





# Aufgaben der Materialflussssteuerung

---

Die wichtigste Aufgabe der MFCS ist die Beauftragung von Fördersystemen mit Fahraufträgen in einer Weise, die die Anlage optimal auslastet und die logistischen Prozesse termingerecht bedient.



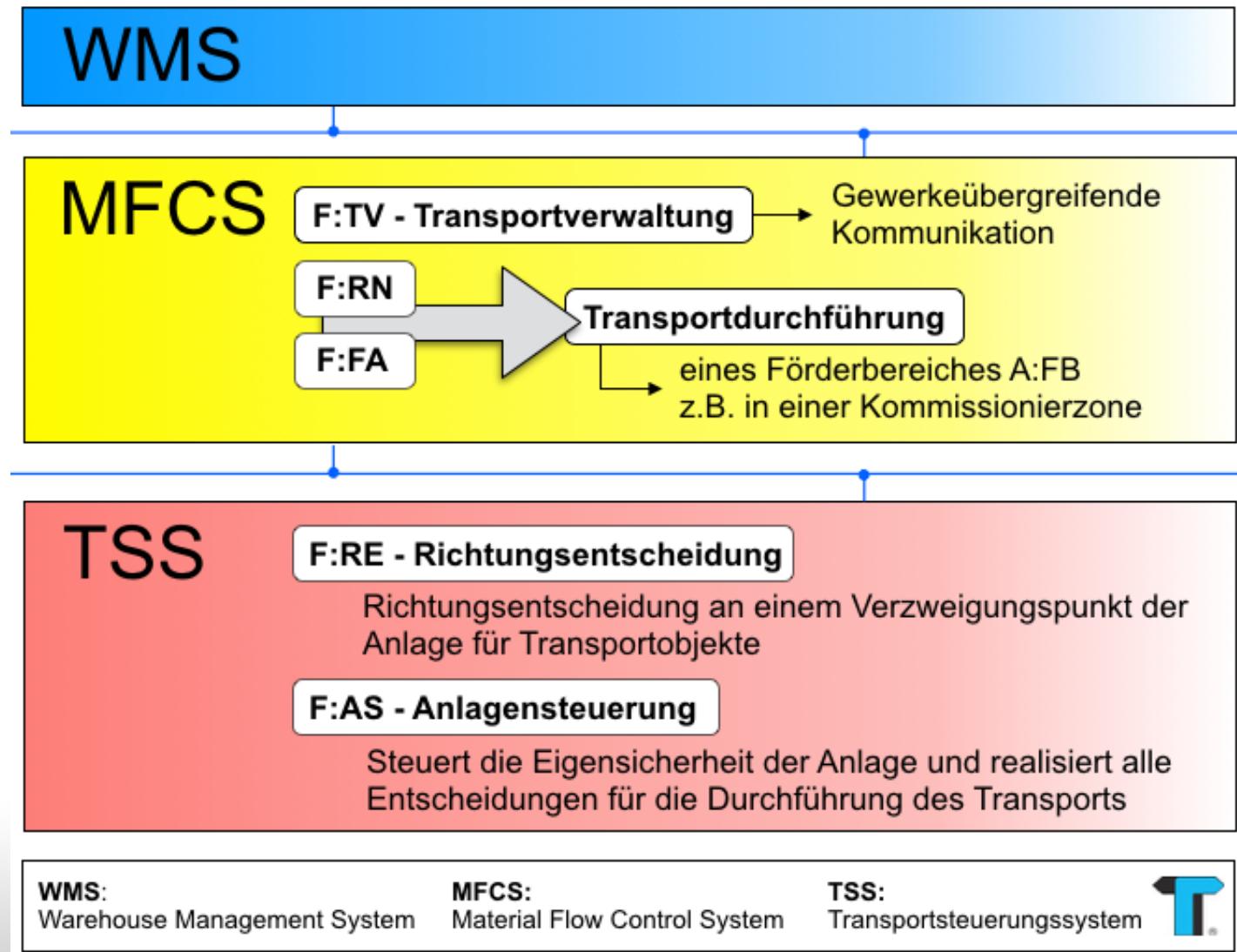
# MFCS (Material Flow Control System) als Dienstleistung für ein Distributionssystem

- MFCS gewährleisten als zentrale Funktion den optimalen Durchsatz
- Die Funktionen werden beeinflusst von:
  - Investitionskosten
  - Ausbaustufen
  - Nutzungsstrategien
- Ziel muss eine standardisierte Lösung sein

