZWERK LOGISTIK ÖSTERREICH

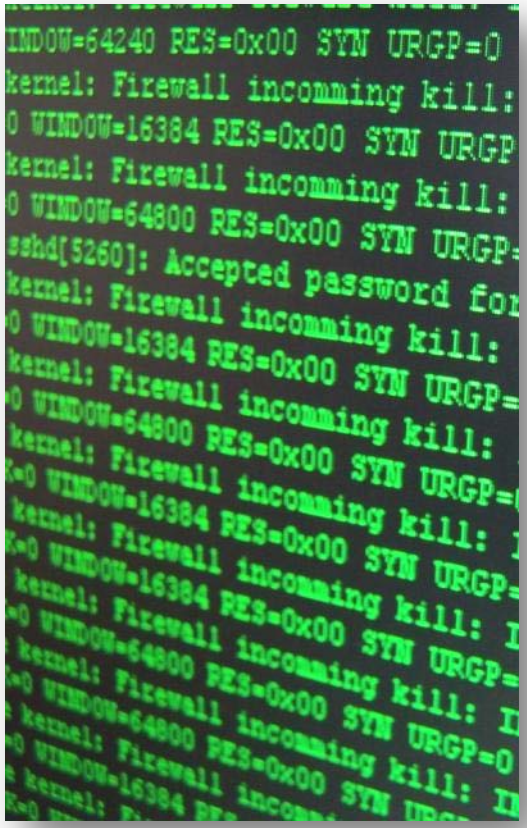
Das Schwarm-Experiment

Fraunhofer IML

Photomontage (Bienen) auf Basis von
© gnubier auf pixelio.de

vnl 2011

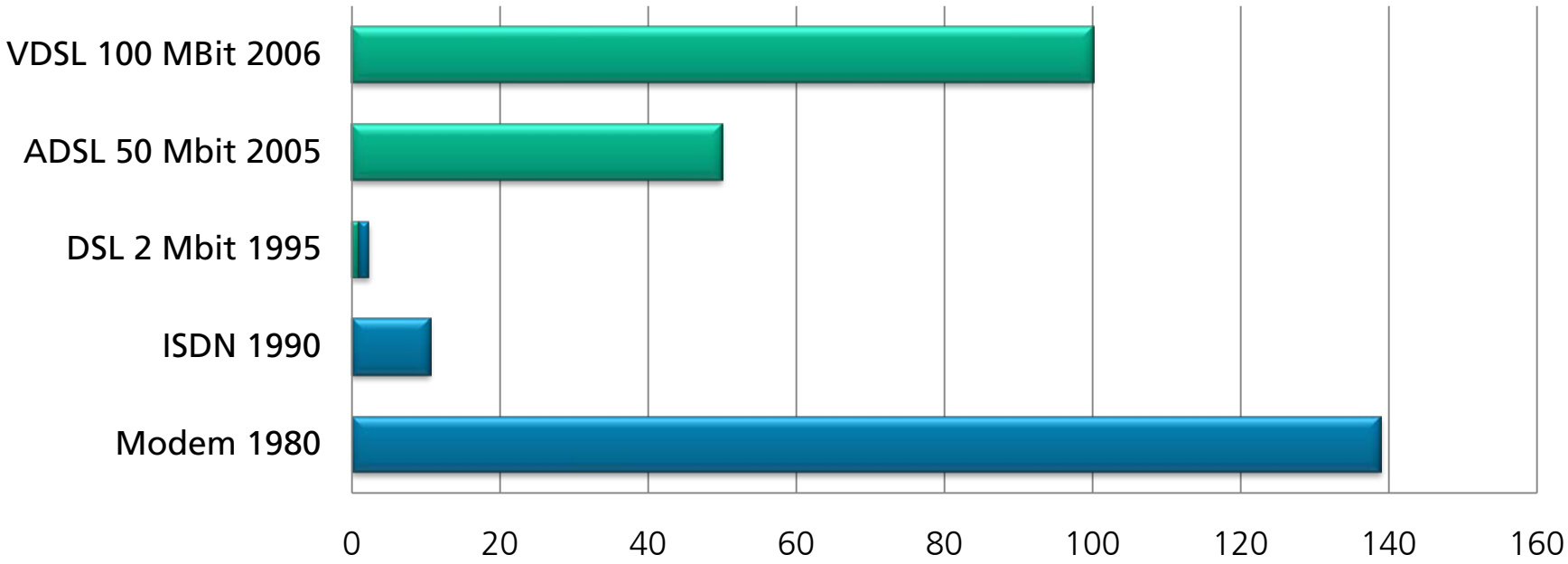
Auf dem Weg zur Internet-Gesellschaft



- Weltweit im Jahr 2010
  - Traffic über Mobile Phones war 2010 etwa dreimal so hoch wie der gesamte Datenverkehr im Internet 2000.
  - Täglich werden 200 Mio. Videos über Mobile Phones angeschaut [Google]
  - YouTube speichert jede Woche Videomaterial in der Länge von 176.000 Kinofilmen [t-online]
- Deutschland im Jahr 2010
  - 900 Millionen Apps auf Smartphones geladen
  - Internetnutzer surfen im Schnitt 135 Minuten pro Tag
  - Sechs von zehn kaufen im Internet ein
- 2000 war das ganze Internet nur 21TeraByte groß.

Deutsche Daten: BITKOM 2010/2011
Bild: © setcookie auf www.pixelio.de

Kommunikation im Internet



	Modem 1980	ISDN 1990	DSL 2 Mbit 1995	ADSL 50 Mbit 2005	VDSL 100 MBit 2006
Geschwindigkeit [Mbit]	0,0096	0,128	1	50	100
Downloadzeit 10MB [min.]	138,89	10,42	1,33	0,03	0,01

Von der Wahrheit zur Wahrscheinlichkeit

- Logistik ist in weiten Teilen nicht deterministisch.
  - Ereignisse und vor allem deren zeitliche Folge sind nicht vorbestimmt.
- Logistik ist probabilistisch.
  - Eine Folge von Ereignissen trifft mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit ein.

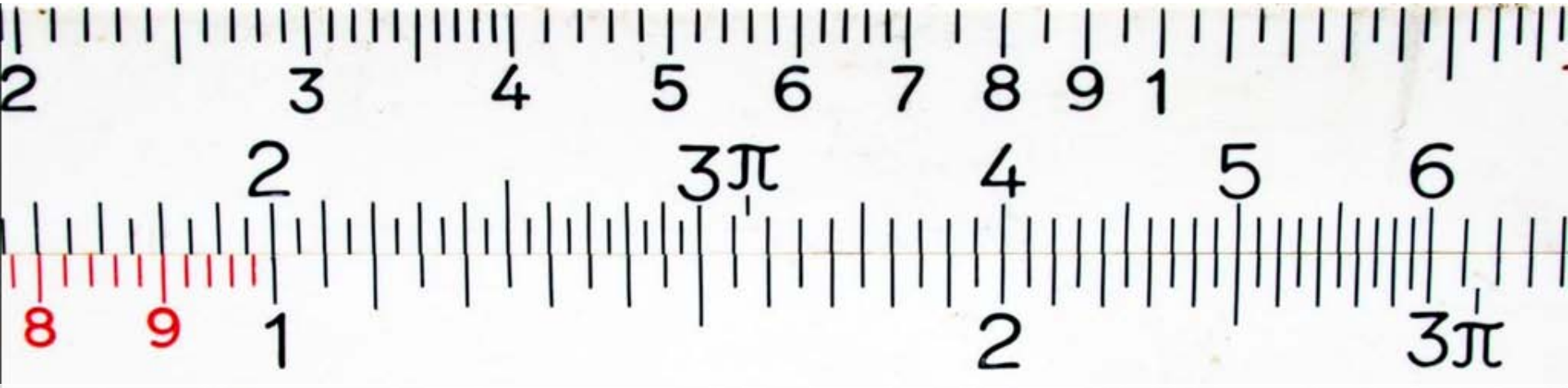


Bild: ® Klicker auf www.pixelio.de

Logistik ist individuell

- Logistik ist hochgradig individuell (Artikel, Branchen, Chargen etc.).
  - Dies führt zu individuellen Layouts
- Wir steuern unsere Welt mit individuellen Heuristiken.
  - Kunst mit begrenztem Wissen und wenig Zeit zu guten Lösungen zu kommen.

- **Um diese Individualität zu ermöglichen, ist es zumeist wichtiger, eine sinnvolle Entscheidung in begrenzter Zeit zu treffen als eine vermeintlich «optimale» zu spät.**

Heuristik: Gigerenzer, G., Todd, P. M. & the ABC Research Group (1999)
Bild: basierend auf ® Gerd Altmann auf www. Pixelio.de

Wir müssen in der Logistik Systeme schaffen, die überleben

- Flexibilität
  - Änderung eines Systems in geplanten Grenzen.
    - Gutflexibilität · Leistungsflexibilität · Layoutflexibilität
  - Es ist notwendig, flexible Systeme zu schaffen.
    - Die Folge: Das Ende starrer, hierarchischer Systeme.
    - Die Folge: Das Ende deterministischer Systeme
- Wandelbarkeit
  - Erweiterbarkeit u. Veränderbarkeit Systems über die geplanten Grenzen hinaus.
  - Es ist notwendig, wandelbare Systeme zu schaffen.
    - Die Folge auf operativer Ebene:
      Selbststeuerung, Agentensysteme etc.
    - Die Folge auf normativer Ebene:
      Cloud Computing, vom Prozess zum Service etc.
  - Wandelbarkeit erfordert zunächst Wahrnehmung!

