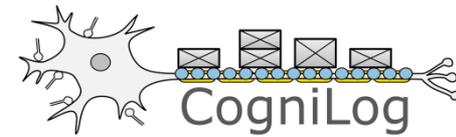
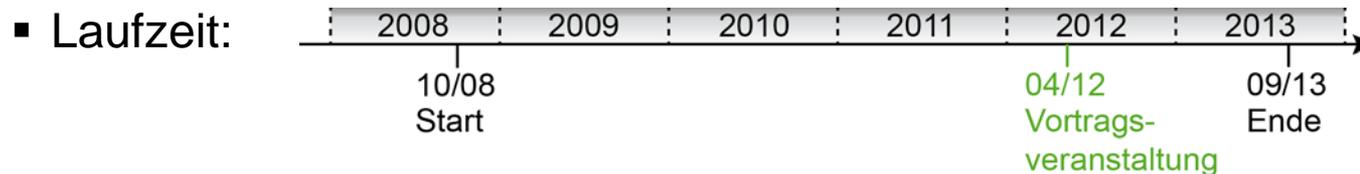


Über CogniLog



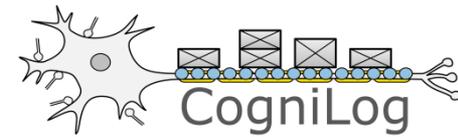
- Hochschulübergreifender Innovationsverbund des Landes Niedersachsen
- Förderung aus Mitteln des europäischen Strukturfonds für regionale Entwicklung (EFRE)



- Projektpartner:
 - Leibniz Universität Hannover
Institut für Transport- und Automatisierungstechnik
 - OFFIS Institut für Informatik e. V.
 - Hochschule Osnabrück
Fakultät Wirtschafts- und Sozialwissenschaften



Industriepartner (Auszug)



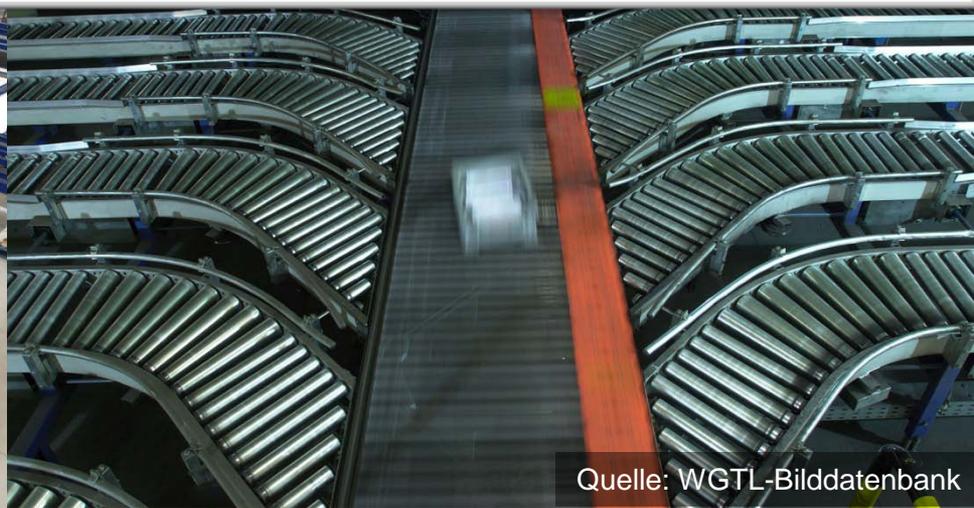
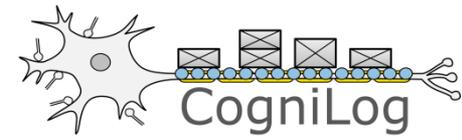
transnorm
your best move



SIEMENS

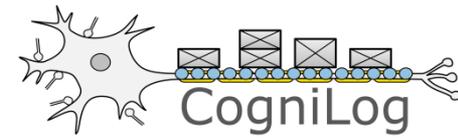


Fördertechnik heute

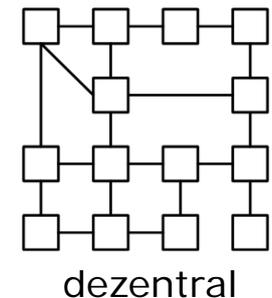
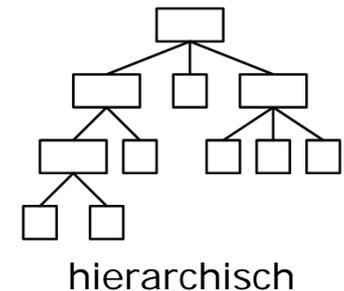
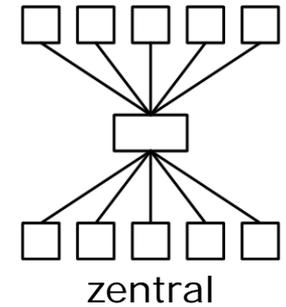