Integriert

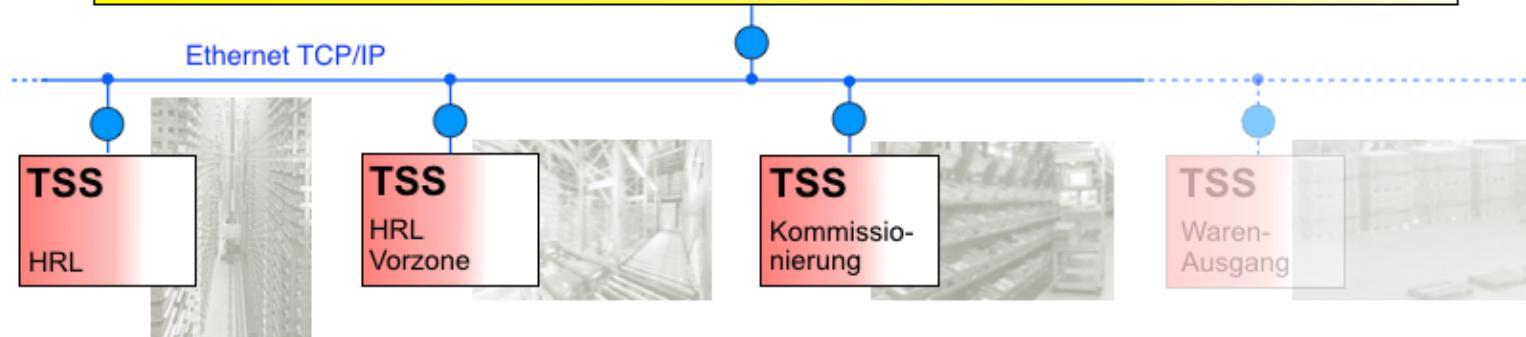
Realisiert

Geplant



siehe  
Kapitel 1

# Aufgabenzuordnung des MFCS



**MFCS:**  
Material Flow Control System

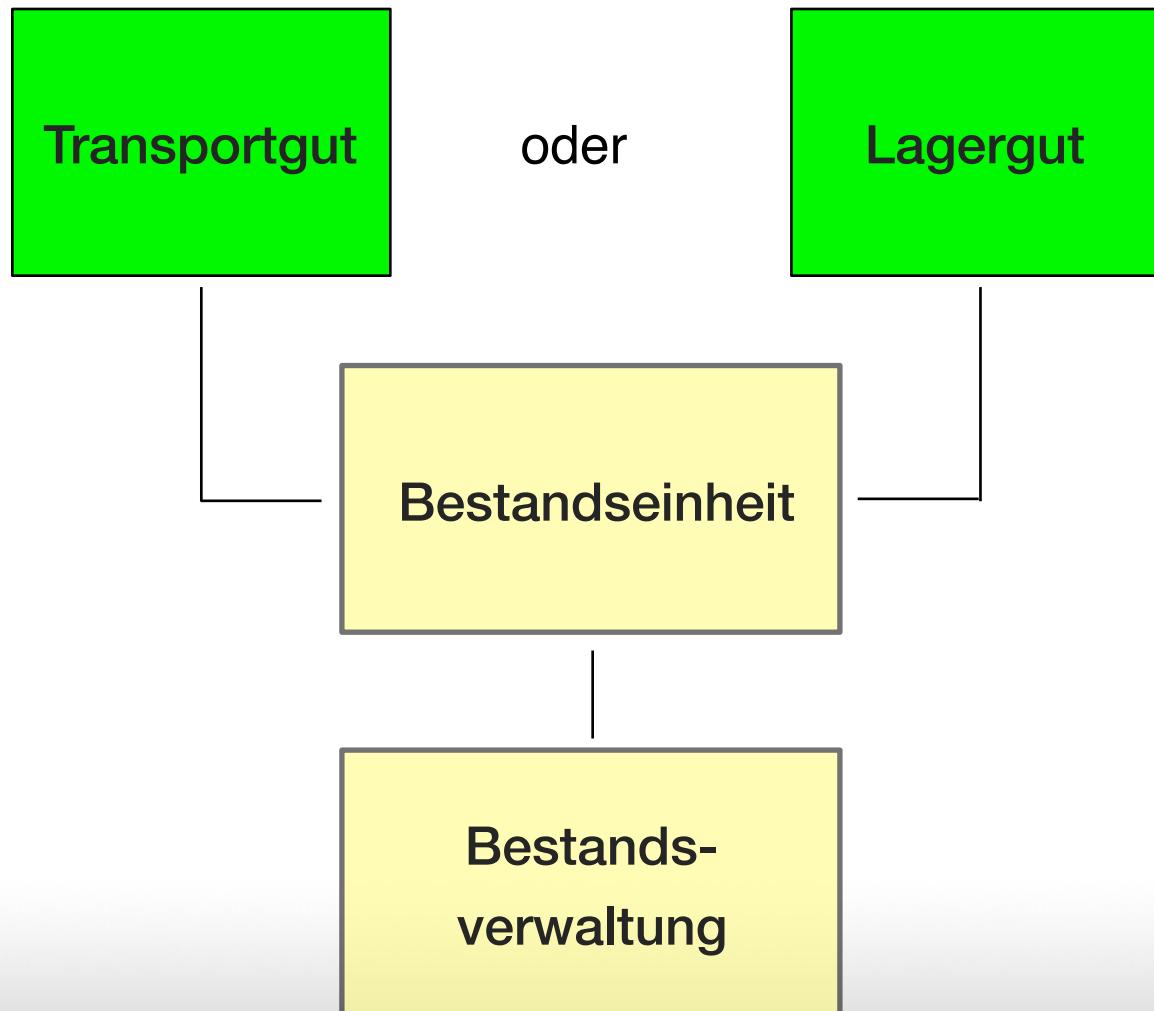
**TSS:**  
Transportsteuerungssystem

**TCP/IP:**  
Übertragungssystem

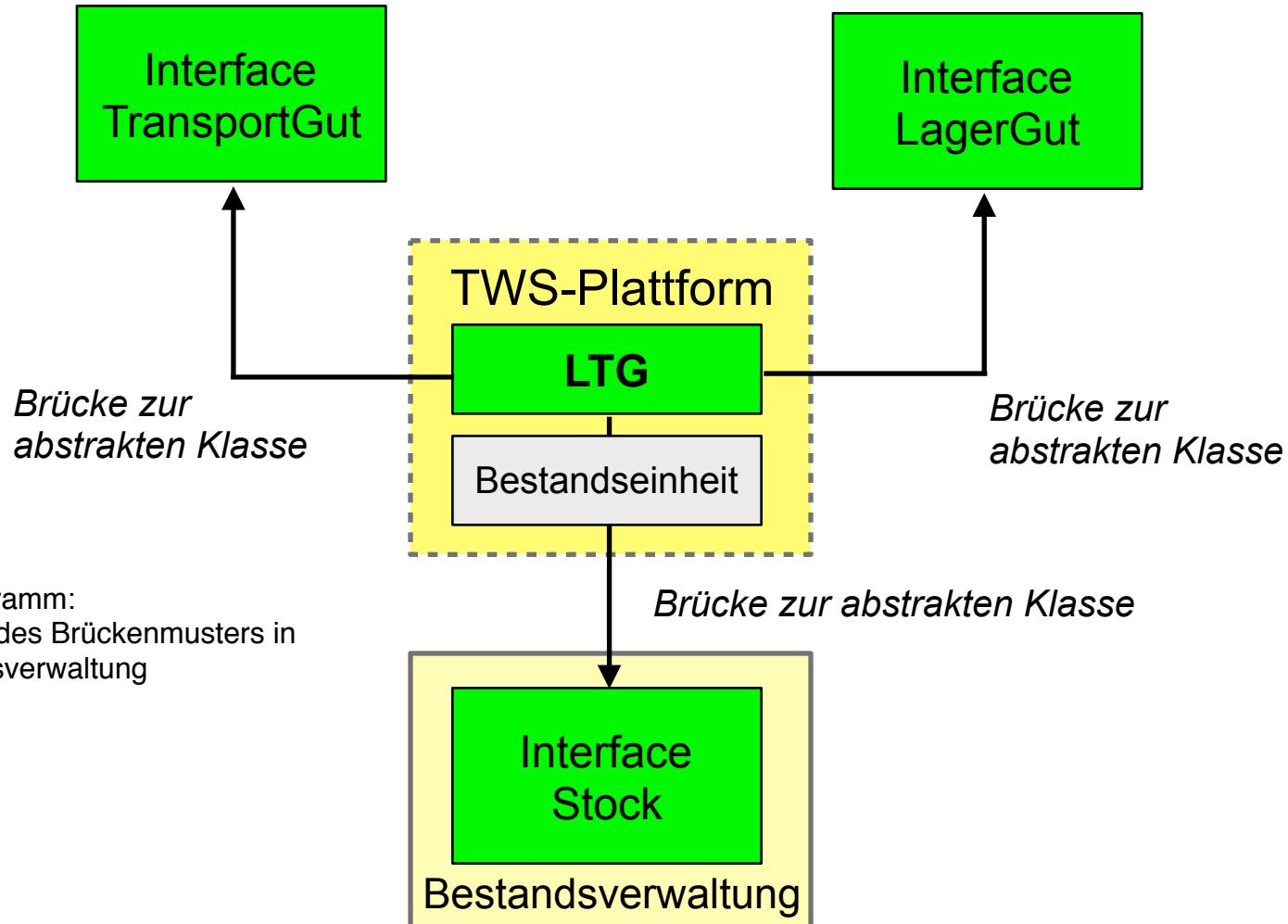
**TP-RADT:**  
gesicherte Kopplungsschicht



# Verbindung Transportverwaltung / Transportdurchführung



# Verbindung von Transportverwaltung und Platzverwaltung über die Klasse LTG



Klassendiagramm:  
Anwendung des Brückenmusters in  
der Bestandsverwaltung



Softwareentwicklung nach industriellen Maßstäben,  
erhöht die Planungsintelligenz bei Intralogistik-Systemen

## Ansätze bei der Modellentwicklung für eine standardisierte Lösung

- Abbildung in einem hierarchischen Konzept
- Wiederverwendbarkeit durch objektorientierte Strukturmuster



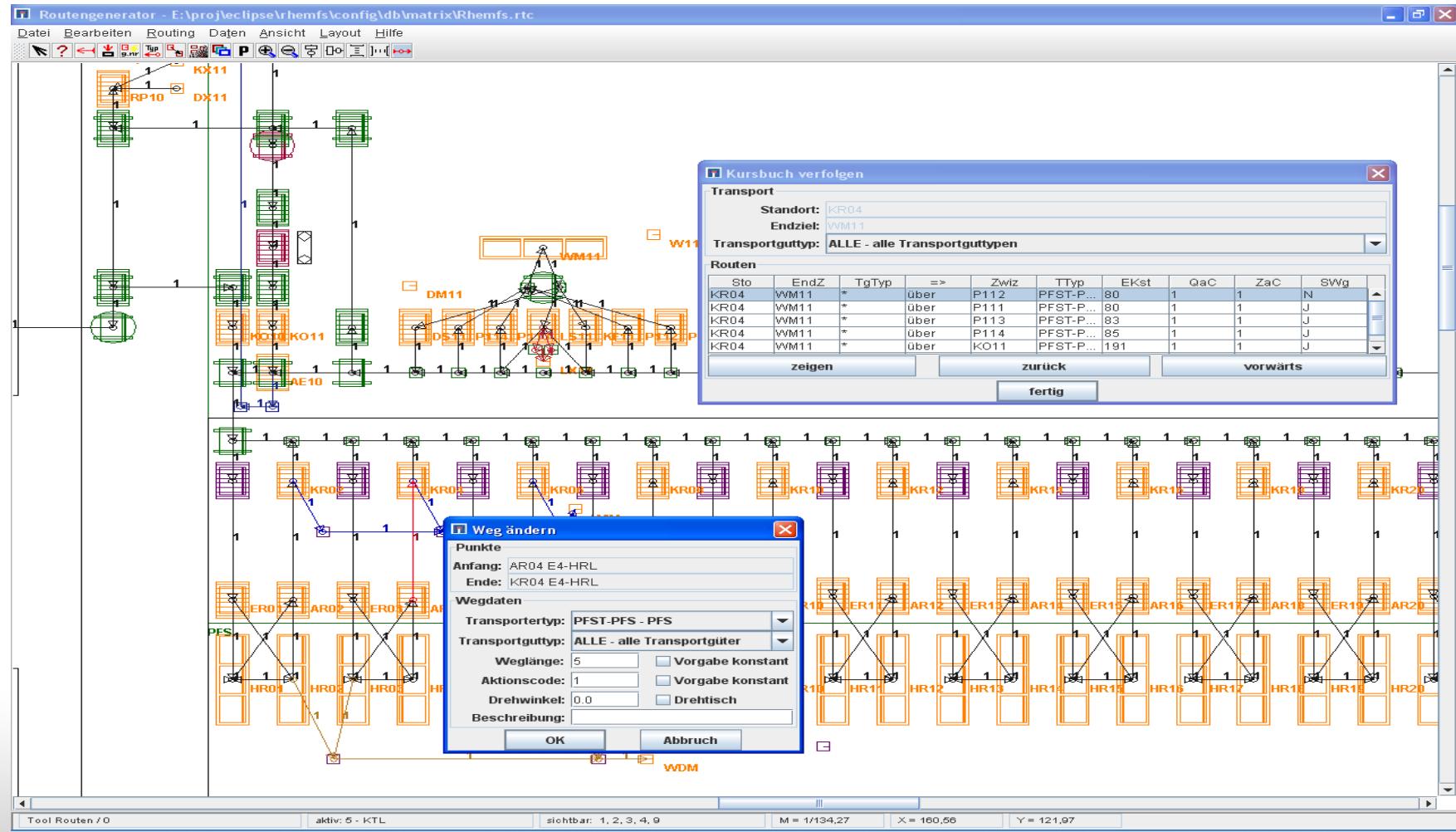
## Hierarchisches Abbild von Förderanlagen

- Dem MFCS legt ein statisches Abbild der Förderanlagen zugrunde

Die Anlagenmatrix wird im Hauptspeicher des MFCS abgelegt

# Anlagenabbild (Teilansicht)

Mit Hilfe einer graphischen Oberfläche wird das Anlagen-Abbild im Rechner abgelegt.



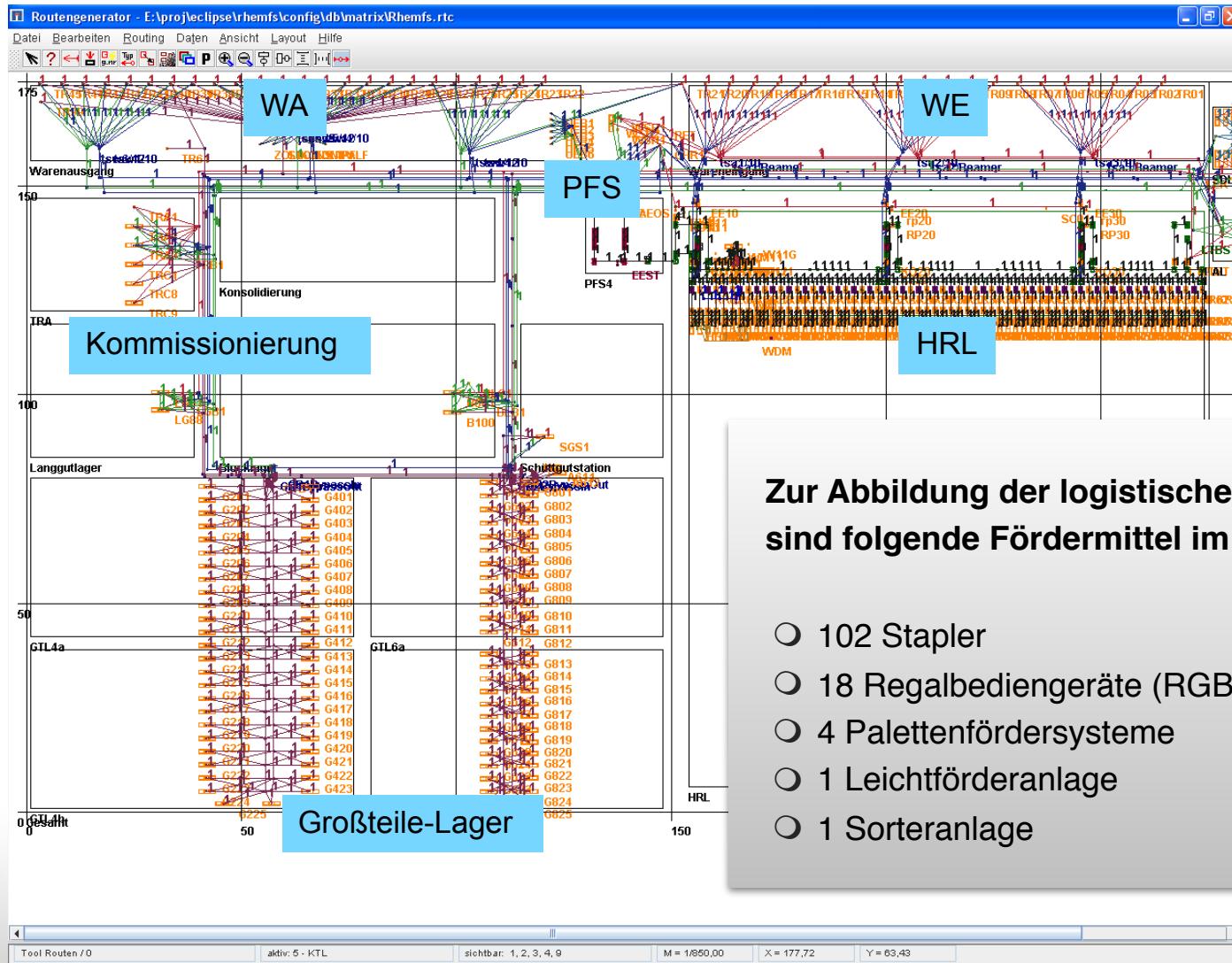


## Rekursives Routing - Routengenerator

- Aus der Anlagenmatrix erfolgt durch rekursives Routing der Routengenerator (Quelle/Ziel-Beziehungen)
- Kursbuch wird im Hauptspeicher abgelegt