Bild: Microsoft Clipart

VEREIN NETZWERK LOGISTIK

RFID ist nicht nur Identifikation
RFID verbindet Daten und Dinge

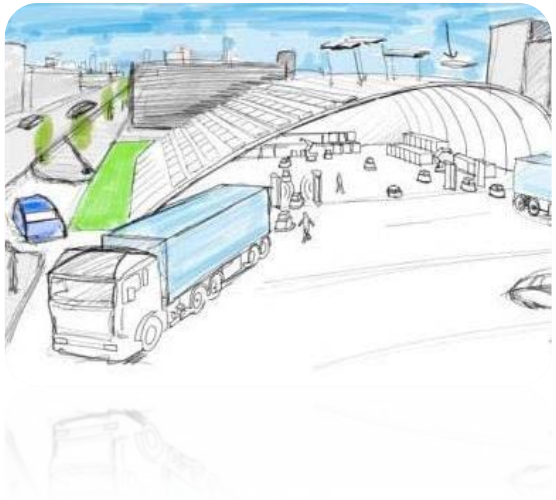
Fraunhofer IML

Fotomontage auf Basis eines Fotos von
® Oliver Haja auf www.pixelio.de

vnl 2011

Internet der Dinge

smarti
smart reusable transport items



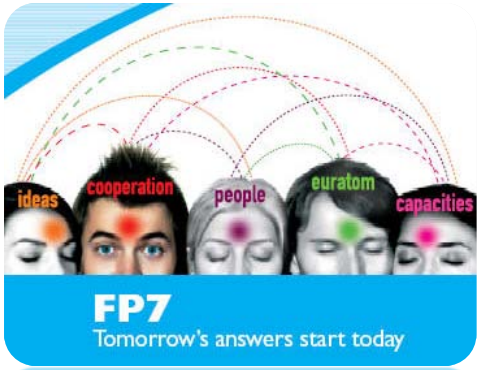
- Intelligente Luftfrachtpaletten,
  - die energieautark im weltweiten Netz der Lufthansa Cargo Informationen über Ort, Ware und Umgebung liefern
- Intelligente Handelspaletten mit neuartiger Radiofrequenz (RF)- und IT-Infrastruktur,
  - die deutschlandweit im Netzwerk der REWE automatisch Materialflüsse über die gesamte SupplyChain bis zum Kunden steuern
- Intelligente Briefbehälter für das deutsche Briefpostnetzwerk,
  - die über multifrequenzfähige Transponder und verschiedene Protokolle kommunizieren und sich selbst steuern können

smarti · Lufthansa Cargo · MARS deutschland · CHEP · Infineon · REWE · Deutsche Post · GS1 Germany

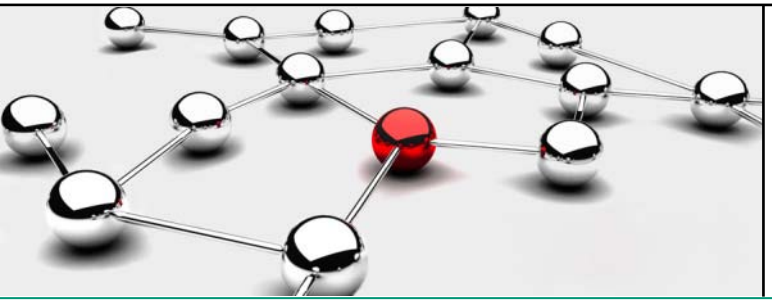
Fraunhofer IML

EffizienzClusters LogistikRuhr - Gefördert durch:
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Internet of Things Architecture
IoT-A Projekt



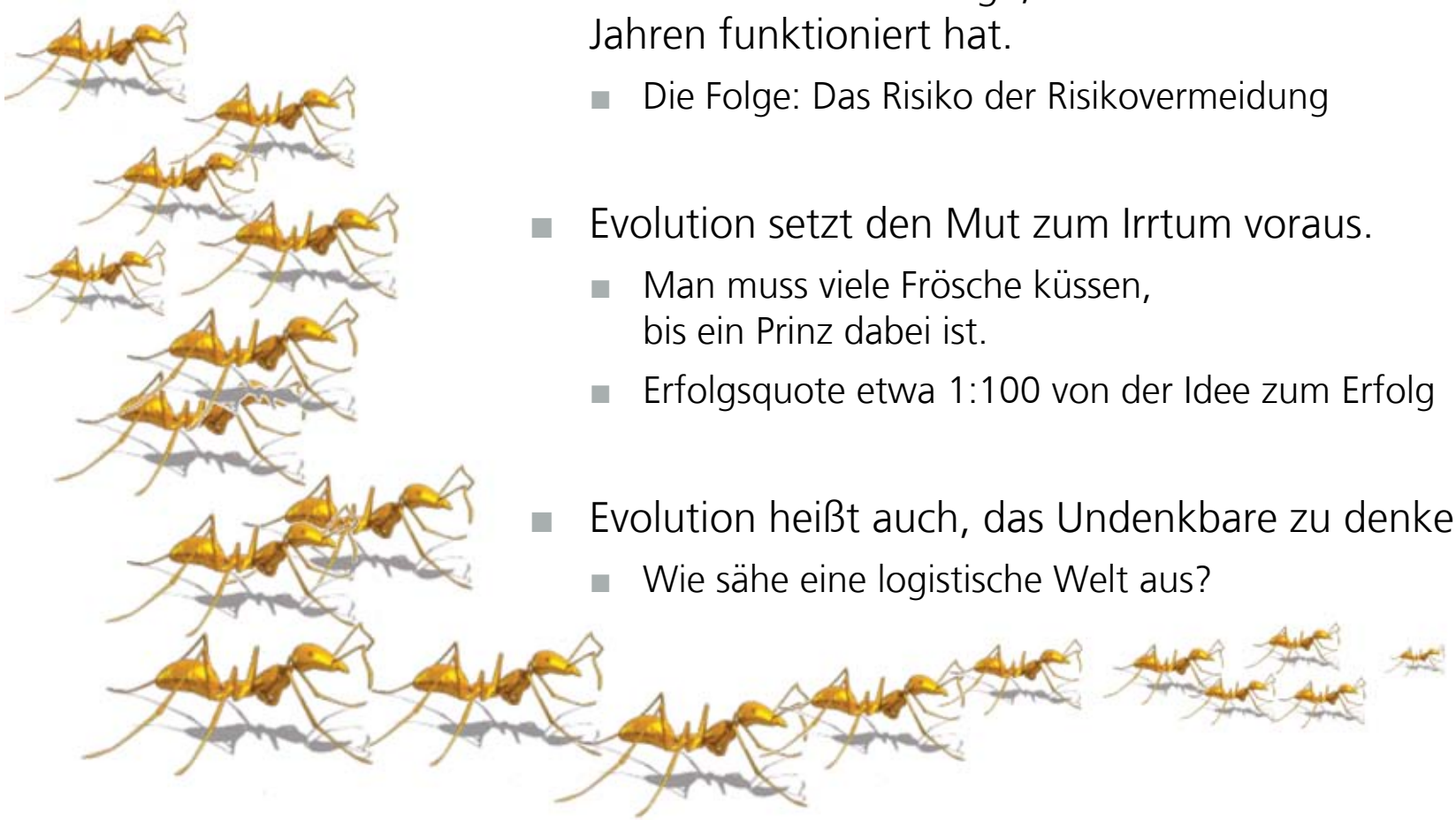
- Aufbau und die Entwicklung eines Architektur- und Referenzmodell für das zukünftige Internet der Dinge
- Projektlaufzeit: 1.09.2010 - 31.08.2013 (3 Jahre)
- Projekt Fördermittel EC: 12 Mio. EUR
- Konsortium: 19 Partner aus 8 europäischen Ländern
- Leuchtturmprojekt der EU zum Internet der Dinge
- openID Center & Fraunhofer IML:
  - Anwendungsentwicklung
  - Architektur- und Protokollentwicklung