Quelle: WGT-Bildatenbank

Transportmittel als Teil des Logistiknetzwerks

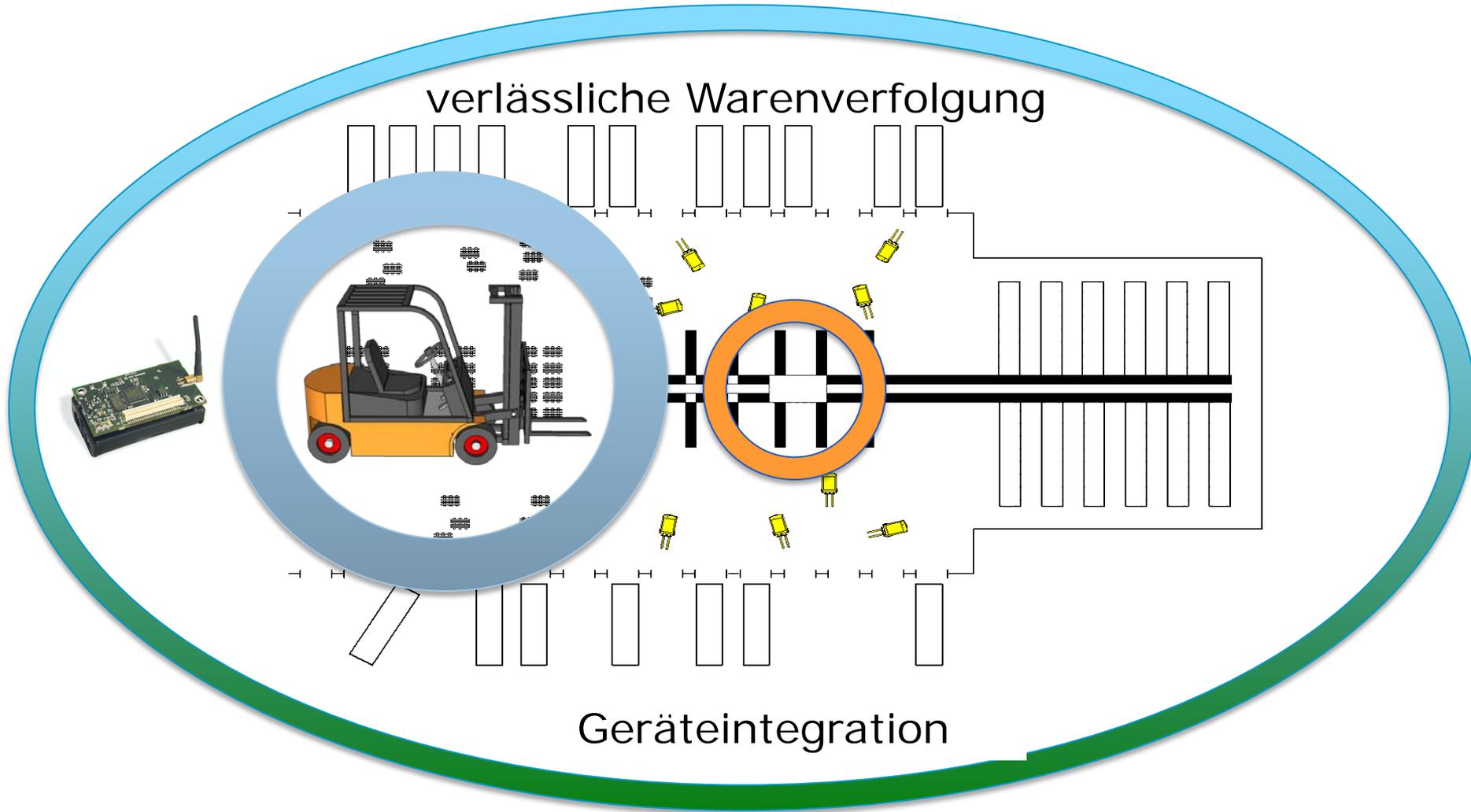


- Zukünftige Transportmittel nehmen ihre Umgebung wahr und interagieren mit ihr
- Entscheidungen über den Transportvorgang werden ausschließlich auf Ebene des durch die Transportmittel realisierten Kommunikationsnetzwerkes getroffen. Eine zentrale Steuerung entfällt.
- Eingangsgröße in das Netzwerk sind das Transportgut und seine Zielgrößen: Zielort, Zeitpunkt
- Flexibilität gegenüber Anforderungsänderungen im Fokus
 - Vermeidung von Anlagenumbau durch bessere Einsatzstrategien
 - Erheblich Senkung der Kosten im Falle eines Umbaus