# Praxisbeispiel: Groblayout eines Distributionszentrums



## **Ergebnis durch Rekursives Routing:**

Die Routingtabelle wird im MFCS im Hauptspeicher abgelegt:

510 Punkte —> Quelle /Ziel berechnet

26.000 Punkte Wegbeziehungen

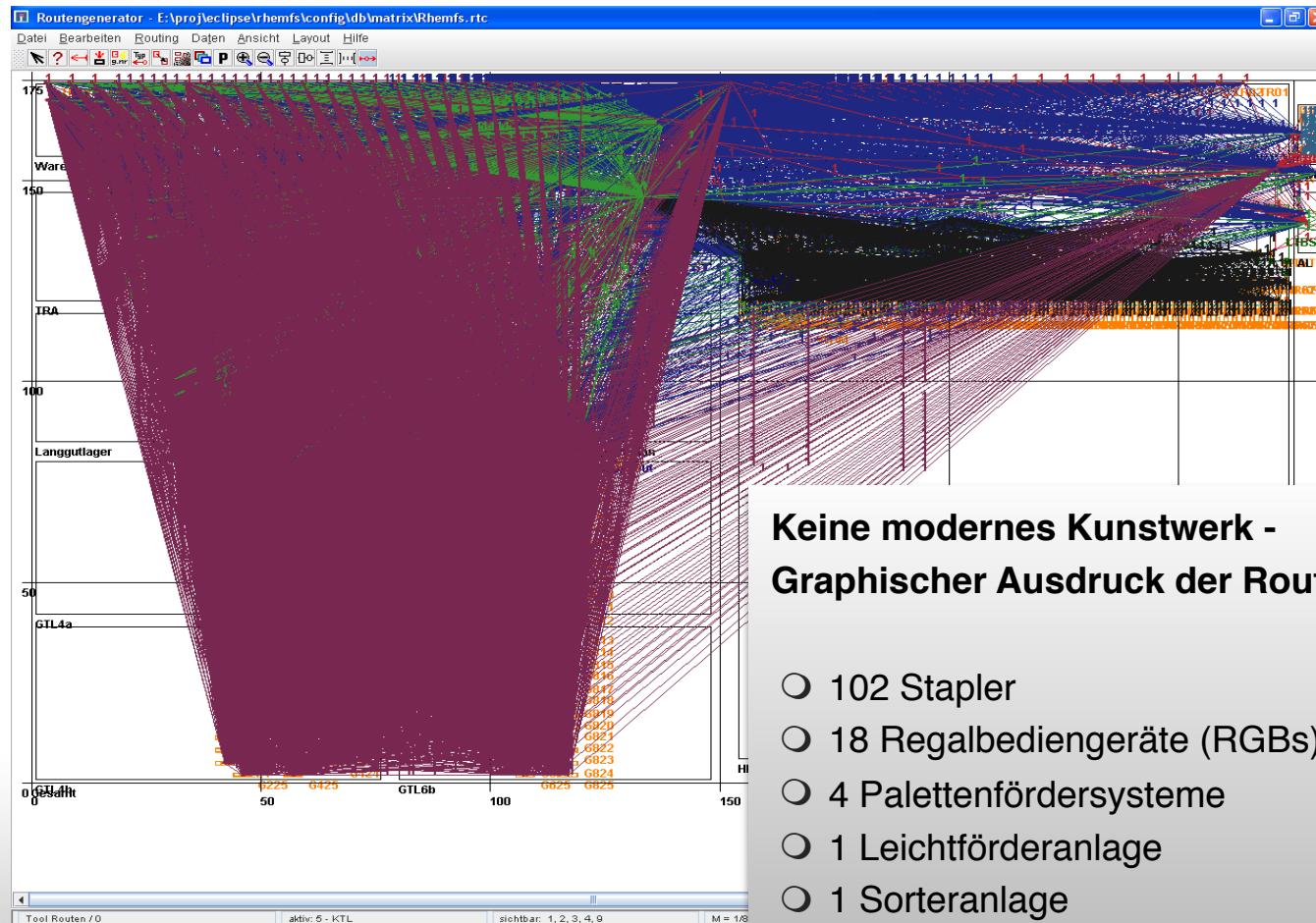
88.000 Quelle-Senke-Beziehungen

## **Durch die Routingtabelle und die stetige Weiterentwicklung werden heute Prozessreaktionszeiten von <15ms erreicht, d.h. ein MFCS bedient online:**

100 Stapler, 18 RGBs, 4 Palettenfördersysteme,  
1 Leichtförderanlage und 1 Sorter-Anlage

# Routengenerator / Routentabelle

Routengenerator erzeugt Kursbuch: Quelle/Ziel-Beziehungen.  
Routentabelle wird im MFC-System als Tabelle im Hauptspeicher abgelegt.





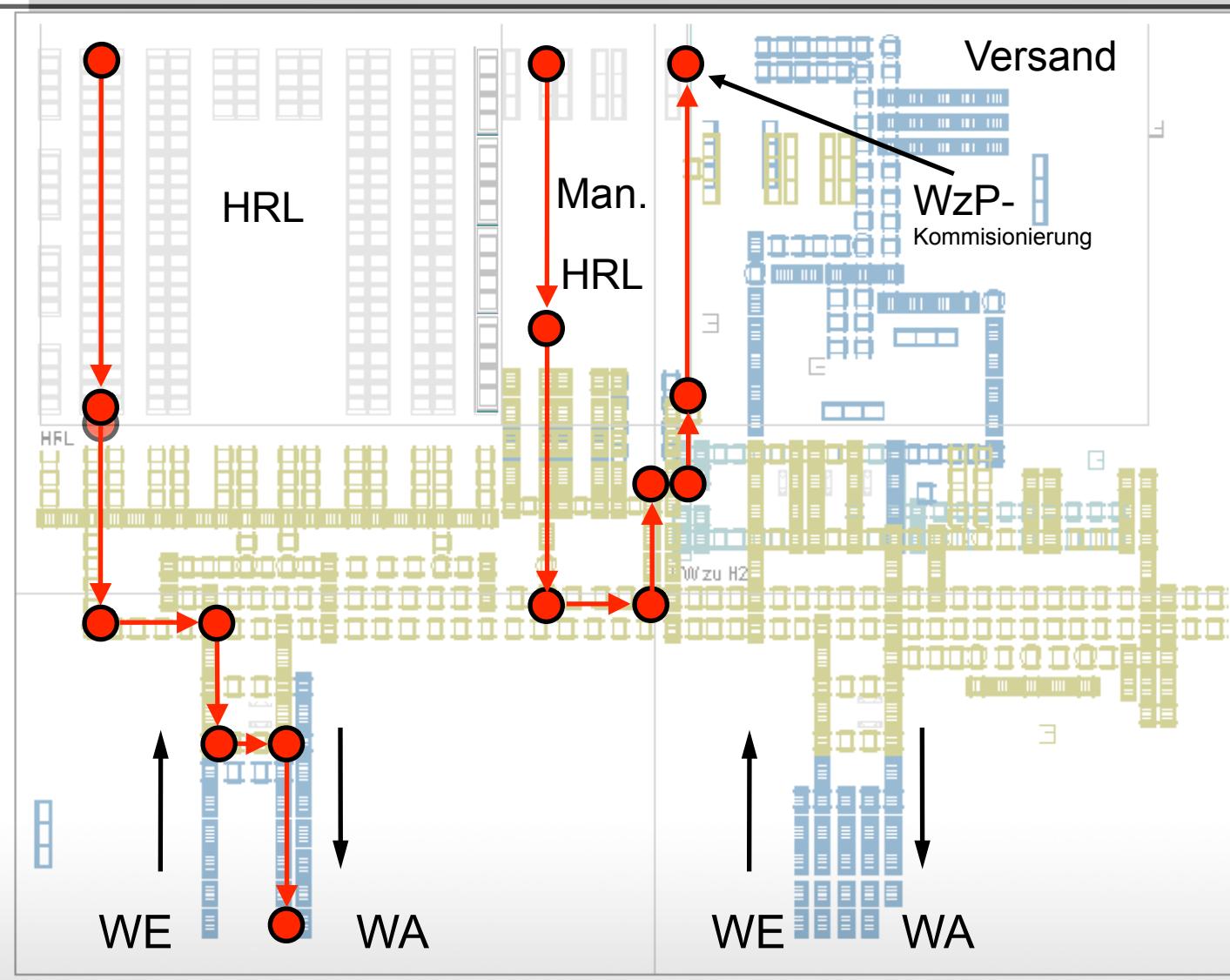
# MFCS im Hochlastbetrieb

---

Die Grundregel heißt:

- Ein Fahrauftrag wird vergeben, wenn auf der Strecke bis zum nächsten Zielpunkt die Kapazität ausreicht.
  
- Mit der Beauftragung wird der Quellplatz entlastet, der jetzt wieder neu belegt wird, indem ein wartender Transportauftrag zu diesem Punkt aktiviert wird.

# Anlage (Teilansicht)



Integriert  
Realisiert  
Geplant



# Zuteilung von Fahraufträgen an die MFCS

---

Was hilft das beste Routing,  
wenn keine planbaren Aufträge  
vorhanden sind?