IoT-A
Internet of Things - Architecture

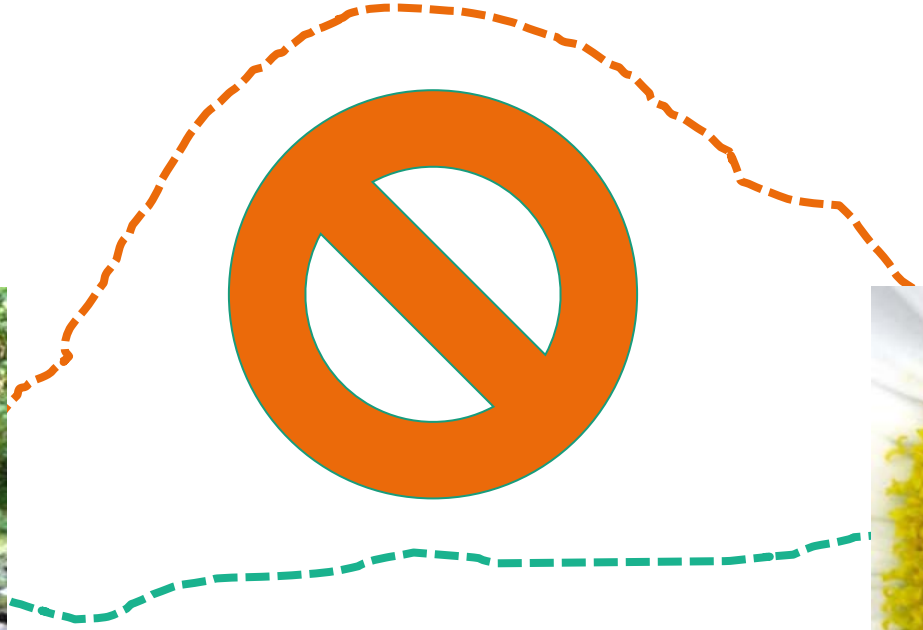
Fraunhofer IML

Wir müssen Systeme schaffen … die überleben



- Evolution ist das Einzige, was in den letzten 4 Mrd. Jahren funktioniert hat.
  - Die Folge: Das Risiko der Risikovermeidung
- Evolution setzt den Mut zum Irrtum voraus.
  - Man muss viele Frösche küssen, bis ein Prinz dabei ist.
  - Erfolgsquote etwa 1:100 von der Idee zum Erfolg
- Evolution heißt auch, das Undenkbare zu denken!
  - Wie sähe eine logistische Welt aus?

Evolution - von der Natur lernen



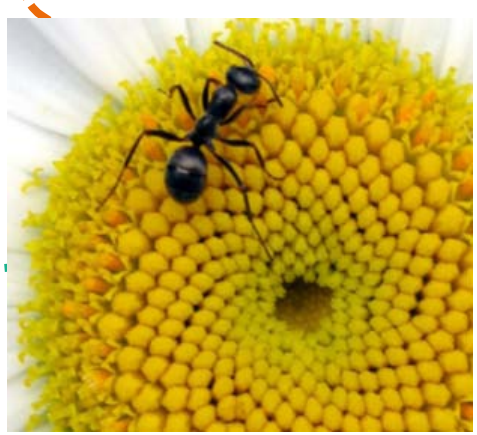


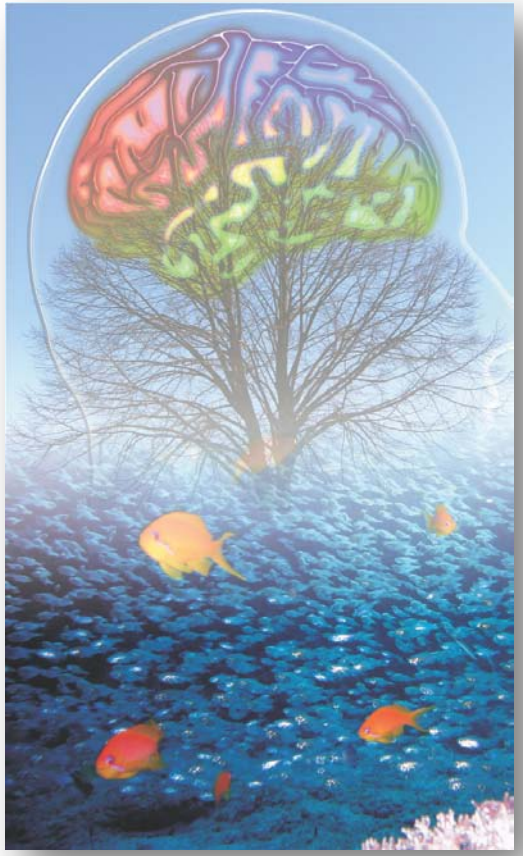
Photo: © Echino auf www.pixelio.de
und LinogistiX

Nicht die Ameise ist bemerkenswert.
Es ist bemerkenswert, dass es sie gibt.

- Bei Licht besehen, ist die Ameise wohl eines der dümmsten Tiere im Tierreich. Aber sie steht am Ende einer Jahrmillionen dauernden Evolution.
- Viele Ameisen gemeinsam zeigen jedoch eine Form kollektiver Intelligenz oder Schwarmintelligenz.
- Auf Basis konvergenter Kommunikation und mit minimaler, dezentraler Information entsteht ein gerichteter Materialfluss.
- Ameisen nutzen kein Weiterreichsystem. Ameisen bauen ein Lager aber keine Fördertechnik.

Bild: © creature auf www.pixelio.de

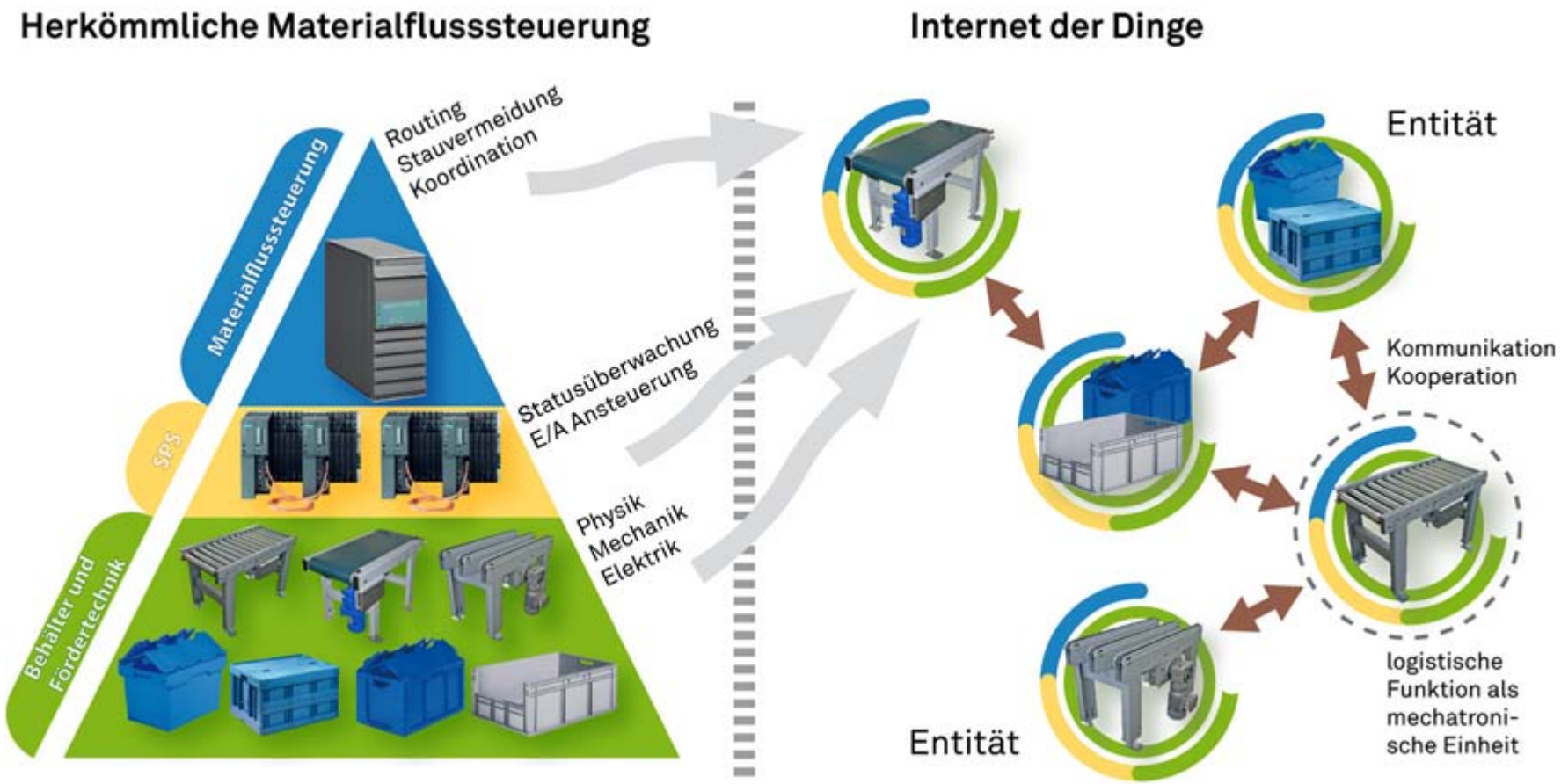
Hierarchisch → Dezentral
Evolution über die Systemgrenzen