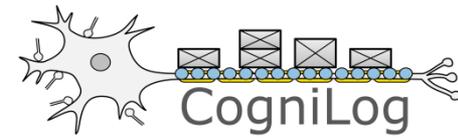


Kooperierende kognitive Förderer

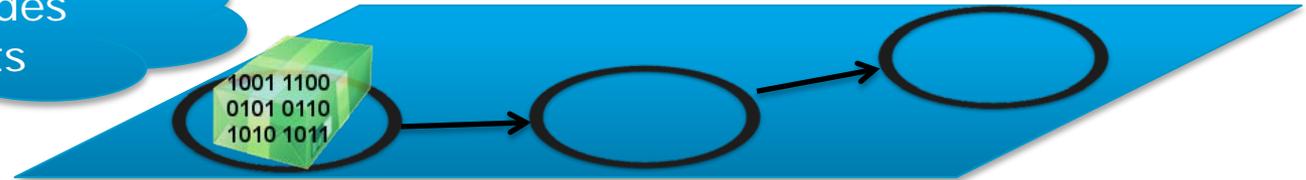
Bisher adressierte Themen



Stand der Forschung



Virtuelles Abbild des
Warentransports



Internet der Dinge

+ Intelligente Pakete

+ Intelligente Umgebung

CogniLog

+ Zuverlässige Warenverfolgung durch Sensorik

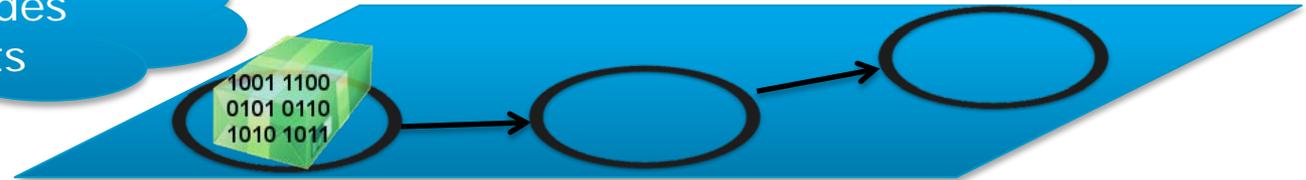
+ Flexible Geräteintegration

physischer
Warentransport



Geräteintegration

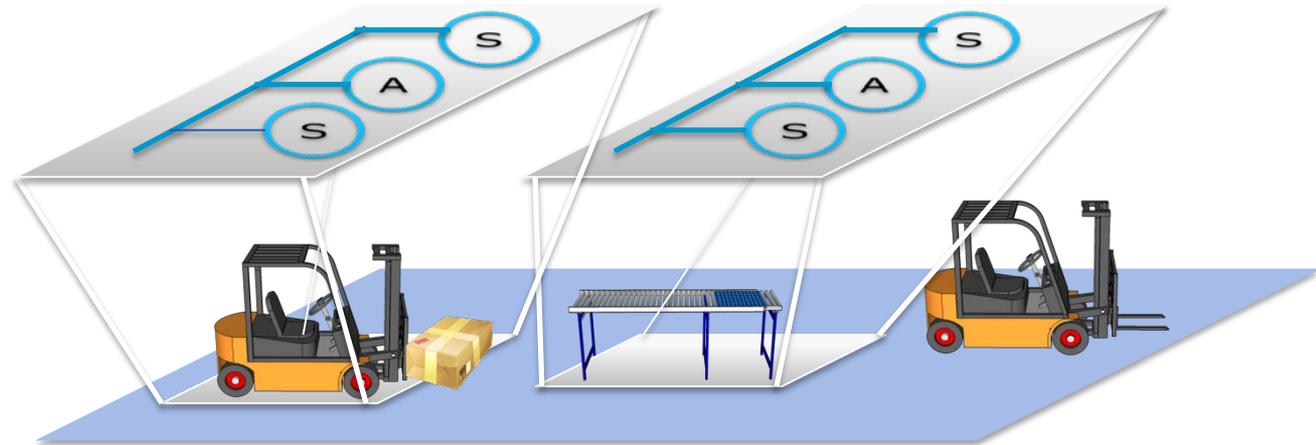
Virtuelles Abbild des
Warentransports



Sensoren
und Aktoren

CAN

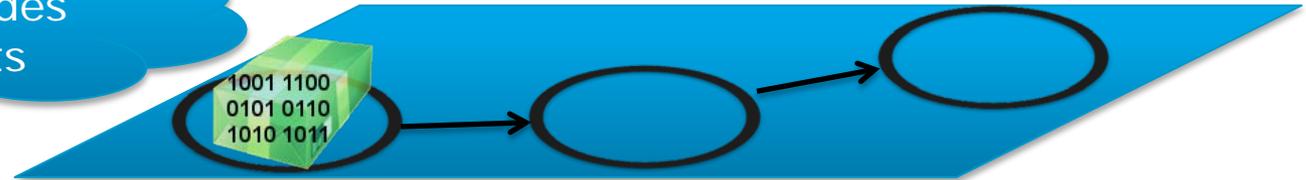
ProfiBus, RS485



physischer
Warentransport

Warenverfolgung

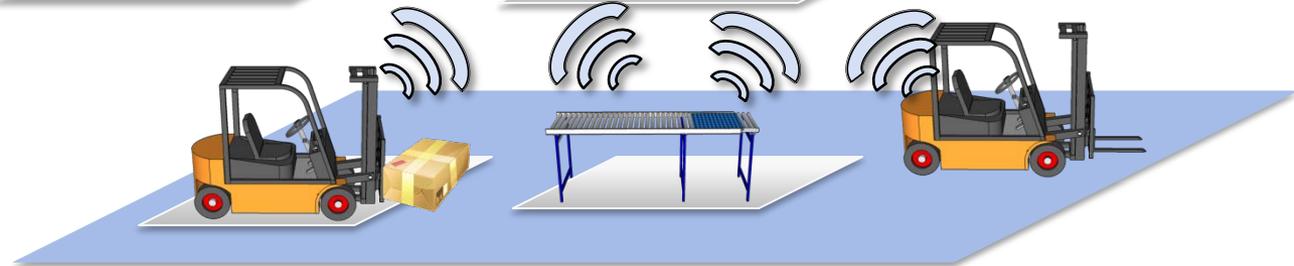
Virtuelles Abbild des
Warenverkehrs



Sensoren
und Aktoren

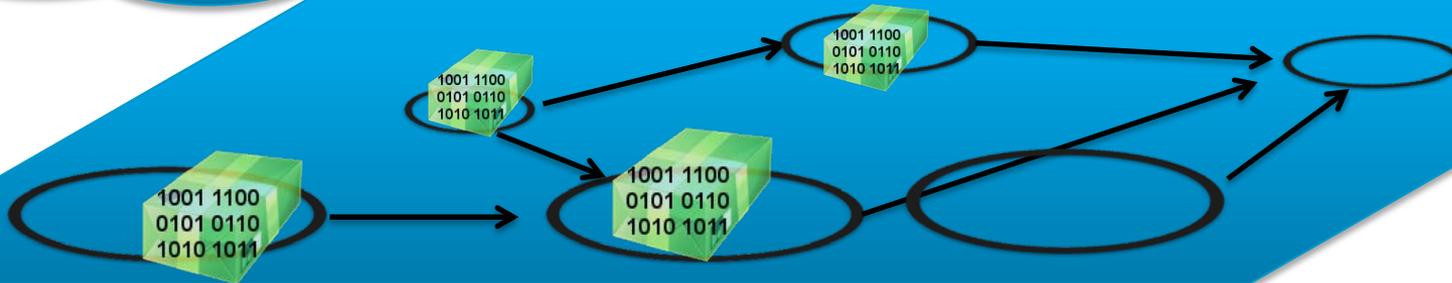


physischer
Warentransport

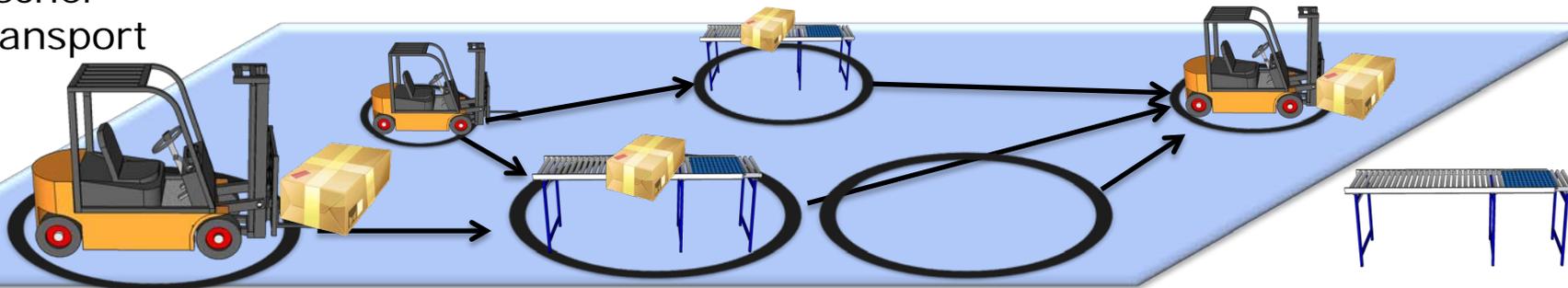


Rekonfiguration

Virtuelles Abbild des
Warentransports



physischer
Warentransport

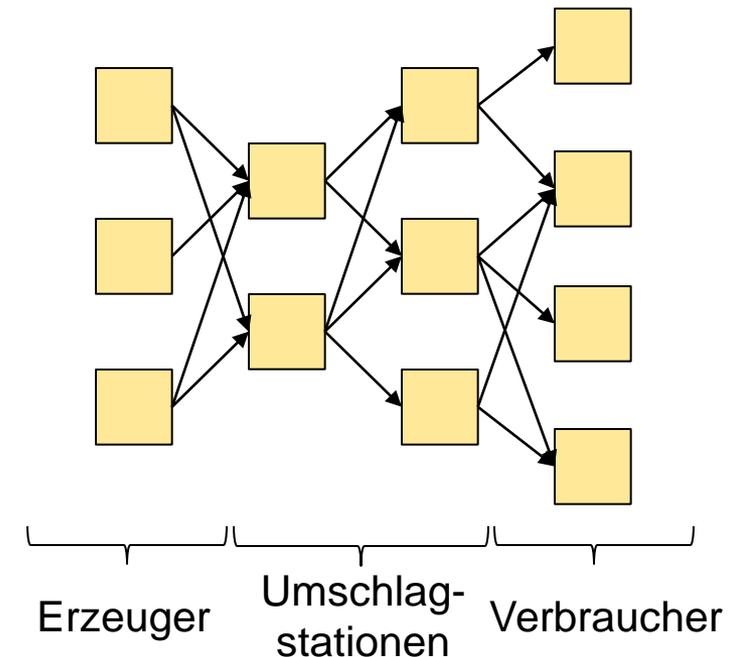


Änderungen am physikalischen Warenfluss
wirken sich direkt auf die virtuelle Abbildung aus

Kooperative adaptive Ablaufsteuerung für innerbetriebliche Materialflusssysteme
(Dr.-Ing. Gerd Heiserich)

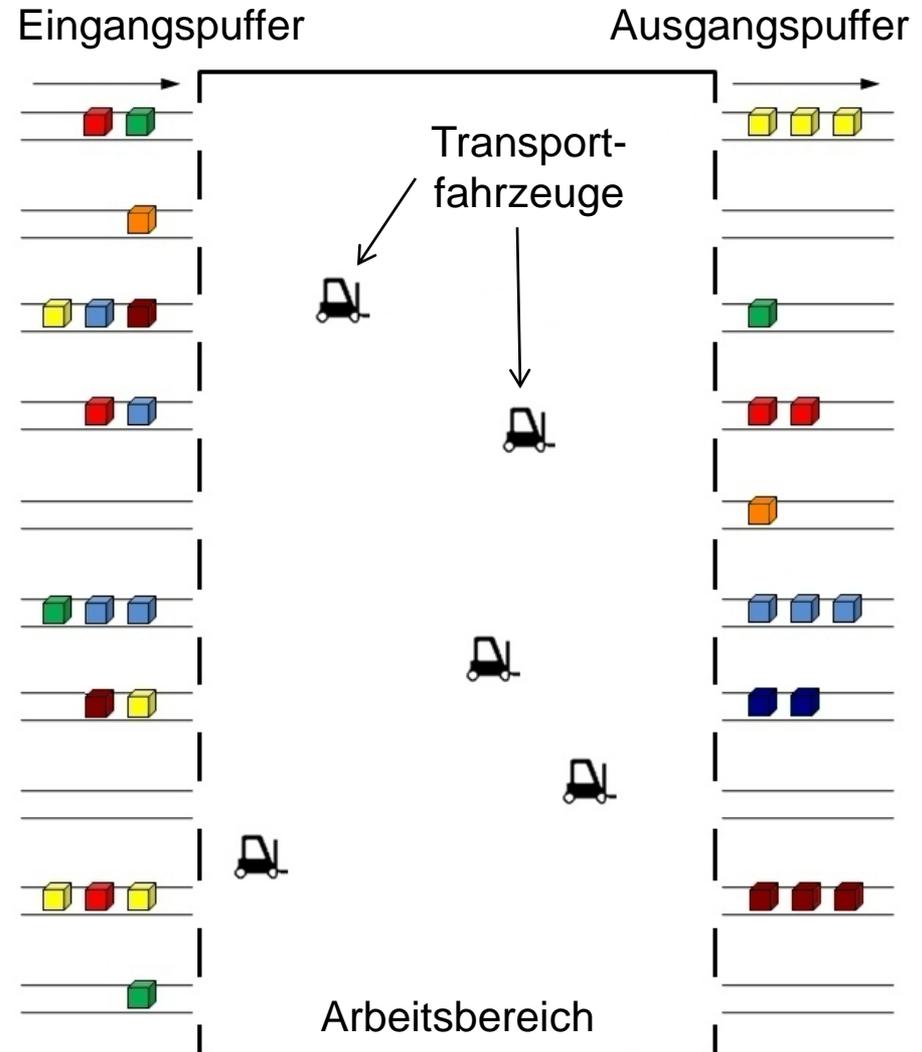
- **Inhalt:** Entwicklung eines Verfahrens unter Verwendung ausgewählter Methoden des maschinellen Lernens zur systematischen Ermittlung einer Einsatzstrategie für ein Crossdocking-Szenario aus der Intralogistik
- **Ergebnisse:** Erfolgreiche Anwendung ausgewählter Methoden, wodurch eine signifikante Verbesserung des Verhaltens gegenüber einfachen heuristischen Einsatzstrategien erreicht wurde.