Integriert

Realisiert

Geplant



- Mithören am Bestelltopf:**  
Nachschub auslösen und frühzeitig an MFCS weiterleiten
- Batchkommissionierung:**  
Zeitscheibenbildung nach zeitlicher Tourenbereitstellung im WA
- Reservieren von Eilbatches:**  
Die zeitgesteuert in den Tagesablauf eingebaut sind
- Raffen von Kundenaufträgen:**  
Mehrfachzugriff auf einen Artikel

... siehe Kapitel 5



# Fehler in der Planungsphase bei MFC-Systemen

## Die Erfahrung zeigt:

- Für einen einfachen gradlinigen Materialfluss wird zu wenig Zeit verwendet
- Hochkomplexe Sonderlocken werden hochgespielt
- Aus Planungsunsicherheit werden viel Funktionen für wenig Geld angestrebt
- Für systemverbessernde Maßnahmen nach der Hochlauf-Phase ist kein Budget vorhanden

## Aus der Praxis:

Konfliktsituation:  
Planer / Gewerke-Lieferant / IT-Realisierung

... siehe Kapitel 5

### Parametrierbarkeit

In welchem Betriebszustand wird welche Zuteil-Strategie für Aufträge auf freie Ressourcen verwendet?

- FIFO-Steuerung
- Prioritätssteuerung
- FIFO in der Prioritätssteuerung
- Ressourcensteuerung

### Erfahrung:

Ein komplexes MES ist auch von geübten Leitstands personal nicht steuerbar.



# Fehler in der Planungsphase

## Parametrierbarkeit

In welchem Betriebszustand wird welche Zuteil-Strategie für Aufträge auf freie Ressourcen verwendet?

### Die Lösung:

- Auf der Förderstrecke FIFO
- Auslagerung vom HRL PRIO

Integriert

Realisiert

Geplant

Wunsch nach unendlicher Vielfalt von Statistiken -  
Controller kommen zum Zug:

- langwierige Diskussionen in der Pflichtenheft-Phase
- Entwickler verbraten kostbare Zeit
- Implementierung kostet
- Nach der Hochlauf-Phase ändern sich die Fragestellung



# Auswertung und Datenverdichtung

---

Wunsch nach unendlicher Vielfalt von Statistiken -  
Controller kommen zum Zug:

**Abhilfe:**

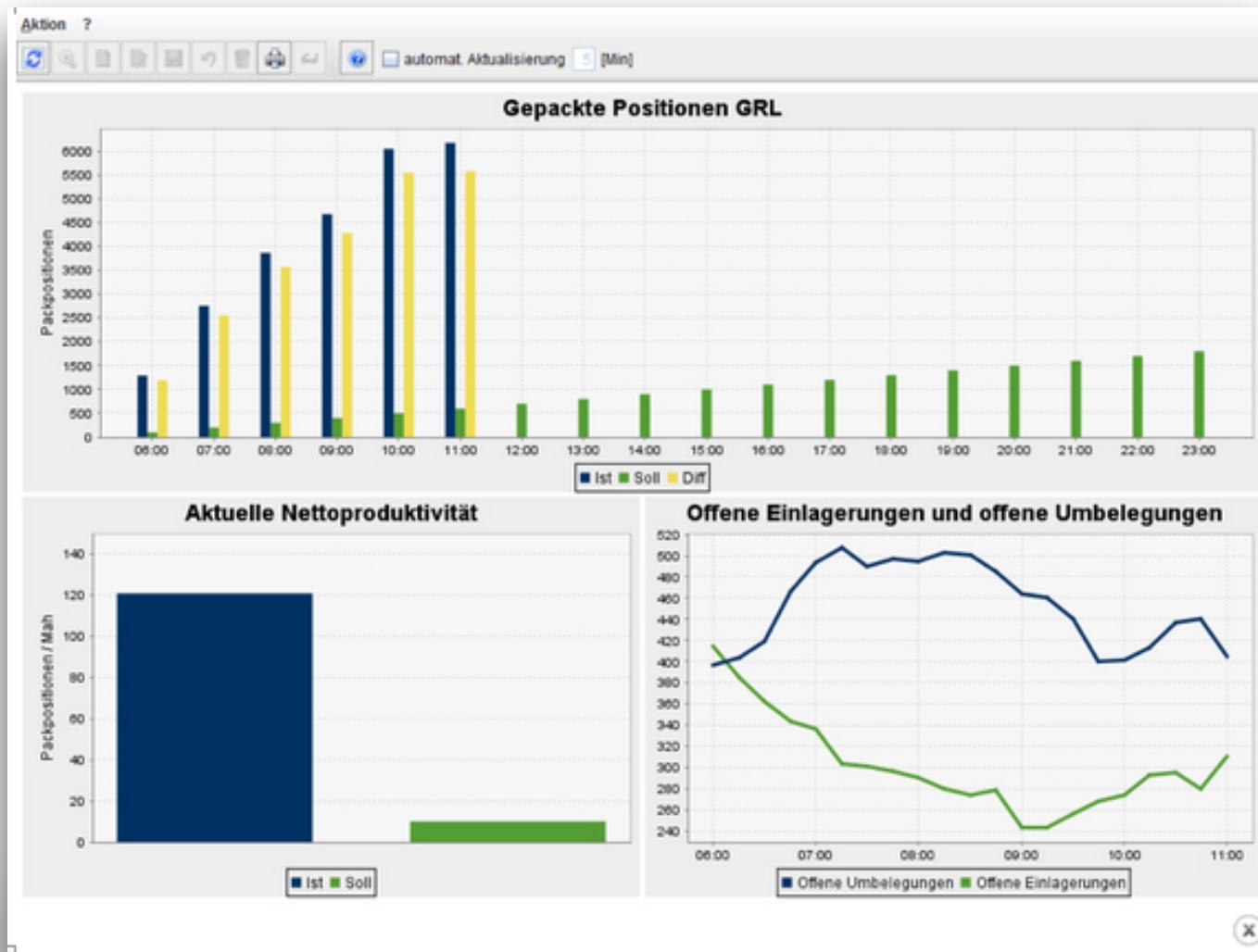
Logins aller Arten von Ereignissen, die stattfinden.

Auswertung und Datenverdichtung macht der Kunde  
auf PC-Basis selbst bunt in 3D.

Anmerkung: Analysemodell für die Geschäftsprozesse in Kapitel 5 & 6

# Beispiel Leitstands-Maske

Quelle: <http://www.tup.com/leitstand-control-panel>





In Projekten fehlt oft die klare Aufgabenteilung zwischen dem Transportsteuerungssystem und dem MFCS.

Entgegen der Fehleinschätzung vieler Projektverantwortlicher hat sich die Aufteilung...

- ein Ansprechpartner für die Anlagensteuerung und
- ein Ansprechpartner für das MFCS (Logik auf dem MFCS)

... in der Praxis bewährt.



## Vermeidung von Schnittstellenvielfalt im Projekt

---

- Heterogene Individualität führt zu Kostentreibern (Kapitel 1.3.1)
- Die Kopplung von Fremdsystemen zu SPSen sollte Stand der Technik sein. Sie wird über eine gesicherte Kopplungsschicht realisiert
- Der Nachrichtenaustausch und der Quittungsverkehr erfolgt über einen Streamsocket auf TCP/IP (weltweit problemlos nutzbar und auf jeder Plattform einsehbar - siehe Kapitel 4.2.3)
- Administration, Firewall, Tunneling

Integriert

Realisiert

Geplant



## Hohe Effizienz und Transparenz bei Inbetriebnahme und Wartung

- Die Inbetriebnahme wird entschärft, wenn Gewerbelieferanten und IT-Realisierer ein gemeinsames Lösungsverständnis entwickeln
- Hohe Effizienz und Transparenz bei der Inbetriebnahme und während der Wartung



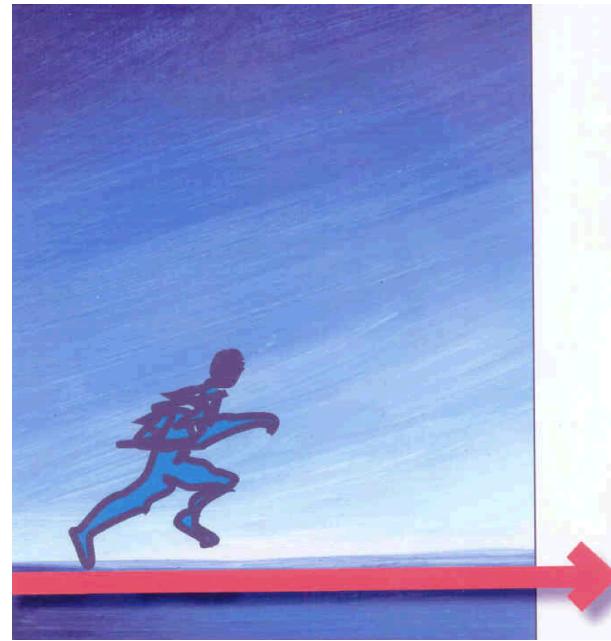
flexible Wartungstools,  
Transparenz für die Betreiber  
Remote-Zugriff (7d/24h)



**DR. THOMAS + PARTNER**  
GmbH & Co. KG [www.tup.com](http://www.tup.com)

## Auf der Zielgeraden zur „Schalschranklosen Fabrik“ - Industrie 4.0

Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas



## Auf dem Weg zur „Schaltschranklosen Fabrik“

- Der Trend entwickelte sich langsam in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts
- Digitale I/O wurden durch die Einführung von Bus-Systemen (z.B. Interbus, Phoenix, ...) dezentralisiert
- Power-Elektronik wanderte aus dem Schaltschrank zu den Antrieben
- Übrig blieb die Steuerungslogik und die Einspeisung

integriert

realisiert

geplant



## Der Stand der Technik heute:

- Ein Teil der Steuerungslogik ist im MFC (Server) angelegt
- Die Direction Control (F:DC) und die Facility Control (F:FC) sind Teil des Transportsystems (TS) und damit integrierte Bestandteile der SPS im Schaltschrank
- Die unterlagerte SPS führt die Fahraufträge aus, verbunden mit dem Nachteil der doppelten Datenhaltung innerhalb MFC und SPS