- Hierarchisch, zentrale Steuerung findet ihre Entsprechung im zentralem Nervensystem.
  - Stetige Fördertechnik im zellularen Transport
  - Flexibilität innerhalb gegebener Grenzen
- Wandelbare, dezentrale Steuerung durchbricht die Systemgrenzen und findet ihre Entsprechung im Schwarm.
  - Unstetige Fördertechnik
  - Dezentrale, interagierende, autonome Entitäten
  - Handeln mit (kollektiver) Schwarmintelligenz
  - Wandelbarkeit über feste Systemgrenzen hinaus
  - Voraussetzungen:
    - Konvergenz in Verhalten und Kommunikation
    - Wahrnehmung der Umgebung

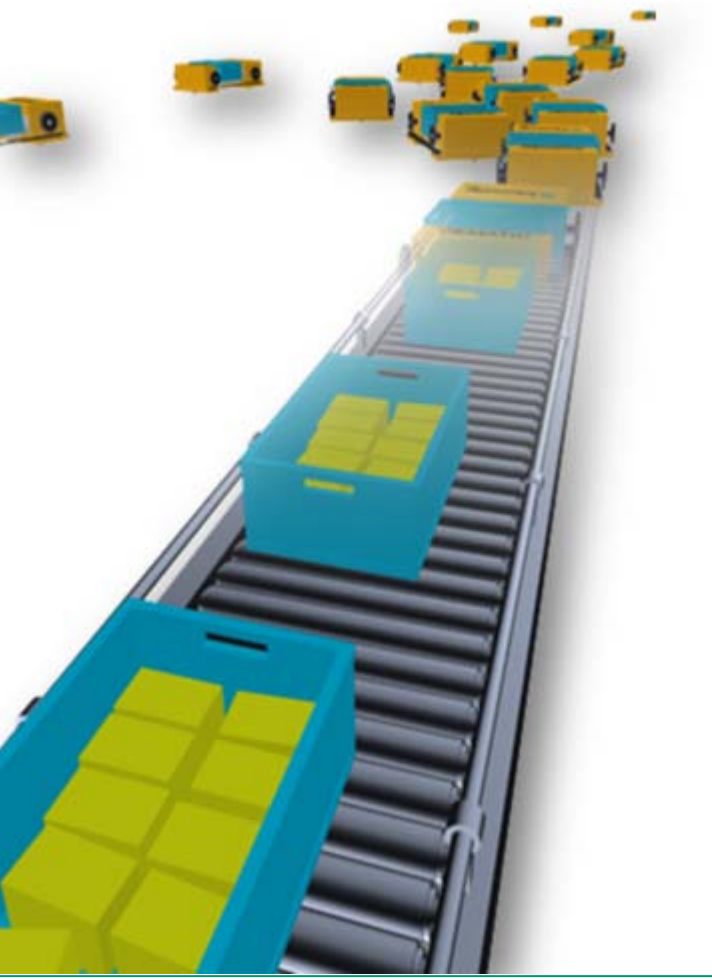
Photomontage auf Basis von:
© Jokant (Schwarm) und © Gerd Altmann (Baum)
auf www.pixelio.de
vnl 2011

Internet der Dinge
Evolution über die Systemgrenzen



Fraunhofer IML

Zellulare Intralogistik
Evolution über die Systemgrenzen



Die Zellulare Intralogistik antizipiert den Ruf nach Individualität und macht ihn zur Methode.

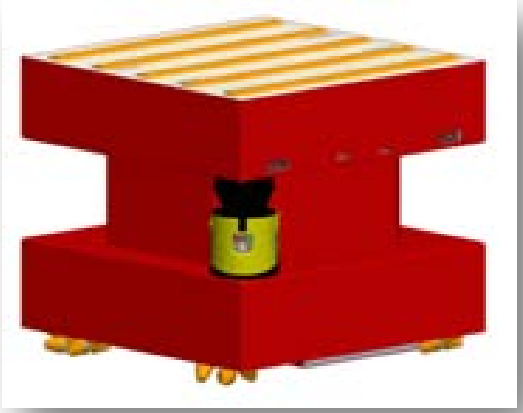
Zellulare Intralogistik ist die konsequente Umsetzung der Individualisierung auf operativer Ebene.

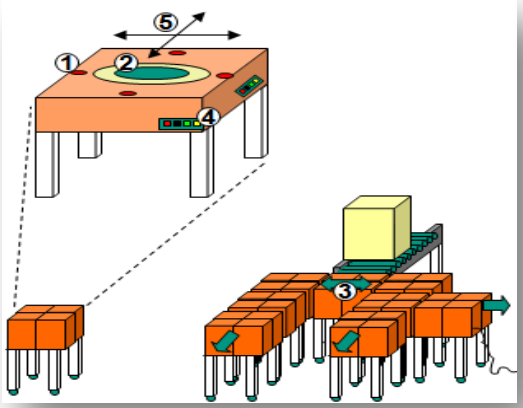
Die Philosophie der «Logistics on Demand» wird auf den physischen Materialfluss übertragen:

- Starre, herkömmliche Fördertechnik wird aufgelöst.
- An ihre Stelle treten autonome Fahrzeuge und Module (Zellen), die wie die Zellen eines Organismus arbeiten.
- Jede Zelle bietet einen Service an – z. B. den Transport eines Behälters von einer Quelle zum Ziel.
- Der klassische Materialflussrechner wird durch kooperierende Zellen (Entitäten) ersetzt.

Konsequenz: **Maximale Flexibilität und Dynamik**

KARIS + Flexförderer
Autonom interagierende Einheiten



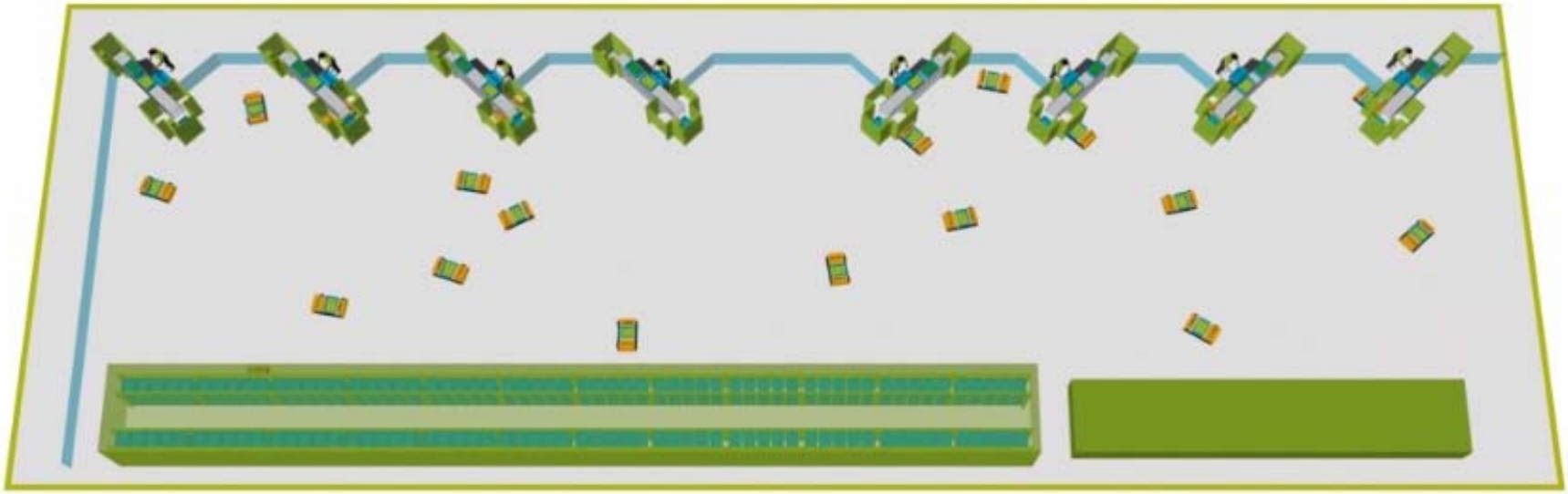


- Alternative KARIS:
  - Frei verfahrbare Fahrzeuge, die sich «on Demand» zu Förder- und Sortiertechnik zusammenfinden
    - Größe 500x500x400…800
    - Ladungsträger KLT 400x600, GLT 800x1200
    - Fahrgeschwindigkeit bis 2m/s
    - Fördergeschwindigkeit 0,5m/s
  - Viele Freiheitsgrade erzeugen hohen Aufwand aber maximale Flexibilität.
  - …
- Alternative Flexförderer:
  - Frei konfigurierbare gleichartige Stetigfördermodule
  - Autonome Steuerung, keine Zentralsteuerung
  - Automatisches Routing
  - …

Fraunhofer IML

Bilder:Furmans, K. Algorithmen für dezentrale Materialflussteuerungen
5. Wissenschaftssymposium Logistik, BVL 2010