- Ausgangssituation:
 - Trend zu immer kürzeren Innovations- und Produktlebenszyklen
 - Steigende Anzahl an Produktvarianten
 - Kundenindividuelle Massenfertigung
- Herausforderung im Hinblick auf die Organisation von Versorgungsnetzwerken
- Häufige Änderungen von:
 - Netzwerkstruktur
 - Gütermengen
 - zeitlichen Anforderungen
- Zusätzlich muss auf lokale Störungen reagiert werden

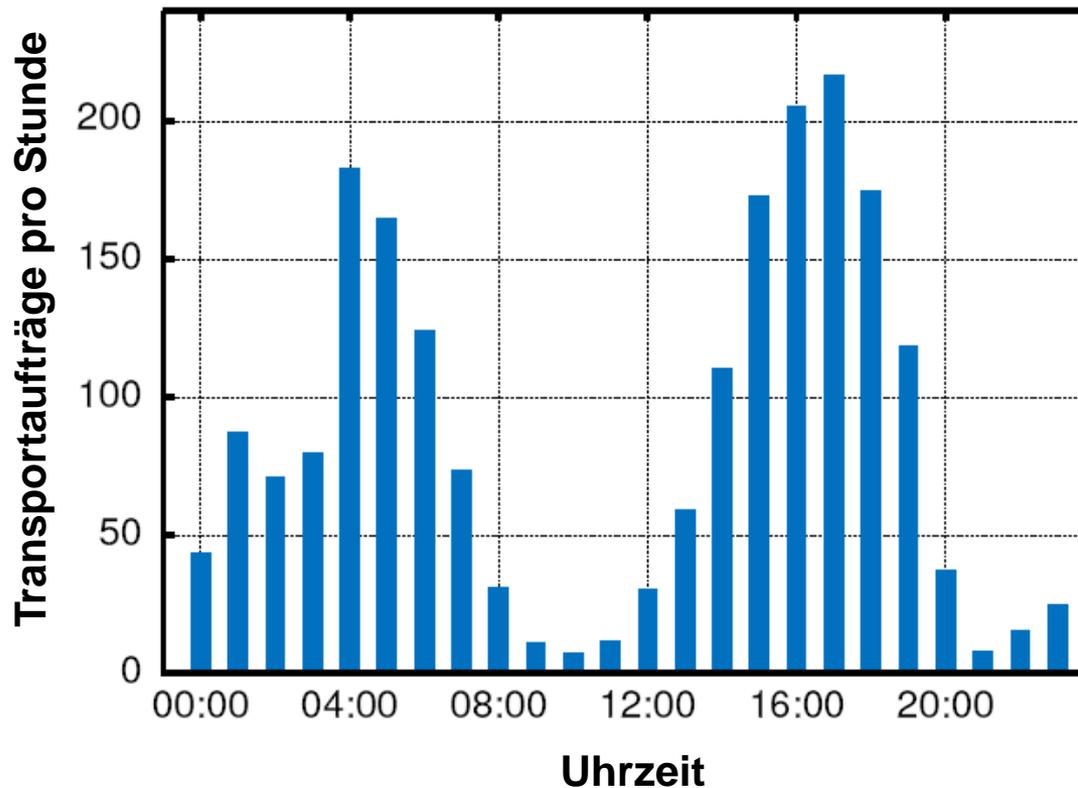


Anwendungsszenario

- Betrachtetes Anwendungsszenario: **Crossdocking**
- Warenumschlagknoten ohne Zwischenlagerung
- Transport im Arbeitsbereich mit Hilfe einer Anzahl von unabhängigen Transportfahrzeugen, z. B. Gabelstaplern
- Verwandt mit Pickup-and-Delivery-Problemen (Taxidienste)
- Besondere Eigenschaften:
 - Kurze Transportzeiten
 - Schnell wechselnde Umgebungsbedingungen

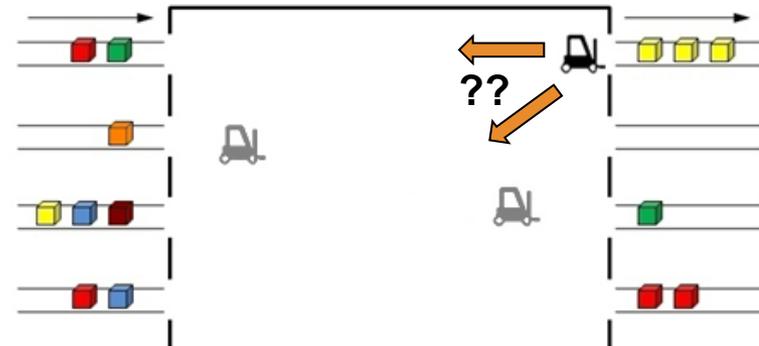


- Typischer Auftragsverlauf über den Tag: starke Schwankungen, schlechte Vorhersagbarkeit auf der Ebene der Einzelaufträge



Quelle: Auftragsdaten einer realen Umschlaghalle; Mittelwerte über ein Jahr

- Entscheidungssituation:
Nach Auslieferung eines Auftrags muss das Ziel der anschließenden Leerfahrt gewählt werden
- Einfache Heuristiken:



- **Kürzester Weg:** maximiert den Durchsatz, erfordert aber, dass Transporteinheiten in jedem Eingangspuffer vorgehalten werden und verlängert somit wiederum die mittlere Auftragswartezeit
- **Höchster Bedarf:** minimiert die Belegung der Eingangspuffer, führt aber zu längeren Leerfahrwegen und vermindert die Auslastung
- **Restbearbeitungszeit:** minimiert individuelle Wartezeiten; Entscheidung ist ggf. zum Ausführungszeitpunkt nicht mehr günstig