integriert

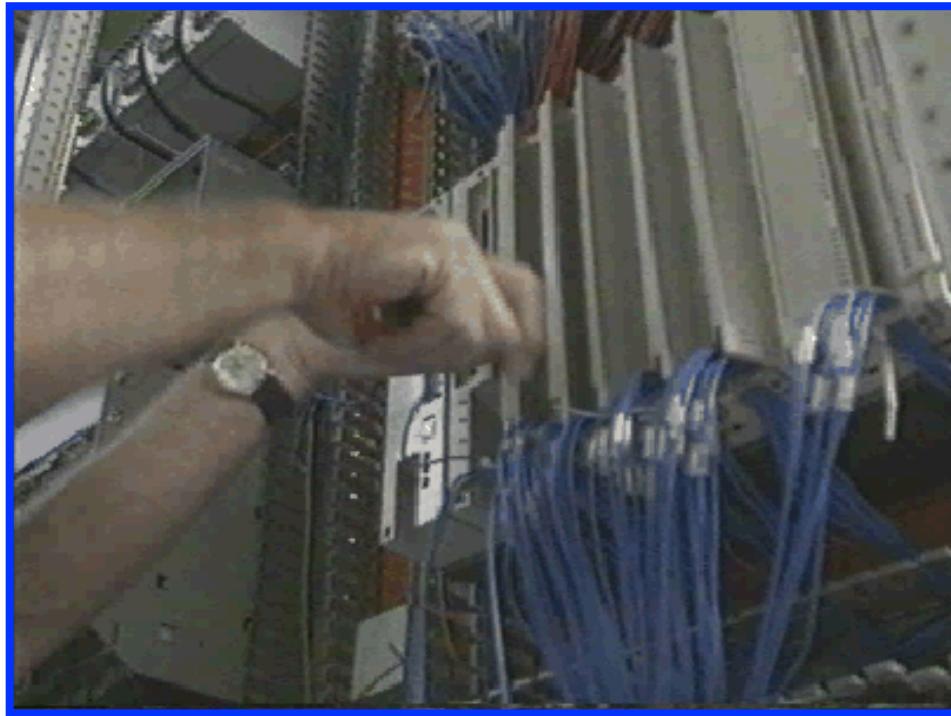
realisiert

geplant





# SPS - Montage im Schaltschrank



Integriert

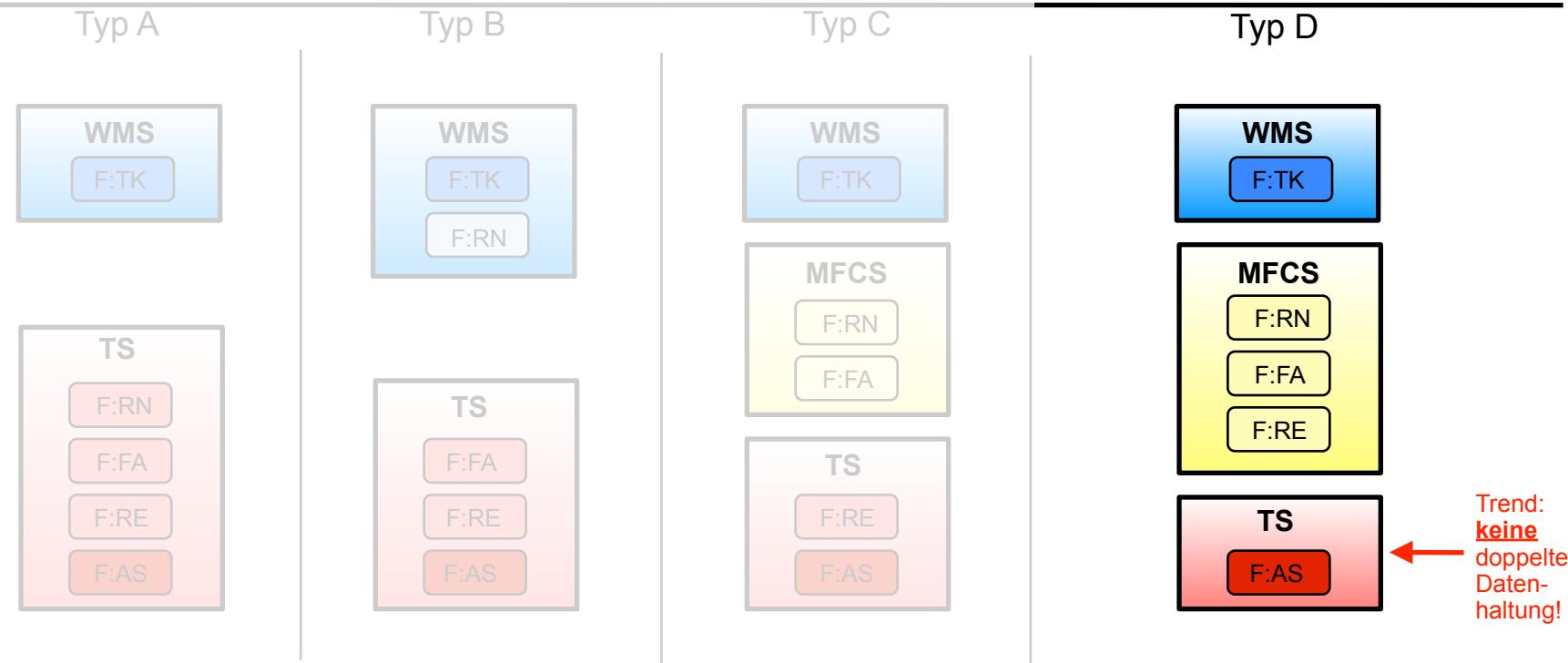
Realisiert

Geplant



# Funktionskonfigurationen (Neuer Ansatz Typ D)

**Neuer Ansatz:**



Typisch für völlig selbstständige Transportsysteme (z.B. Fahrerloses Transportsystem - FTS).

Sehr häufig verwendet in allen Arten von Anlagen (z.B. Staplerleitsystem - SLS, Palettenförderersystem - PFS oder Regalbediengerät - RBG).

Klassische Anwendung eines Materialflussrechners (MFCS). Die unterlagerte SPS führt die Fahraufträge aus.

**Neuer Ansatz:**  
**Keine doppelte Datenhaltung, mit dem Vorteil, dass die SPS überflüssig wird.**

## Nächster Schritt in Richtung „Schaltschrankloser Fabrik“

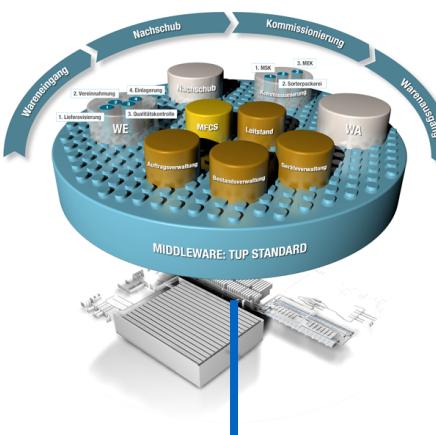
- Durch unsere stetige Weiterentwicklung des MFC erreichen wir heute Prozessreaktionszeiten <10 ms.
- Damit gelingt der neue Ansatz:
  - Die Steuerungslogik wandert aus dem Schaltschrank zur Physik
  - Jedes Conveyor-Element hat eine eigene Steuerungslogik
- Vorteil:
  - Im Schaltschrank bleibt nur die Einspeisung übrig
  - Keine doppelte Datenhaltung