Individualität hat Methode!
Internet der Dinge-Zellulare Intralogistik

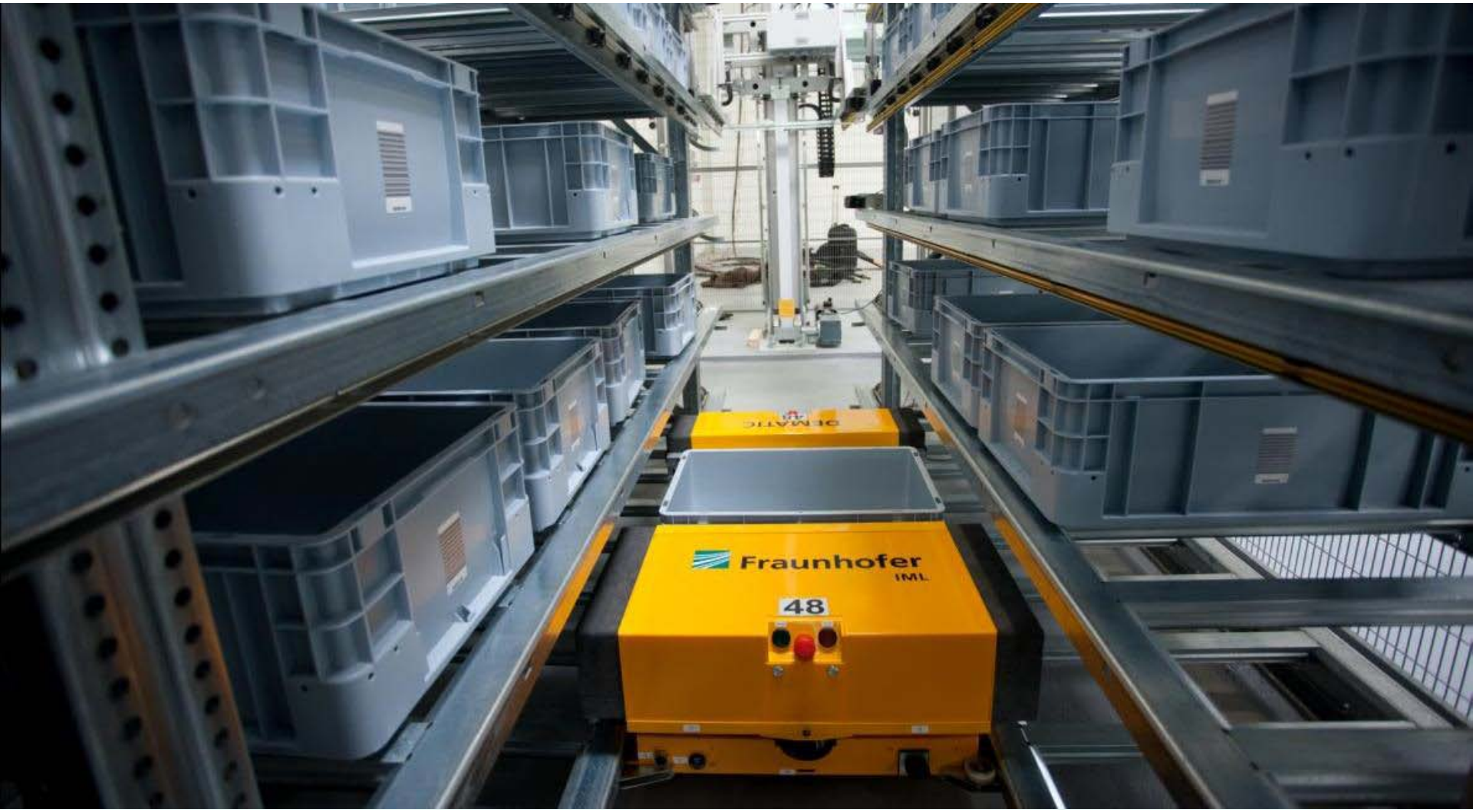


Fraunhofer IML

Diese Entwicklung wurde gefördert durch:
Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen

VEREIN NETZWERK LOGISTIK ÖSTERREICH

ZFT Halle
Zellulare Förder- und Transporttechnik



Fraunhofer IML

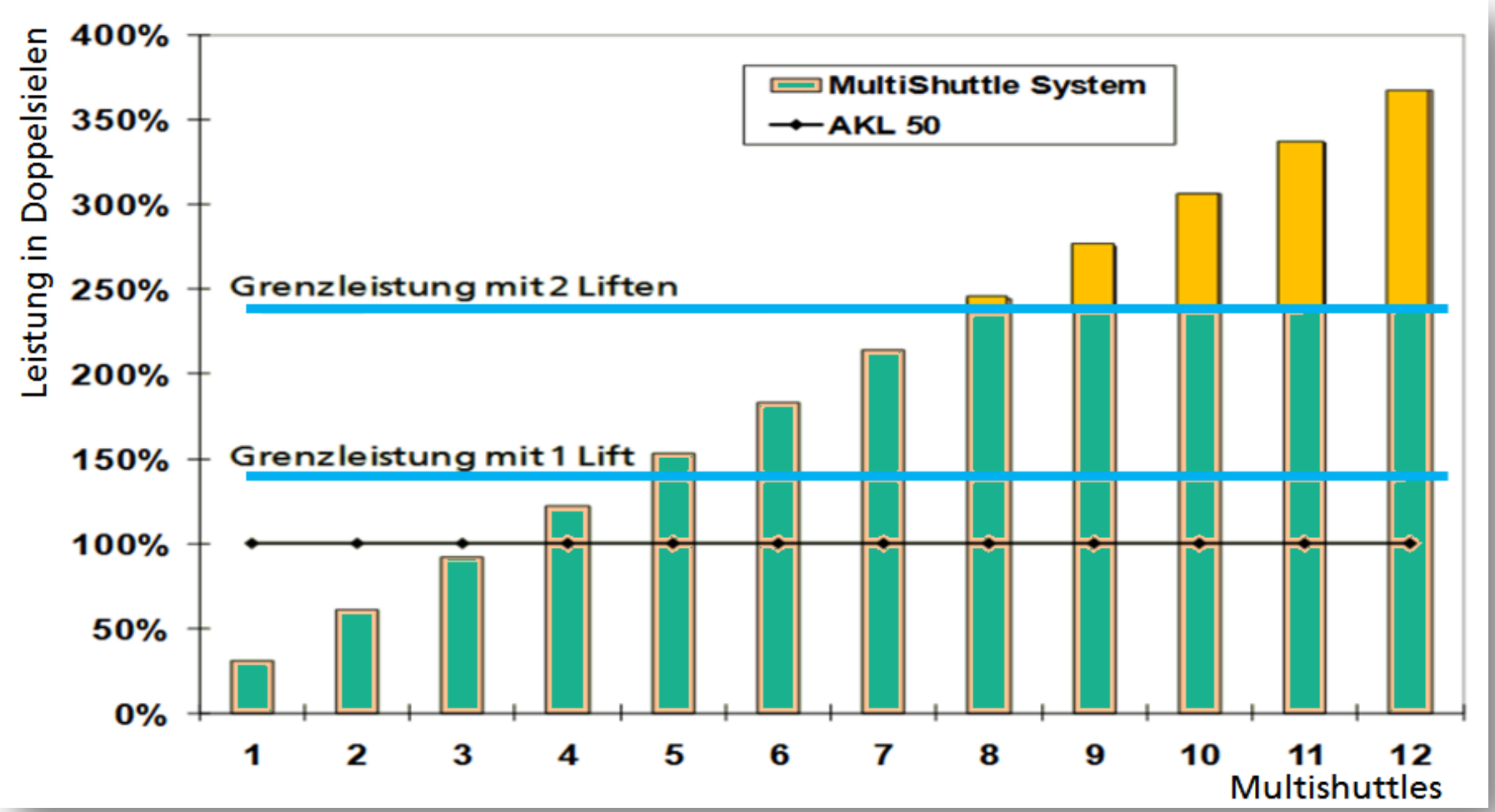
Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen

Multishuttle – Autonome auf Schienen

- Klassische Shuttles fahren schienengeführt
  - Im Lager
    zur mehrfachtiefen Regalbedienung
    oder als Kanalfahrzeug
  - Außerhalb des Lagers
    zur Versorgung von Vorzonen, Kommissionierplätzen
    Arbeitsstationen etc.
- Klassische Shuttles in zwei Varianten
  - Je Regalebene kommt ein eigener Shuttle zum Einsatz, die Warenübergabe zwischen den Ebenen erfolgt über einen Behälterlift
  - Die Shuttles wechseln die Ebenen mit Hilfe von Liften, über die sie ggf. auch das Lager (auf Schienen) verlassen können.