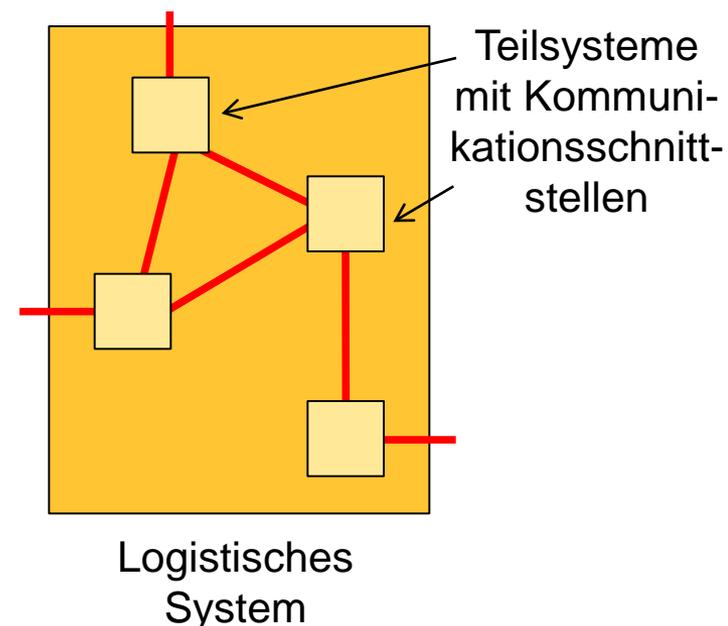
Einfache heuristische Einsatzstrategien sind hinsichtlich nur eines Kriteriums oder für einen Sonderfall optimal

- Ziel: Entwicklung von Einsatzstrategien mit **adaptiven Eigenschaften**
→ Verhalten wird je nach vorliegender Betriebssituation gewählt
- Beispiel: Nutzung von Phasen geringen Aufkommens zum Abbau langer Warteschlangen, auch wenn hierfür längere Leerfahrwege erforderlich sind
- Im Prinzip: Kontinuierliche Überblendung zwischen Einsatzstrategien
- Vorteile:
 - **Erhöhung der Reaktionsfähigkeit** des Logistiksystems auf sich schnell verändernde Randbedingungen
 - **Erhöhung der Wirtschaftlichkeit** durch Verbesserung des Verhaltens hinsichtlich bestimmter Optimierungskriterien

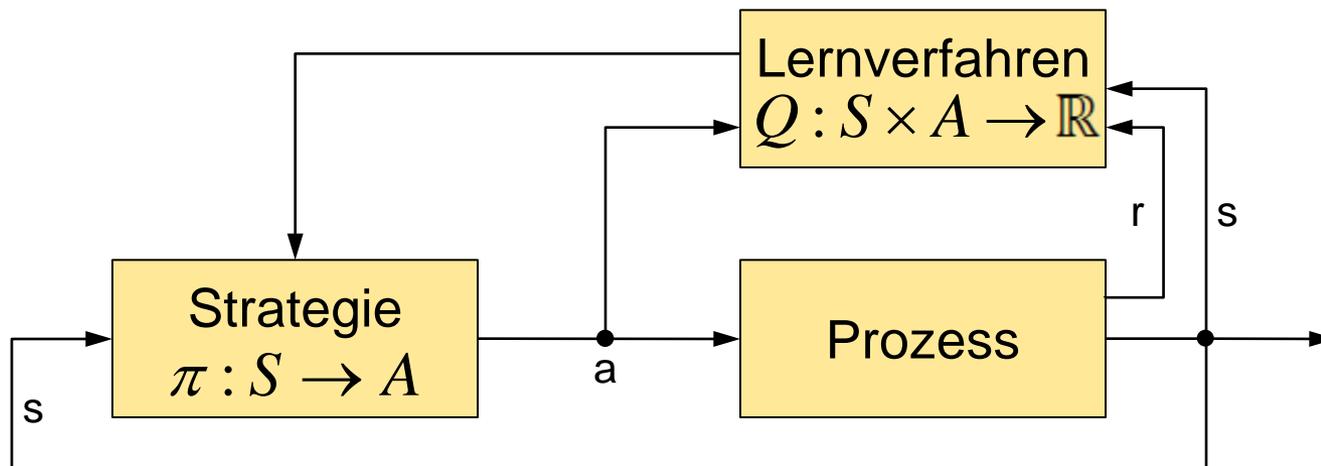


Wie können geeignete Verhaltensregeln für den Einsatz auf den realen Transportfahrzeuge in einer gegebenen Anordnung automatisch ermittelt werden?

- Grundidee: Aufbau logistischer Systeme aus **vernetzten kooperierenden Teilsystemen** mit lokaler Entscheidungsfähigkeit
- Ermittlung der lokalen Entscheidungsfunktionen: **Maschinelles Lernen**
- Möglichkeit der automatischen Ermittlung von Verhaltensregeln nur durch Vorgabe eines Ziels
- Modellierung der Transportsysteme in einem agentenbasierten Simulationsmodell
- Herstellung von Zusammenhängen zwischen dem individuellen Verhalten der Teilsysteme (mikroskopisch) und bestimmten Leistungskenngrößen des Gesamtsystems (makroskopisch)
- Sinnvolles Gesamtverhalten ergibt sich aus den **verteilten Entscheidungen der Einzelakteure**



- Grundprinzip: Sammeln der erhaltenen Belohnungen für jedes Zustands-Aktions-Paar (s, a) in einer Tabelle
- Prozess läuft zyklisch ab: abwechselnde Last- und Leerfahrten
- Wert einer getroffenen Entscheidung (= Wahl des Ziels einer Leerfahrt) zeigt sich jeweils am Ende der Leerfahrt
- Komponente zur Beeinflussung des Systemzustands → **Verhalten**
- Komponente zur Beobachtung von Wirkungen und zielgerichteter **Anpassung des Verhaltens**



- Zustandsmenge:

$$S = S_{FZ} \times S_{FZ} \times \dots \times S_{FZ} \times S_Q \times S_Q \times \dots \times S_Q \quad \Rightarrow \quad |S| = |S_{FZ}|^{N_{FZ}} \cdot |S_Q|^{N_Q}$$

- Abschätzung für ein kleines Fallbeispiel:

$$|S_{FZ}| = 200, \quad N_{FZ} = 6 \quad K_Q = 10 \Rightarrow |S_Q| = 11, \quad N_Q = 10$$

$$\Rightarrow |S| = 200^6 \cdot 11^{10} \approx 1,7 \cdot 10^{24}$$

- Lösungsweg: **Skalierbare Zustandsbeschreibung** durch Nutzung von Symmetrieeigenschaften des Problems

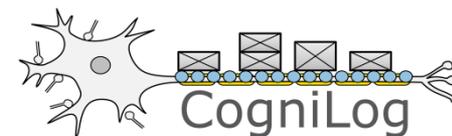
$$Q(s, a) = Q(b(a), d(f_i, a), \underbrace{f_{rem}(s), q_{rem}(s)}_{\text{„Kontext“}})$$

$$k_s = k(f_{rem}(s), q_{rem}(s)) \in \mathbb{R}$$

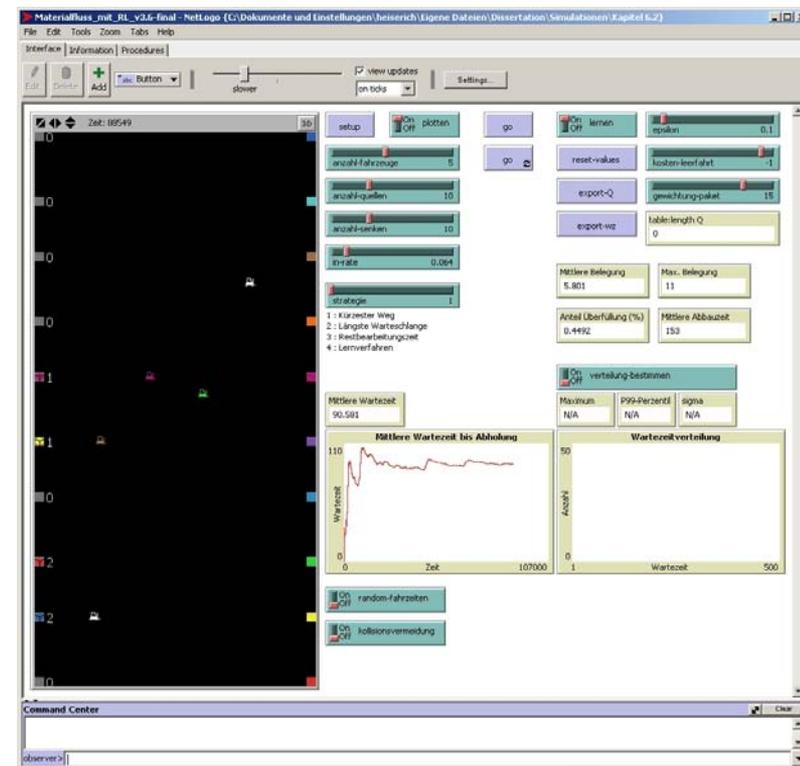
➔ Abbildung des Kontext-Vektors auf einen Unterraum