integriert

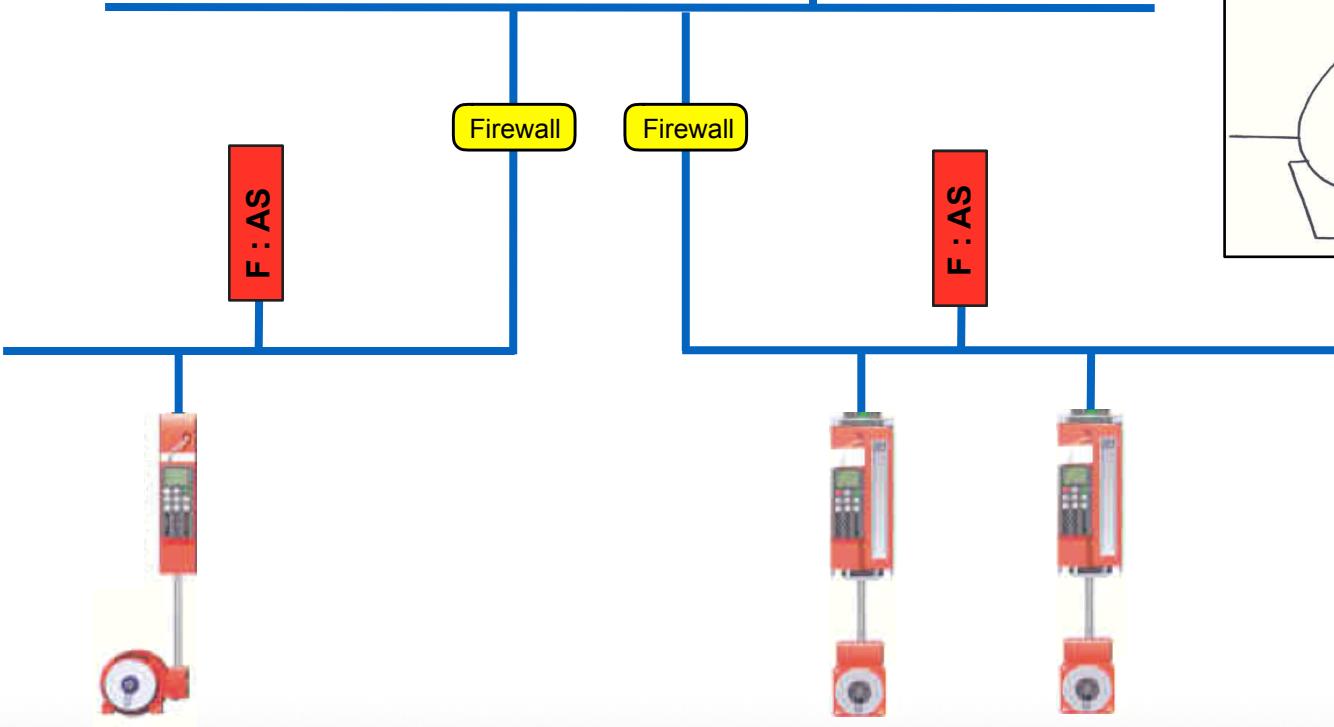
realisiert

geplant



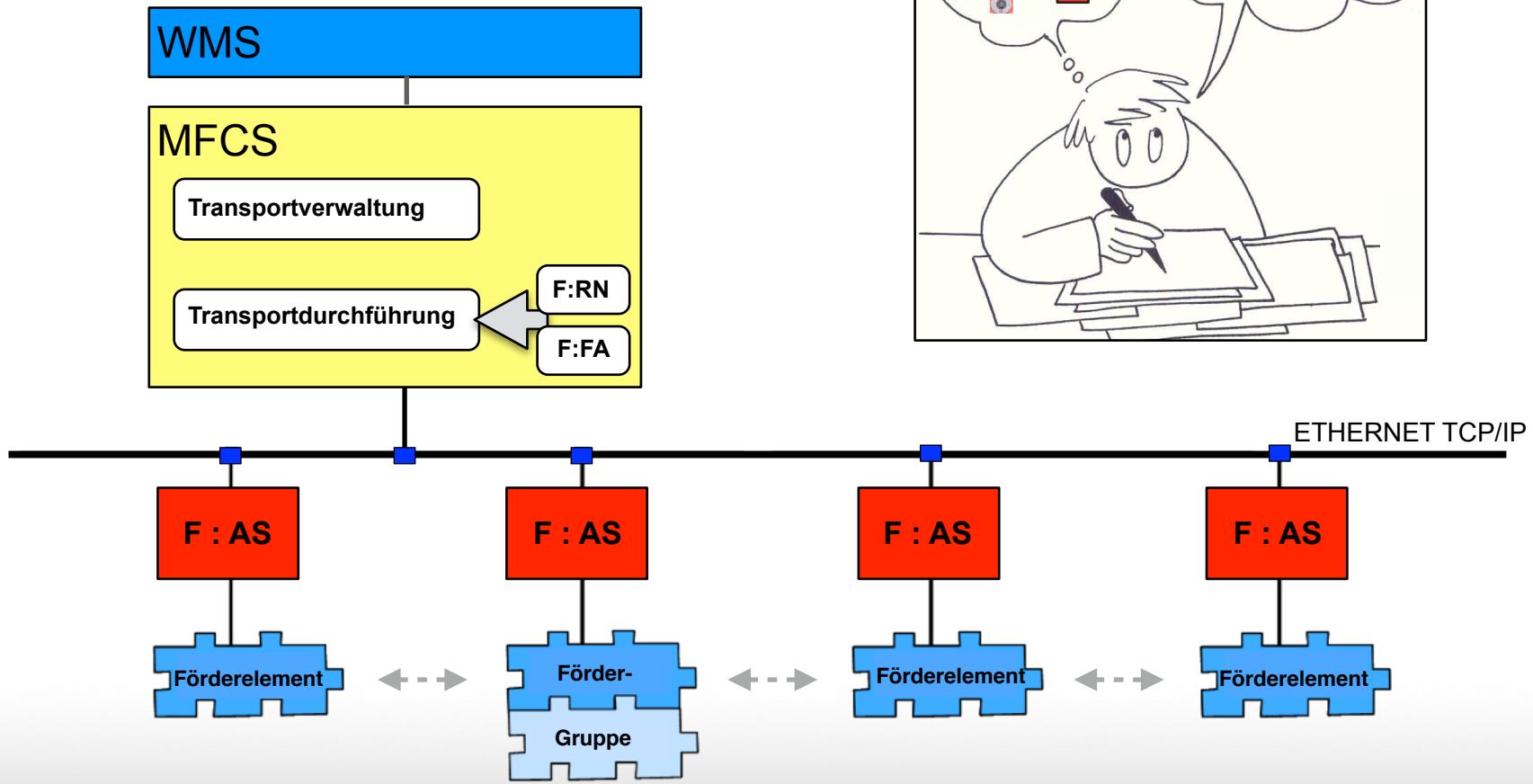


ETHERNET TCP/IP

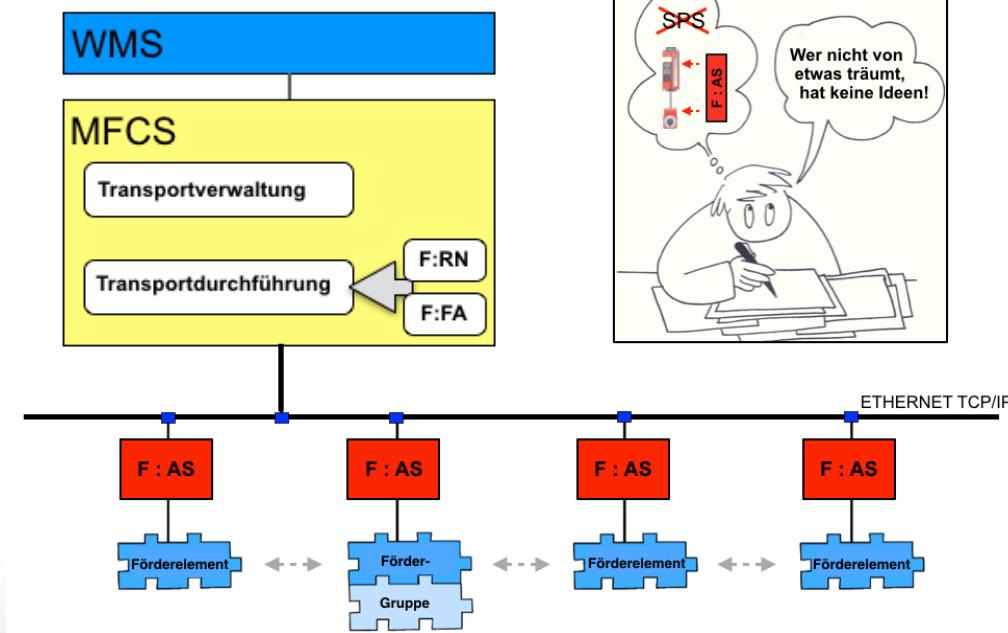


## Kommunikation über Industrial ETHERNET

## Neue Funktionskonfiguration

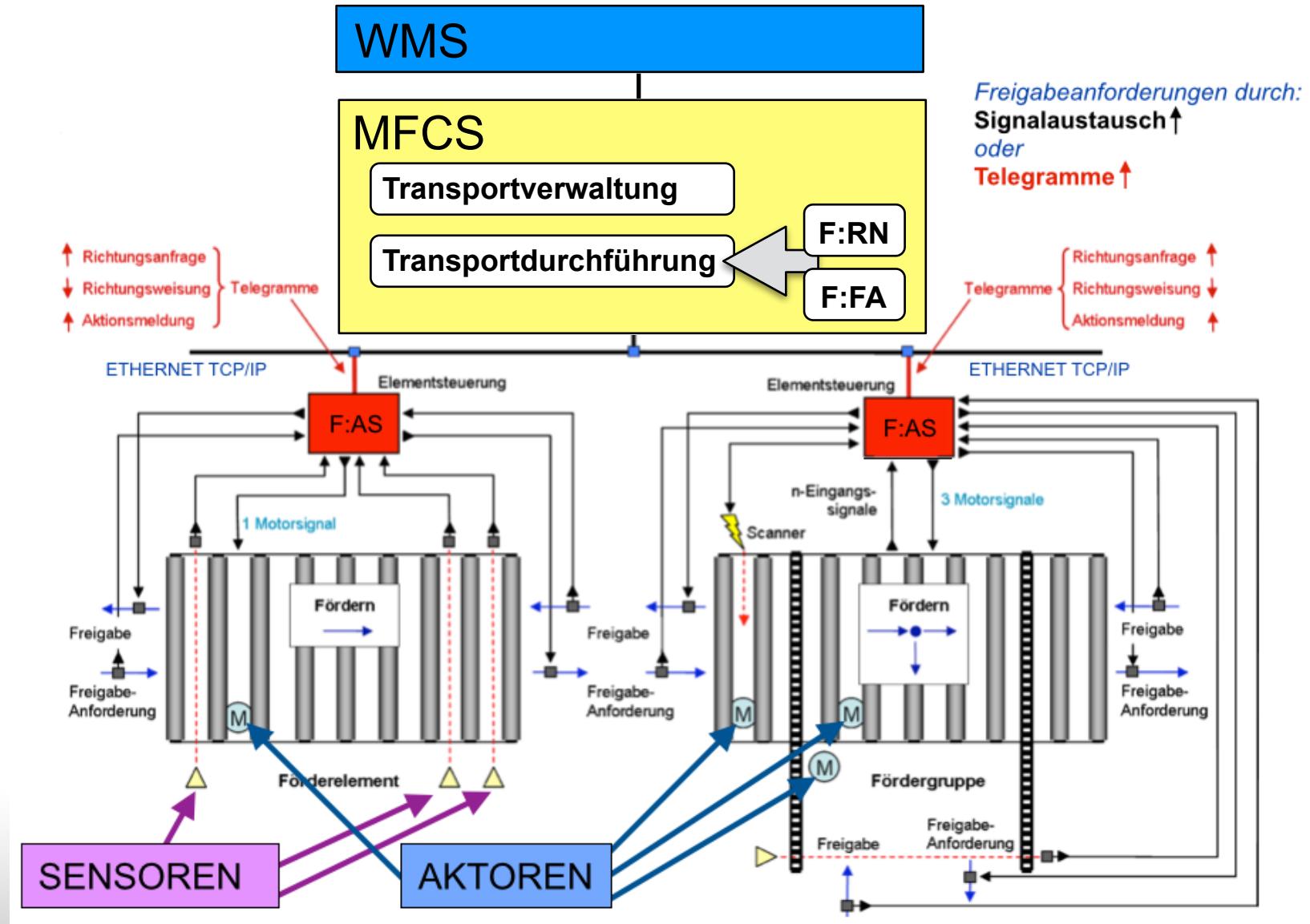


- Weiterentwicklung MFC:  
Reaktionszeiten < 10 ms
- **Neuer Ansatz:**  
MFC + ~~SPS~~ + F:AS
- F:AS?  
F:AS ist Bestandteil jedes  
Förderelements



# Funktionsmodularisierung - Industrie 4.0

Applikationsansatz: keine doppelte Datenhaltung



## PROZESSOPTIMIERUNG

- ▶ Fertigstellung der Förderelemente und Tests beim Hersteller
- ▶ Reduzierung der Inbetriebnahmezeiten vor Ort
- ▶ Schaltschrank dient nur zur Energieeinspeisung

## GREEN LOGISTICS

- ▶ Eine Armlänge vor der grünen Welle schwimmen

## Die Zukunft steuern!

## WIRTSCHAFTLICHKEIT

- ▶ Überdurchschnittliche Effizienzsteigerung durch intelligente Steuerungen (~~SPS~~)
- ▶ Erschließung völlig neuer Märkte auf Basis vorhandener Technologien
- ▶ Energieoptimierung

## PARTNERSCHAFT

- ▶ Erweiterung der Tätigkeitsbereiche und des Portfolios
- ▶ Zuverlässige Zusammenarbeit zwischen

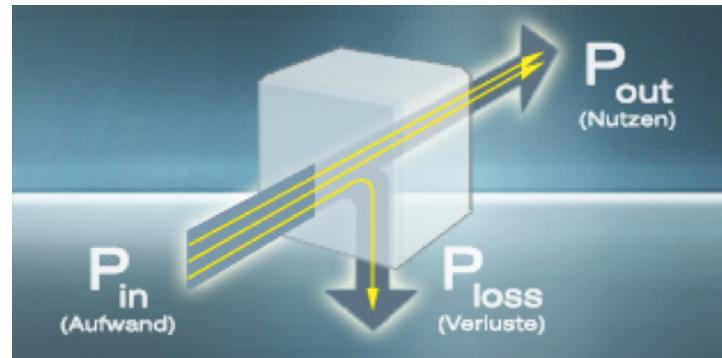
 **TUP** und  
seinen Kunden!

# Effizienzpotential bei elektrischen Antrieben

- Die Drehstrommotoren werden künftig weltweit in **vier Klassen** unterteilt.