Videos: Dematic

Leistungsvergleich
AKL – MultiShuttle



VEREIN NETZWERK LOGISTIK ÖSTERREICH

ZFT Halle
Zellulare Förder- und Transporttechnik

Fraunhofer IML

Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen

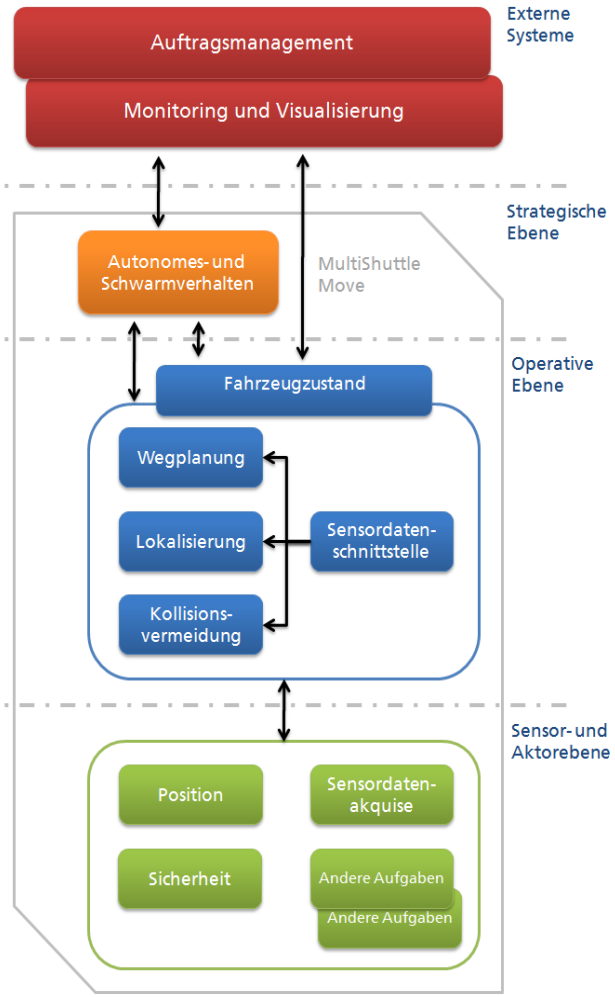
Multishuttle Move – Zellulare Intralogistik

- Ein Antrieb, zwei Fahrwerke
  - Fahrt in der Schiene – wie Multishuttle I
  - Fahrt auf dem Boden wie ein FTF
  - Nutzlast bis 40 kg
  - Länge: 1135 mm, Breite: 706 mm, Höhe: 350 mm
  - Lastaufnahme – auch mehrfachtief
  - Laderegler für untersch. Batteriekonzepte
    - 4,5h Fahrtzeit mit konventionellen Blei-Gel-Akkus
- Dezentrale Steuerung nach dem Prinzipien
  - «Internet der Dinge»
    - Jedes Fahrzeug erfüllt selbstständig seine Transportaufgabe (Autonomes Verhalten)
    - Erhöhte Anforderungen an die Rechenleistung durch die Erhöhung der Freiheitsgrade und der Multimodalität (IPC)
  - «Schwarmintelligenz»
    - Der Schwarm wird mit der Transportaufgabe beauftragt, nicht das einzelne Fahrzeug. Sheduling etc. erfolgt im Kollektiv.

Fraunhofer IML

Diese Entwicklung wurde gefördert durch:
Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen

Multishuttle Move – Zellulare Intralogistik

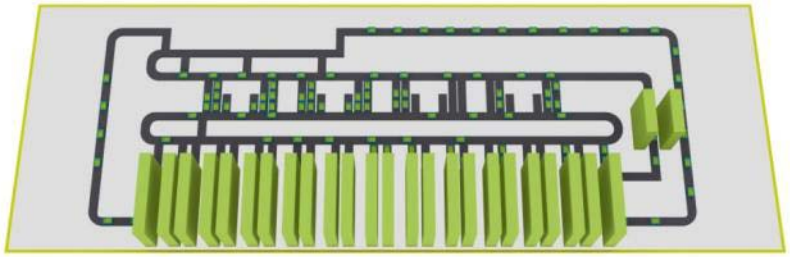


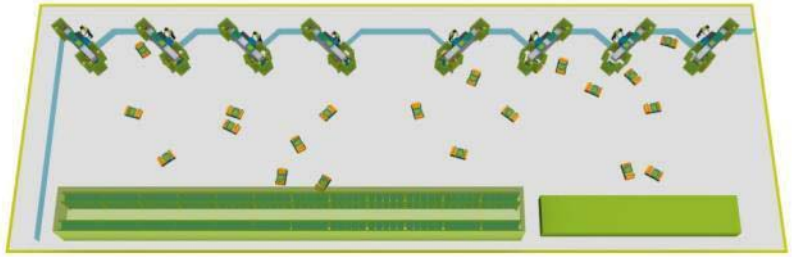
- Agentenbasierte Steuerung
  - Dezentrales Steuerungskonzept mit Nutzung autonome Fähigkeiten und Schwarmintelligenz
  - autonome Zielanfahrt
  - Kommunikation mit Sensorknoten und WiFi nach IEEE 802.15.4 und IEEE 802.11
  - Hybrides Sensorikkonzept aus Funkortung und Abstandssensoren
  - Intelligente, verteilte Lokalisation und Kollisionsvermeidung
- Sichere Interaktionen mit
  - Personen und nichtautomatisierten Fahrzeugen (Stapler)
- Auftragsmanagement über Logistics Mall + SAP

Fraunhofer IML

Diese Entwicklung wurde gefördert durch:
Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen

Vergleich mit konventioneller Stetigfördertechnik





- Kennzahlen:
  - max. 2000 Behälter/h
  - Konventionell: 50m Quelle-Ziel
  - Zellular: 22m Quelle-Ziel
- Notwendige Anzahl der Fahrzeuge:
  - 50 MultiShuttle Move
  - Inkl. Ersatz von 5 RBG
- Technische Vorteile:
  - Skalierbarkeit
  - Flexibilität
  - Freie Wahl direkter Wege
  - …

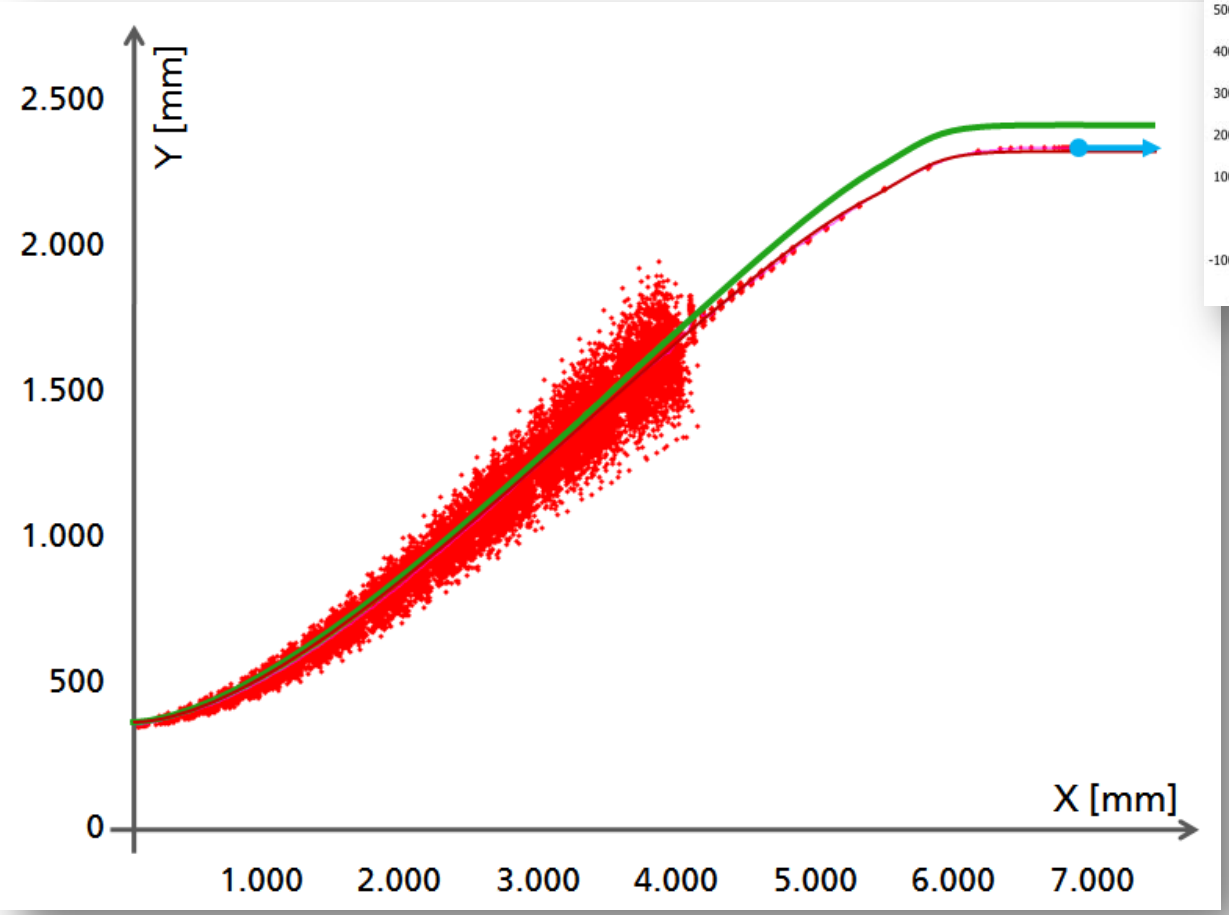
Zielanfahrt in zellularen Transportsystemen

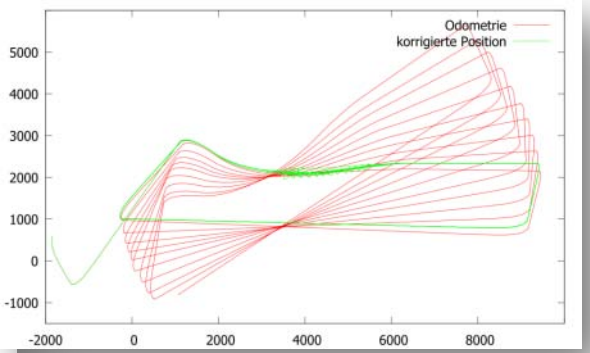
- Auf den freien Verkehrsfläche zellularer Transportsysteme müssen kein Fahrwege definiert werden.
- Der Transport erfolgt in direkter Zielanfahrt.
- Die Ziele werden markiert und durch preiswerte Sensoren erkannt.
- Fahrzeuge weichen nach einfachen Verkehrsregeln aus (rechts vor links).