- Ergebnis: Anzahl der belegten Fahrzeuge eignet sich als Kontext-Funktion

Simulationsmodell

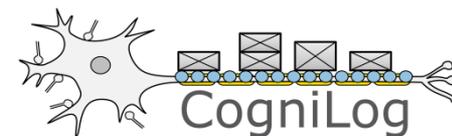


- Layout des Arbeitsbereichs vom Benutzer parametrierbar
- Zeitdiskretes Voranschreiten („ticks“)
- Fahrzeuggeschwindigkeit: 1 LE / tick
- Test-Beispiel:
 - je 10 Eingangs- / Ausgangspuffer
 - 5 Transportfahrzeuge
- Aufträge werden zufällig erzeugt (Poisson-Prozess)
- Optimierungskriterien:
 - Mittlere Wartezeit
 - Maximale Pufferbelegung
 - Vermeidung von Überfüllungs-Zuständen mit Belegung > Grenze



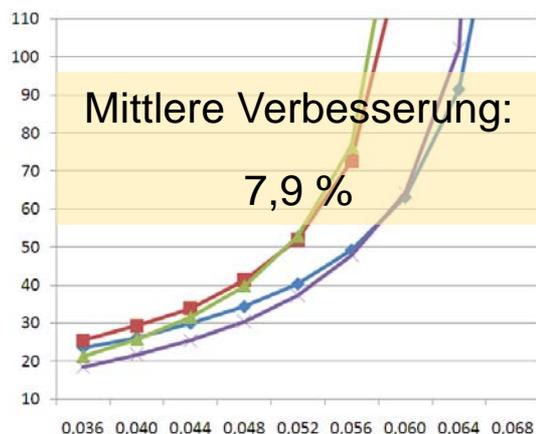
NetLogo-Simulationsumgebung

Simulationsergebnisse



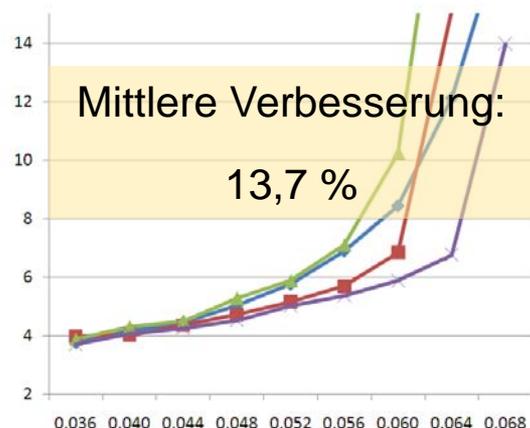
- Evaluation des resultierenden Verhaltens der betrachteten Einsatzstrategien bezüglich verschiedener Optimierungskriterien unter Variation des Auftragsaufkommens

Mittlere Auftragswartezeit in Simulationsschritten



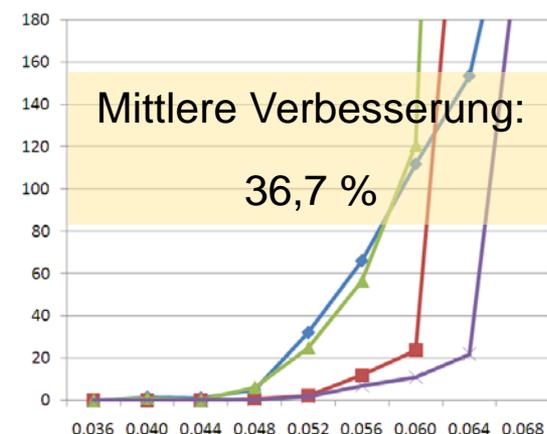
Auftragsaufkommen (Aufträge pro Sim.-Schritt)

Maximale Pufferbelegung (Anzahl TE)



Auftragsaufkommen (Aufträge pro Sim.-Schritt)

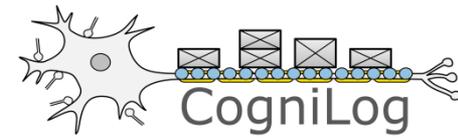
Mittlere Zeit zum Abbau von Überfüllungs-Zuständen in Simulationsschritten



Auftragsaufkommen (Aufträge pro Sim.-Schritt)



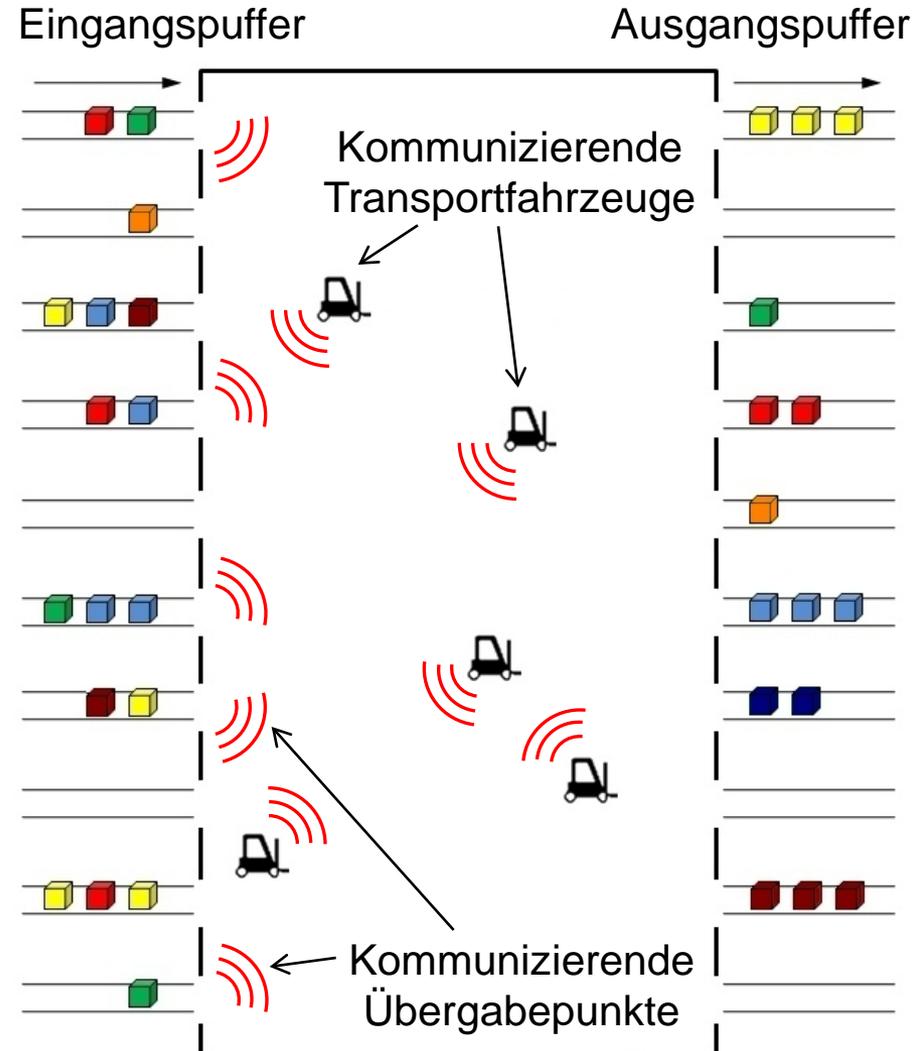
Umgebung mit kooperierenden Akteuren



- Fahrzeuge erhalten über die Funkschnittstelle Informationen über den Zustand der anderen Fahrzeuge und der Übergabepunkte
- Für jede Einzelentscheidung:
 - Abfragen von Zustandsinformationen der anderen teilnehmenden Akteure
 - Durchsuchen der erzeugten Entscheidungstabelle