- Wir bringen die Ware nicht mehr um die Ecke…
  … sondern zum Ziel!

Leuchtturm freigestellt auf Basis
® Kurt-F.-Domnik auf www.pixelio.de

Positioniervorgang mit Partikelfilter





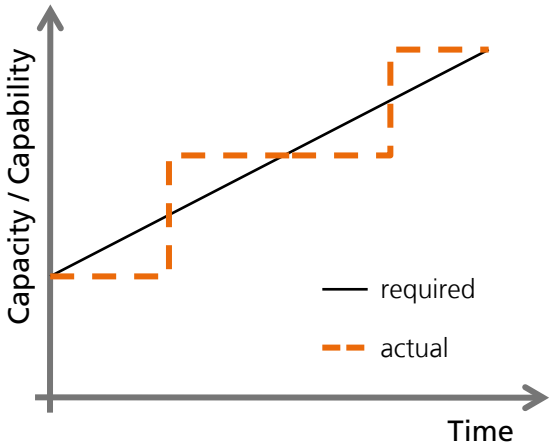
Partikel

Weg nach Odometrie

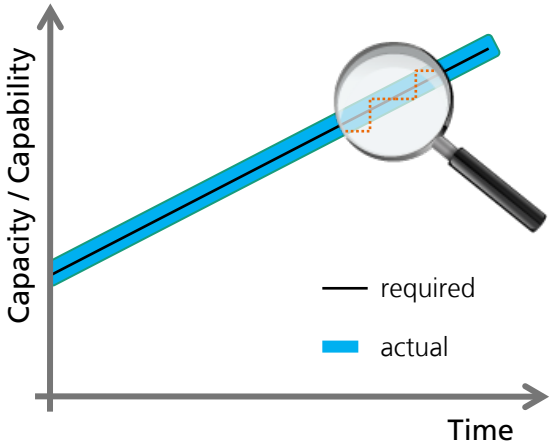
Weg nach MC Partikelfilter

Zielanfahrt reale Pos.

Flexibilität und Wandelbarkeit



Conventional



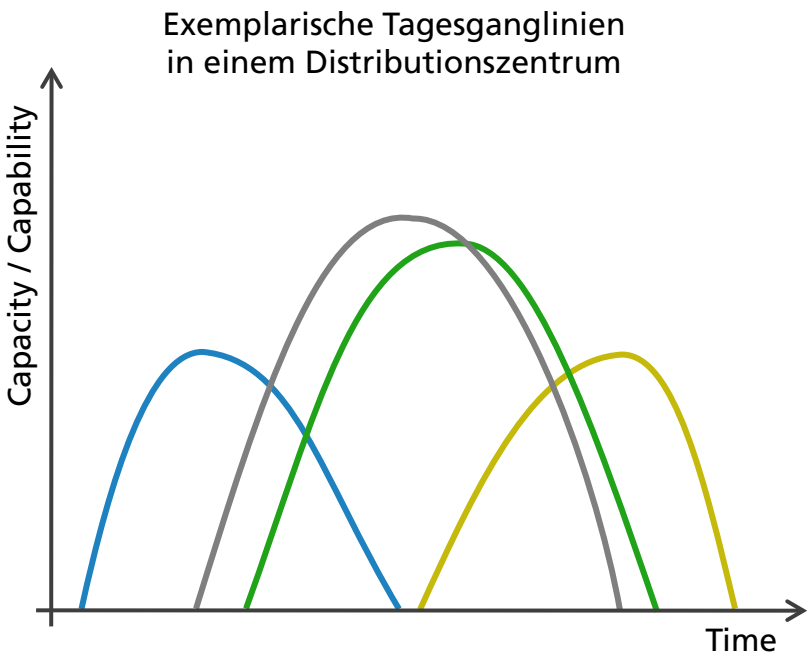
Cellular Transortation System

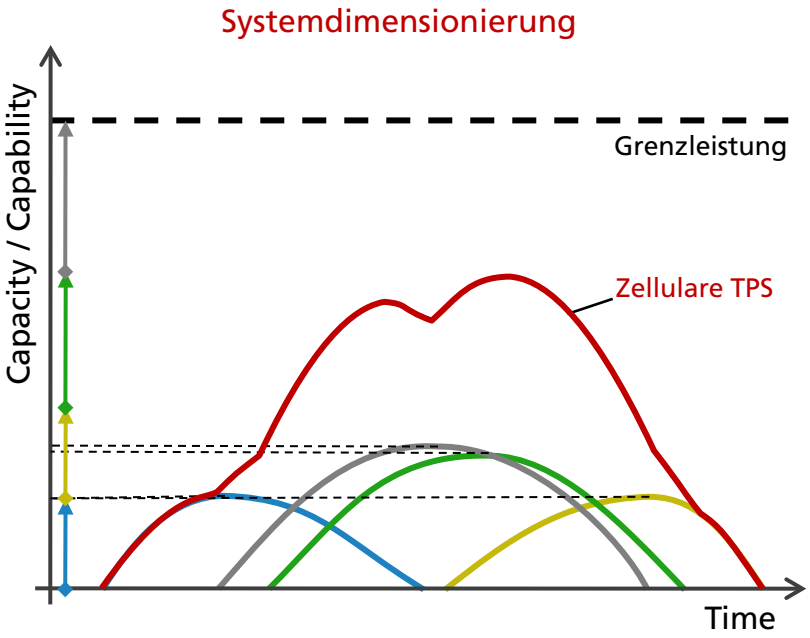
- Anpassung eines Materialflusssystems.
  - (a): weniger flexibles System
  - (b): flexibles System
  - (grau in b): Anpassung eines Zellularen Transportsystems
- Traditionell werden Materialflusssysteme entsprechend ihrer Grenzleistung ausgelegt.
- Die Anpassung an veränderte Bedingungen und resultierende Leistungsanpassungen erfordern Investitionen.
- Ziel intralogistischer Planung/Betrieb:
  - inkrementelle Anpassung an volatile Bedingungen

Fraunhofer IML

Nopper, J., ten Hompel, M.: A model and quantification method for expansion exibility in logistics. In: Logistics Research Journal, 2010

Leistungsvorteil autonomer Systeme





- Wareneingang
- Lagern und Kommissionieren
- Konsolidieren und Verpacken
- Warenausgang

- Systemkapazität KARIS Zellulare Transportsysteme
- Systemkapazität konventionell Grenzleistung

Modellierung
Neuer Blick auf die Welt

Internet der Dinge
Zellulare Intralogistik

Operative Ebene

Echtzeitsteuerung

Selbststeuerung

Multishuttle Move

Internet der Dienste
logistics mall

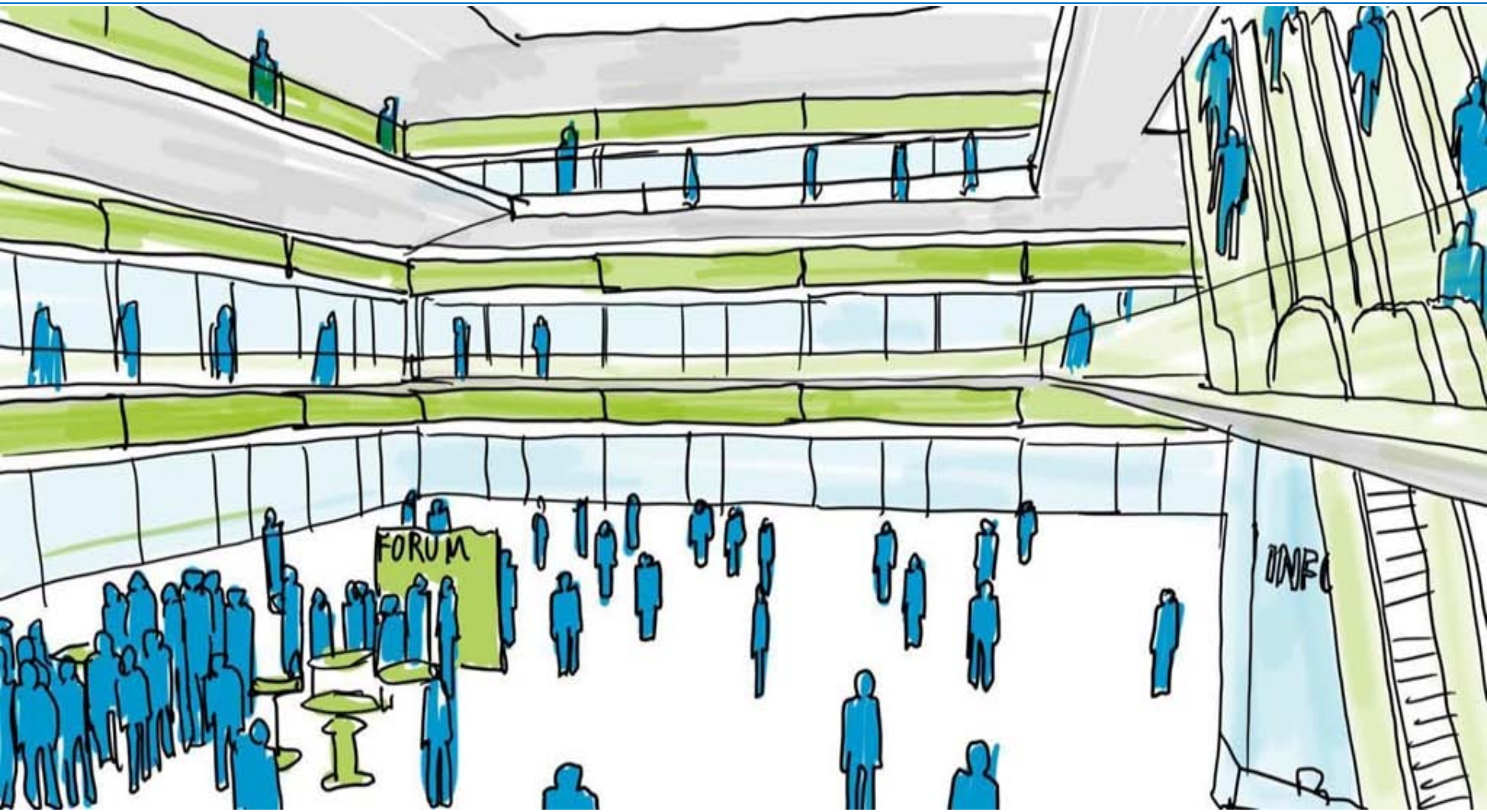
Normative Ebene

Auftragsdurchlauf

Selbstorganisation

Software as a Service & SOA

Logistics Mall
Beispiel serviceorientierter Architektur



Diese Entwicklung wird gefördert durch:
Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen

Der Logistikmarkt wird sich wandeln!

- Der Markt wird offener werden.
- Internetbasierte Standards werden dafür sorgen, dass logistische Software und Dienstleistungen vergleichbar werden.
- Der Logistikmarkt wird noch volatiler und kompetitiver werden.
- Es wird mehr denn je darauf ankommen, nicht nur besser und billiger sondern schneller zu sein!

Bild: © Susan Hauke auf www.pixelio.de

VEREIN NETZWERK LOGISTIK ÖSTERREICH

Anhang

Zellulare Fördertechnik · Zukunft der Intralogistik
Linz 7. Juni 2011

Prof. Dr. Michael ten Hompel

Fraunhofer IML

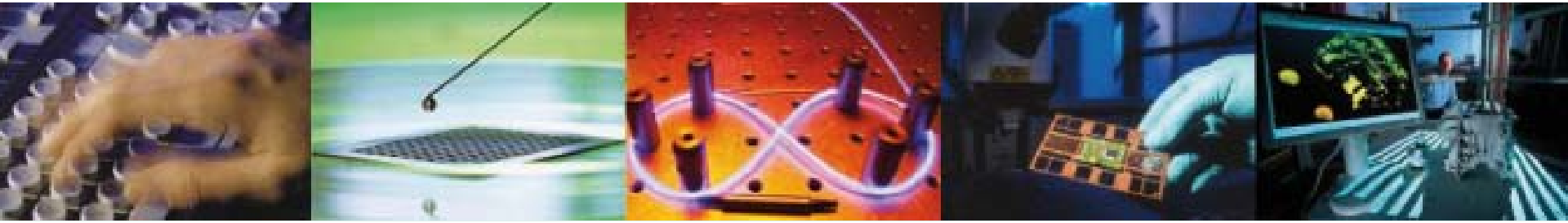
Fraunhofer

DIE FRAUNHOFER GESELLSCHAFT

JOSEPH VON FRAUNHOFER [1787-1826]
FORSCHER
UND UNTERNEHMER

Die Fraunhofer-Gesellschaft
Daten und Fakten

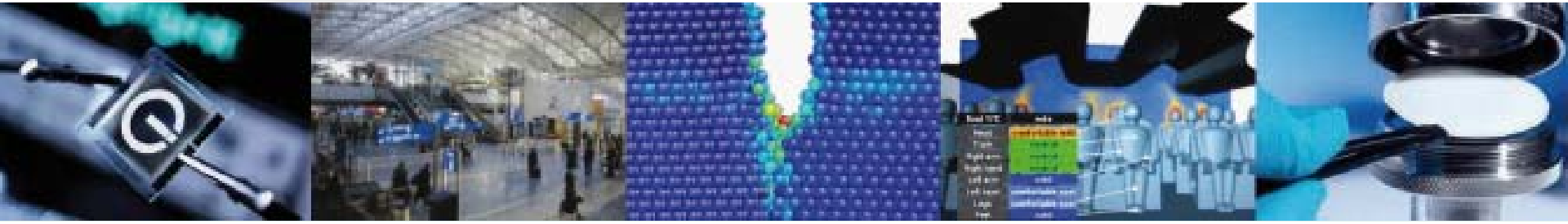
- mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Fraunhofer-Institute
- 18 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung
- 1,6 Milliarden Euro Forschungsvolumen jährlich,
  davon 1,3 Mrd € im Leistungsbereich Vertragsforschung.
  - 2/3 dieses Leistungsbereichs werden mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten erwirtschaftet.
  - 1/3 wird von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert.



Die Fraunhofer-Gesellschaft
Standorte in Deutschland

- 60 Institute
- 80 Forschungseinrichtungen
- 18 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

- Institute und Einrichtungen
- weitere Standorte



Fraunhofer IML

Fraunhofer
IML

DAS FRAUNHOFER IML

Das Fraunhofer IML
Daten und Fakten

- Gegründet 1981
- > 200 Wissenschaftler/-innen
- > 200 studententische Mitarbeiter/-innen
- > 20 Mio. € Umsatz, davon ca. 50% Aufträge aus der Wirtschaft
- Außenstellen und Projektzentren in
  Cottbus, Frankfurt am Main, Hamburg, Prien / Chiemsee
- Int. Kooperationen mit HSG St. Gallen (Schweiz), Georgia Tech (USA), Lissabon (Portugal), Shanghai (China), Rio de Janeiro (Brasilien)

Die Fachbereiche des Fraunhofer IML

BEREICH MATERIALFLUSSSYSTEME

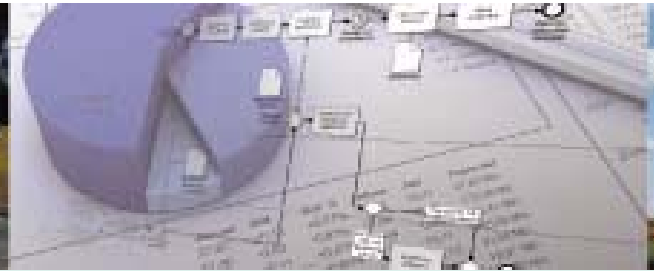
Qualitätsmanagement und Organisationssysteme,
Intralogistik- und -IT Planung,
Autonome Transportsysteme,
Maschinen und Anlagen,
Verpackungs- und Handelslogistik,
Software Engineering

BEREICH UNTERNEHMENSLOGISTIK

Unternehmensplanung,
Supply Chain Engineering,
Produktionslogistik,
Instandhaltungslogistik,
Unternehmensentwicklung
International

BEREICH LOGISTIK, VERKEHR UND UMWELT

Umwelt und Ressourcenlogistik,
Verkehrslogistik,
Health Care Logistics,
Projektzentrum Flughafen,
Projektzentrum Verkehr, Mobilität und Umwelt,
Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen



Das Fraunhofer IML
Auswahl aktueller Forschungsthemen

INTRALOGISTIKPLANUNG

LOGISTICS MALL

STANDORTPLANUNG

MODELLIERUNG

LOGISTICS AS A SERVICE

WAREHOUSE MANAGEMENT

RFID-ANWENDUNGEN

MARITIME LOGISTIK

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

DISTRIBUTIONSLOGISTIK

INTRALOGISTIKSOFTWARE

FABRIKPLANUNG

LUFTFRACHT

GREEN LOGISTICS

INSTANDHALTUNG

WANDELBARE LOGISTIKSYSTEME

LOGISTIK-NETZE

URBANE VERSORGUNG

ZELLULARE INTRALOGISTIK

MULTIMODALE LOGISTIK

VEREIN NETZWERK LOGISTIK

Zellulare Fördertechnik

Zukunft der Intralogistik
Linz 7. Juni 2011

Prof. Dr. Michael ten Hompel

Fraunhofer IML