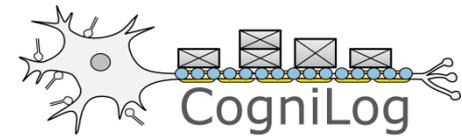


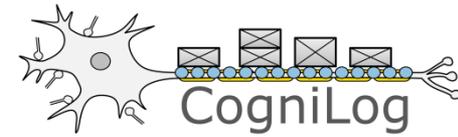
Prototypische Implementierung ist gegenwärtiger Fokus der Forschungsarbeiten



- Verwendung eines Verfahrens aus dem Bereich des maschinellen Lernens zur automatischen Ermittlung von **Verhaltensstrategien mit adaptiven Eigenschaften**
- Erfolgreiche Anwendung des Verfahrens auf **Transportsysteme** in einem Anwendungsbeispiel aus der Logistik
- Ergebnisse:
 - Methode findet **selbstständig** eine Einsatzstrategie für das Szenario, die verschiedene Optimierungskriterien berücksichtigt
 - **Verbesserung des Systemverhaltens** gegenüber heuristischen Einsatzstrategien: Verkürzung der Auftragswartezeiten (7,9 %), Reduzierung der Pufferbelegung (13,7 %), Verkürzung der Zeit zum Abbau von Überfüllungs-Zuständen (36,7 %)
 - Einsatz der gelernten Strategie ist besonders vorteilhaft hinsichtlich der Fairness der Auftragsbearbeitung
- Aufzeigen der **technischen Umsetzung** an den Transportsystemen

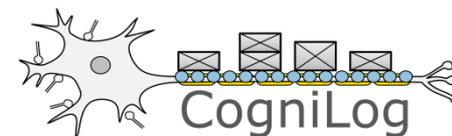
CogniLog Demonstrationsvideo





- Weitergehende Analyse des Ist-Zustands in spezialisierten Umschlaghallen, inkl. Wirtschaftlichkeitsanalyse für
 - Cognitive Conveyor (CoCo)
 - Kognitives Staplerleitsystem (CoSL)
 - In einem gemeinsamen Szenario (Szenario 1)
- Definition von Soll-Konzepten für weitere Applikationen, z.B.
 - Container Aus- und Umladung (Szenario 2)
 - Reine Paket-Umschlaghallen (Szenario 3)
- Vergleich von Ist und Soll
 - Quantitativ: Leistung und Wirtschaftlichkeit
 - Qualitativ: Nutzwertanalyse

Einführung in das Gesamtszenario



- Materialfluss verteilt auf zwei Ebenen, Ausnutzung der Hallenhöhe
- Einsatz intelligenter Verteilknoten als Kreuzungspunkte im oberen Bereich (Stetigfördereranlage), üblicher Staplerverkehr auf dem Hallenboden



Pakettransport im Hub Augsburg der DHL

Oben: Paketebene (CoCo)

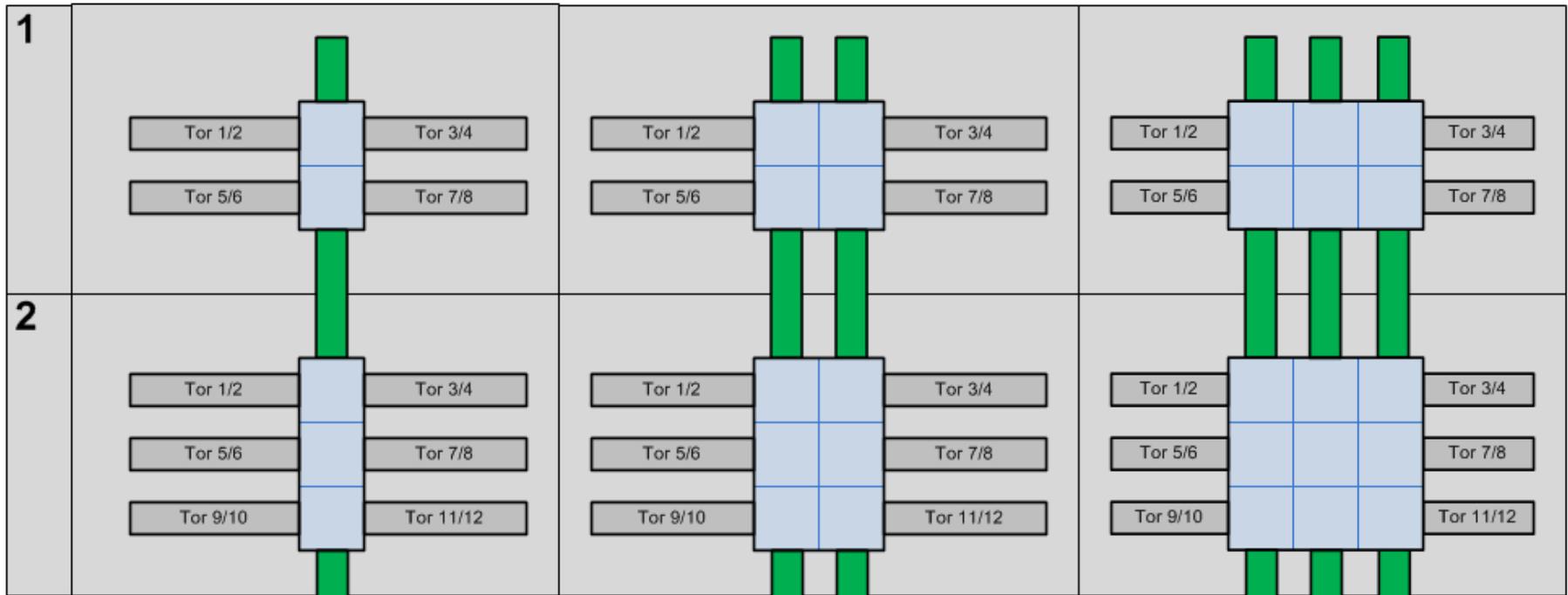


Unten: Staplerebene (CoSL)

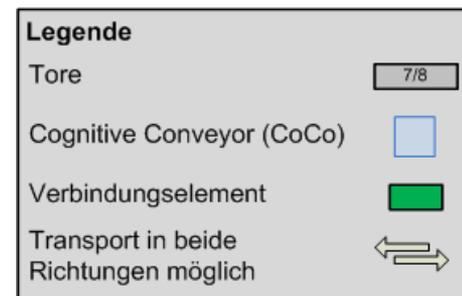


Variantenvergleich Modulanschlüsse

- Gegenüberstellung von möglichen Verknüpfungsbeispielen (Ausschnitt)

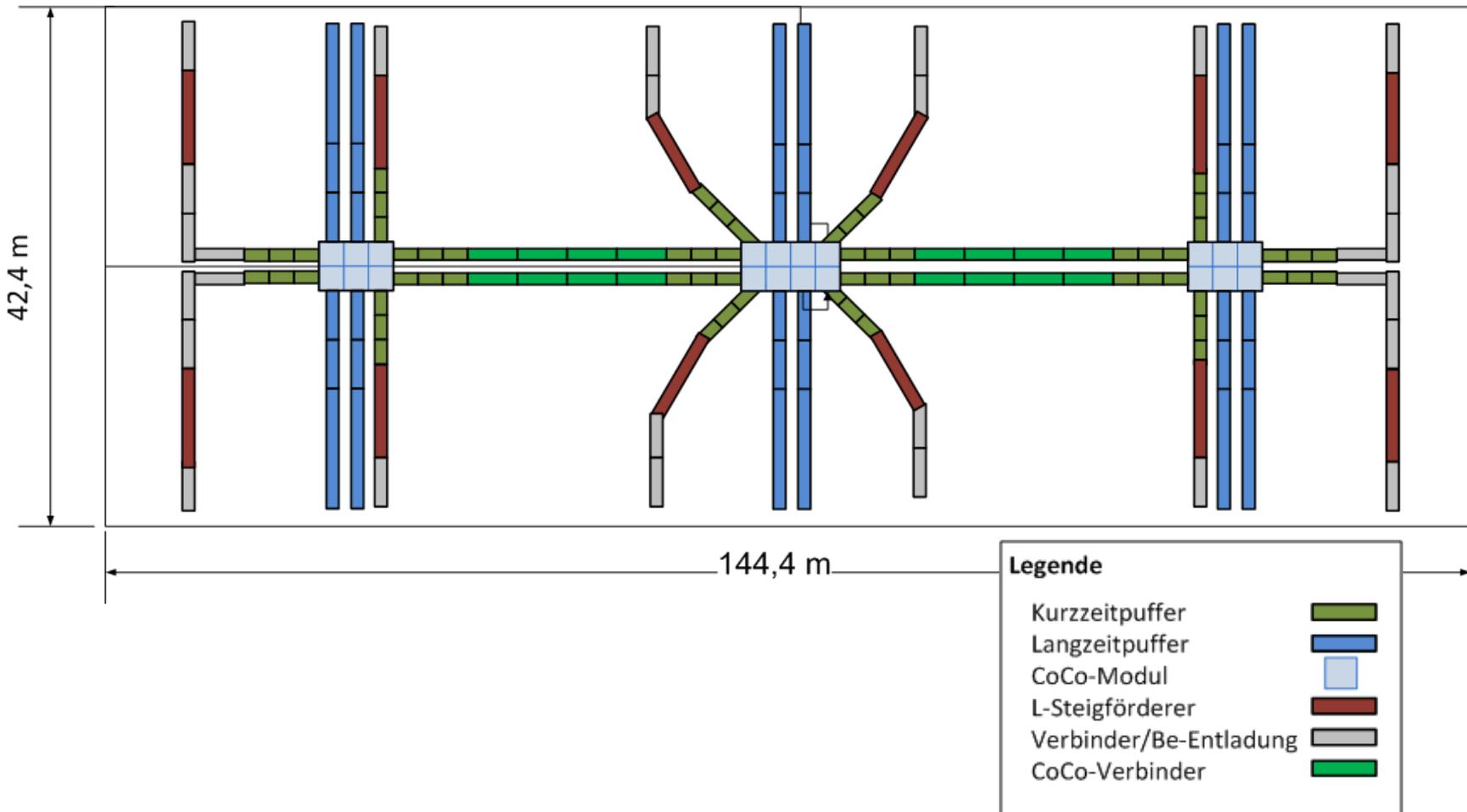


Wesentliche Vorteile zeigt die zweistrangige Verbindung
zwischen den Verteilknoten



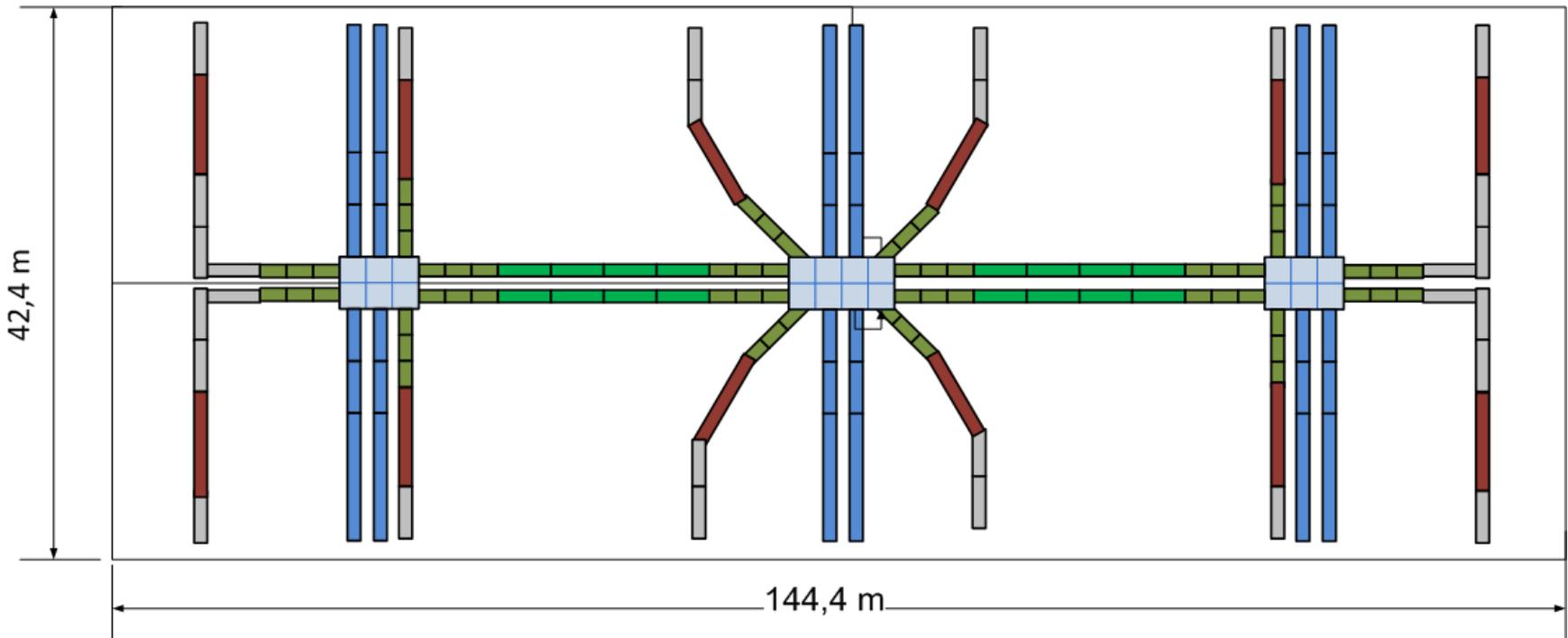
CoCo im praxisnahen Beispiel (1)

- CoCo für eine speditionelle Umschlaghalle: aktueller Stand der Planung des optimalen Transportnetzes



CoCo im praxisnahen Beispiel (2)

- Prozesse identifizieren
- Prozesszeiten ermitteln
- Gesamt- und Einzelsysteme zusammenführen und bewerten



- Zu den weiteren geplanten Schritten gehören u.a. die wirtschaftliche Betrachtung der
 - **Inbetriebnahme** und der
 - **Rekonfiguration** (flexibles Hinzufügen und Herausnehmen von Elementen) von
 - Förderanlagen, sowie des
 - Staplerleitsystems
- Zudem steht die **Materialfluss-Simulation** des Gesamtsystems (Engpass- und Grenzlastanalyse) an