- IE 1 für Standardwirkungsgrad
- IE 2 für gehobenen Wirkungsgrad
- IE 3 für Premiumwirkungsgrad
- IE 4 für Super Premiumwirkungsgrad

IE 4 wird noch nicht von allen Herstellern erreicht

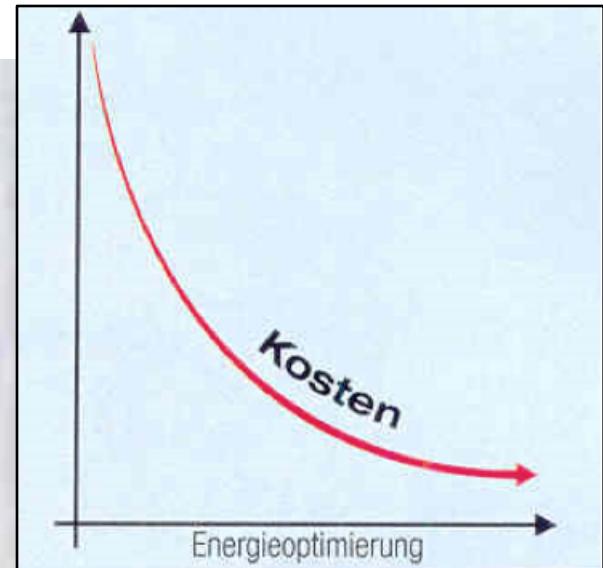
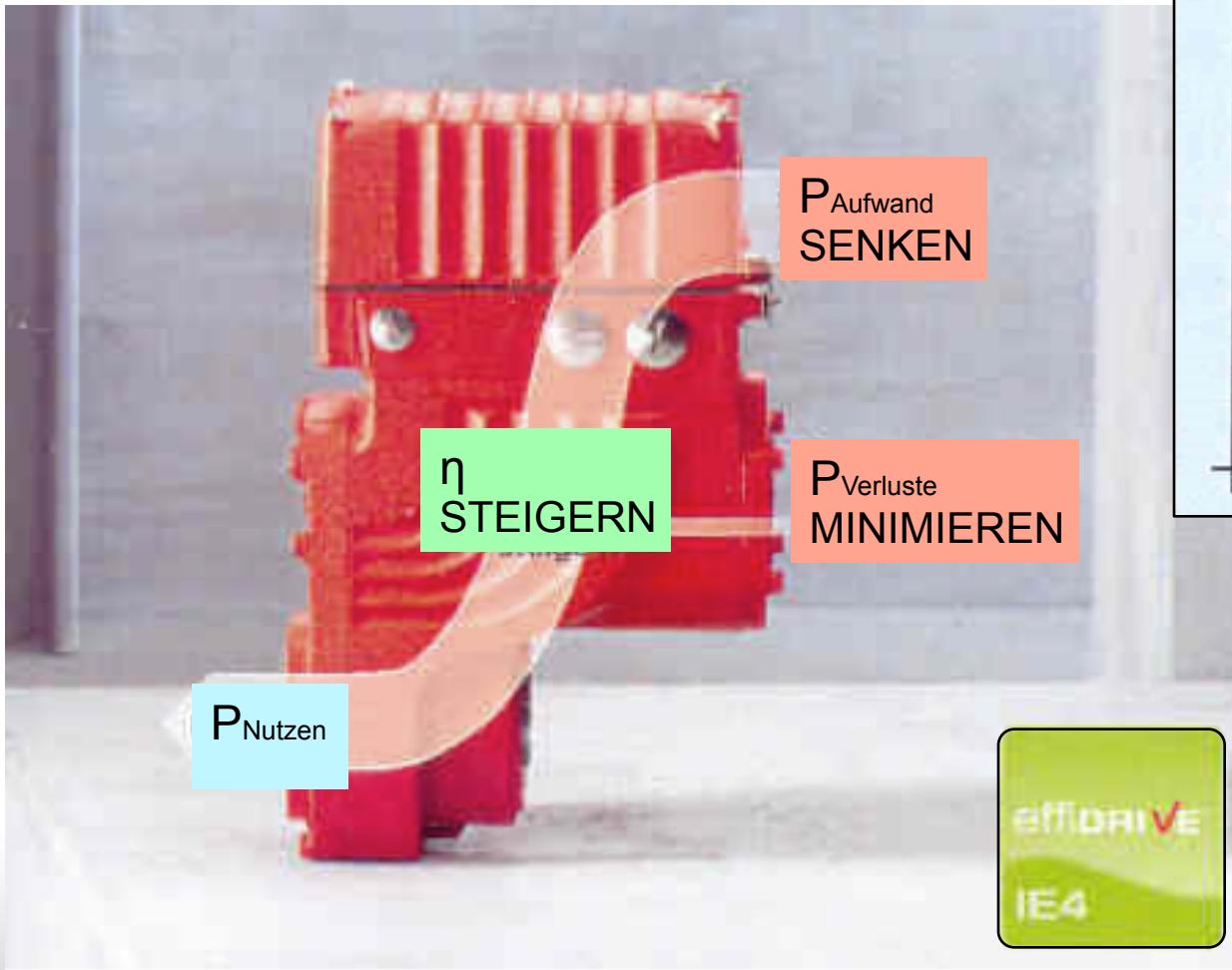


- Mit dem Wirkungsgrad wird die Effizienz von Elektromotoren bei der Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie beschrieben.
- Die EUP-Richtlinie (Ecodesign) verabschiedete, dass **ab Juni 2011** in Europa nur noch Energiesparmotoren der **Wirkungsgradklasse IE 2** in Verkehr gebracht werden dürfen.

Quellen: IEC, DENA, DKE, SEW, ZVEI

# Gesamtwirkungsgrad - Motor, Getriebe, Regelung

$$P_{\text{Aufwand}} = P_{\text{Nutzen}} + P_{\text{Verluste}}$$



Gesamtwirkungsgrad ist abhängig vom Motor, Getriebe und Regelung.

Energiekosten reduzieren durch gesteigerten Gesamtwirkungsgrad.

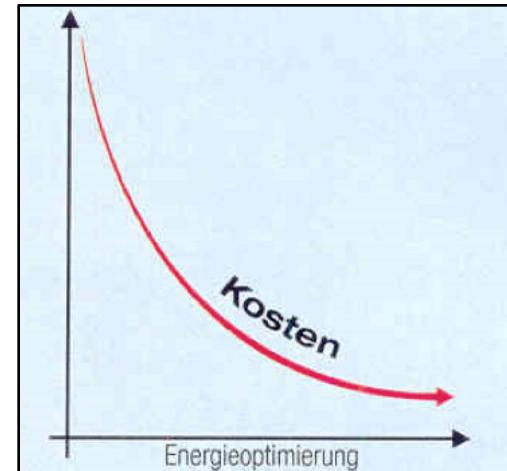
Quelle: SEW

## Beispiel:

Die Lösung für den horizontalen Transport

Aktuelle Messungen an einem Gurt-Förderer im Rahmen eines Gepäckförderersystems in der Flughafenlogistik belegen:

- ▶ eine durchschnittliche Reduzierung der Leistungsaufnahme um ca. 4.400 kWh/a je Antrieb
- ▶ eine Senkung des Energieverbrauchs um 55%
- ▶ eine CO<sub>2</sub> Emissionsreduzierung von 2391 Kg je Antrieb pro Jahr
- ▶ Energiekosten-Ersparnis von 536,00 € je Antrieb pro Jahr



Gesamtwirkungsgrad ist abhängig vom Motor, Getriebe und Regelung.

Energiekosten reduzieren durch gesteigerten Gesamtwirkungsgrad.

Quelle: SEW



# Aspekte der Wiederverwendbarkeit bei der Softwareentwicklung moderner Materialfluss-Systeme

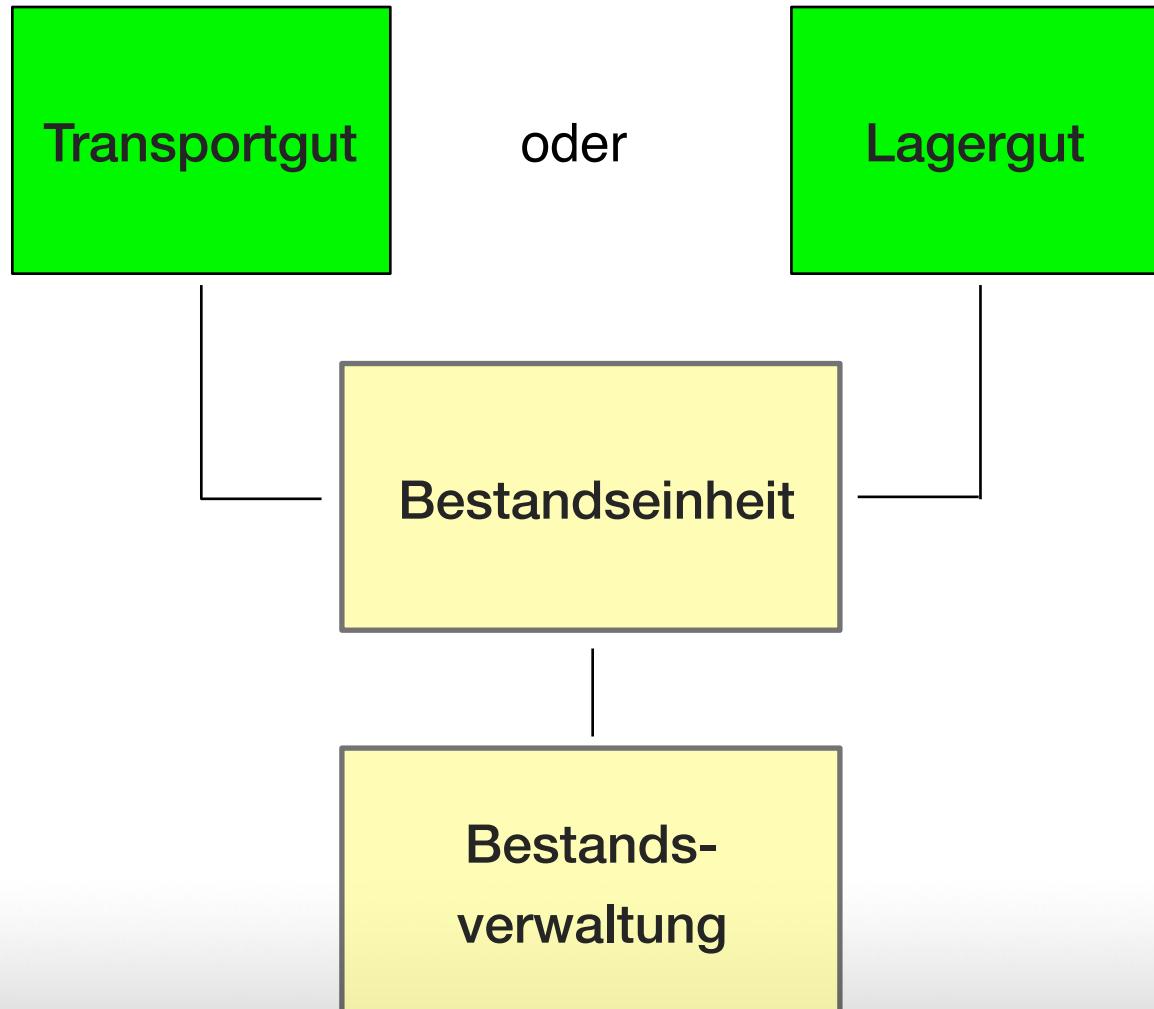
## Ausblick auf Kapitel 6:

Im Rahmen der Wiederverwendbarkeit sind die Verfahren um die Standardsoftware und Standardsoftware-Bausteine zu einem lauffähigen Kundensystem zusammenzustellen von enormer Wichtigkeit. Die dabei verwendeten Customizing-Verfahren unterteilen sich in:

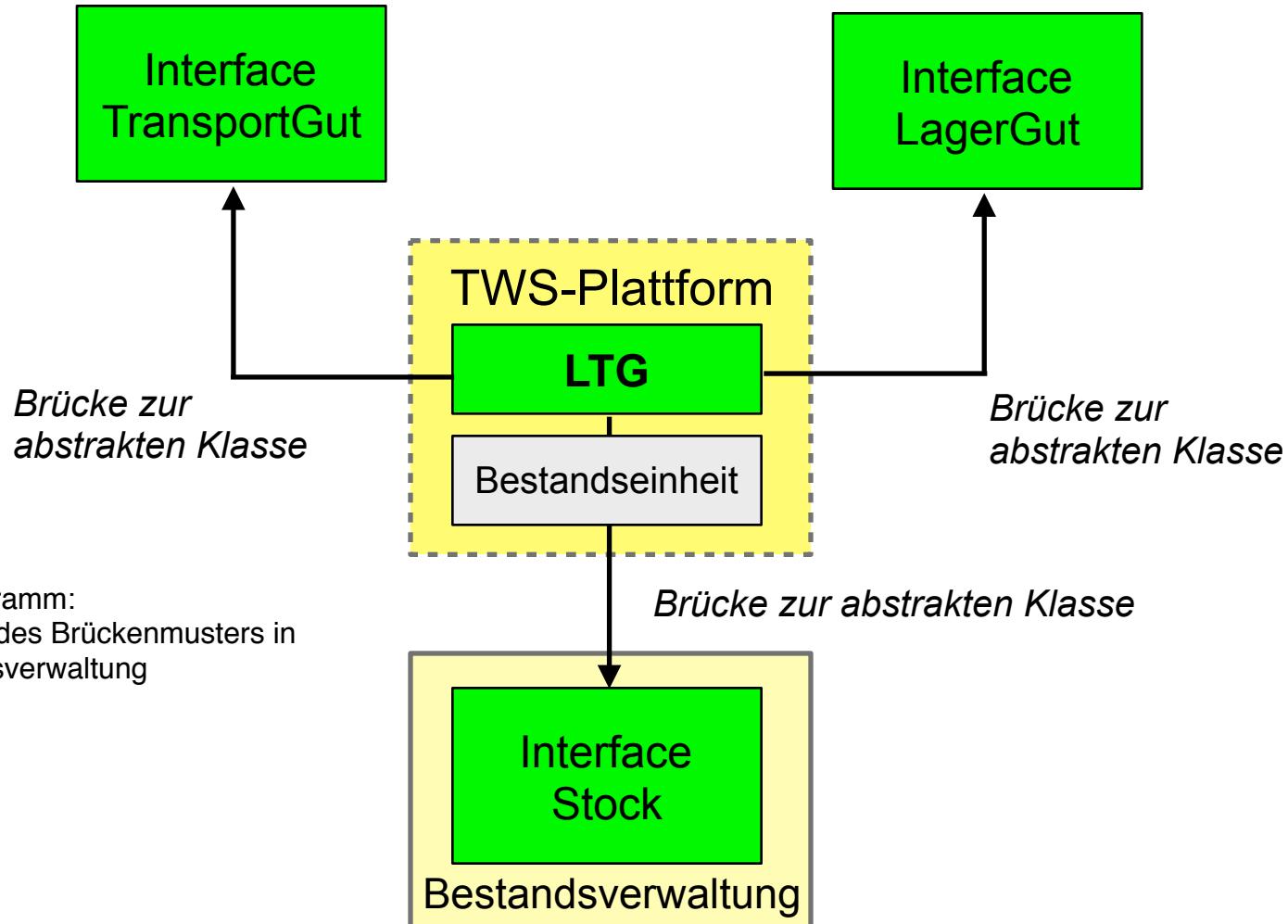
- Programmtechnische Verfahren und
- Datentechnische Verfahren.

Unter den Programmtechnischen Verfahren ist das **Entwurfsmuster** (englisch: Design Pattern) eine bewährte Schablone für eine wiederverwendbare Vorlage zur Problemlösung. Entstanden ist der Begriff in der Architektur und wurde später für die Software-Entwicklung übernommen.

# Verbindung Transportverwaltung / Transportdurchführung



# Verbindung von Transportverwaltung und Platzverwaltung über die Klasse LTG



Klassendiagramm:  
Anwendung des Brückenmusters in  
der Bestandsverwaltung

Softwareentwicklung nach industriellen Maßstäben,  
erhöht die Planungsintelligenz bei Intralogistik-Systemen



# Aspekte der Wiederverwendbarkeit bei der Softwareentwicklung moderner Materialfluss-Systeme

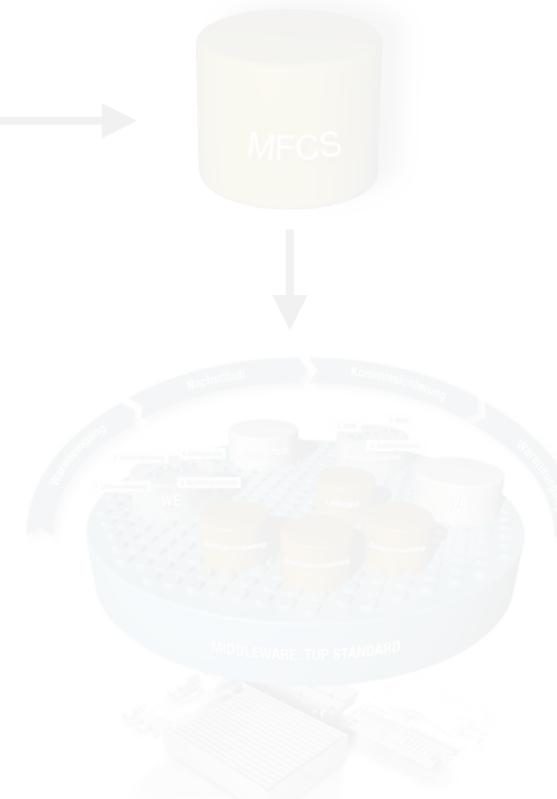
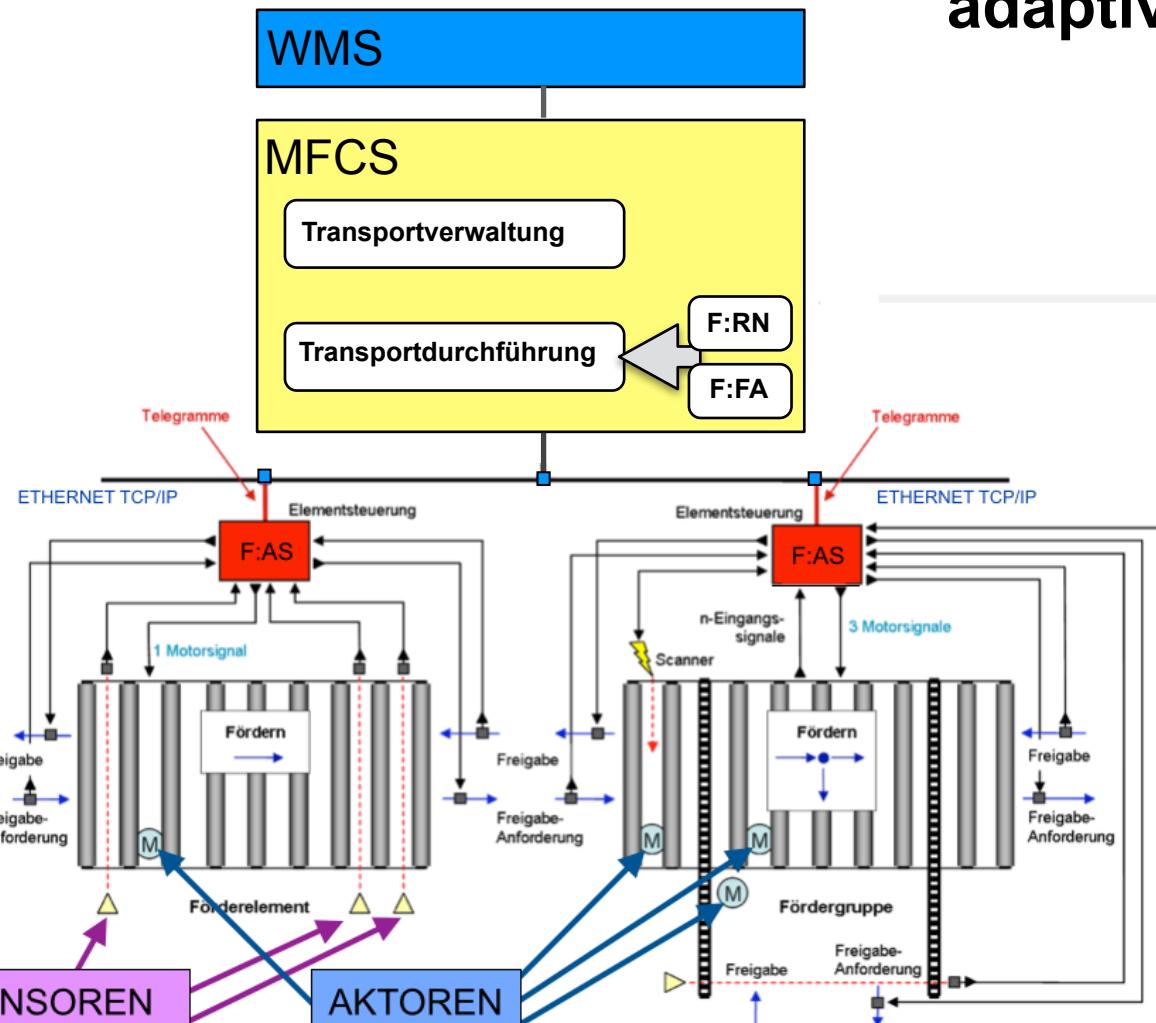
## Ausblick auf Kapitel 6:

Im Rahmen der Wiederverwendbarkeit sind die Verfahren um die Standardsoftware und Standardsoftware-Bausteine zu einem lauffähigen Kundensystem zusammenzustellen von enormer Wichtigkeit. Die dabei verwendeten Customizing-Verfahren unterteilen sich in:

- Programmtechnische Verfahren und
- Datentechnische Verfahren.

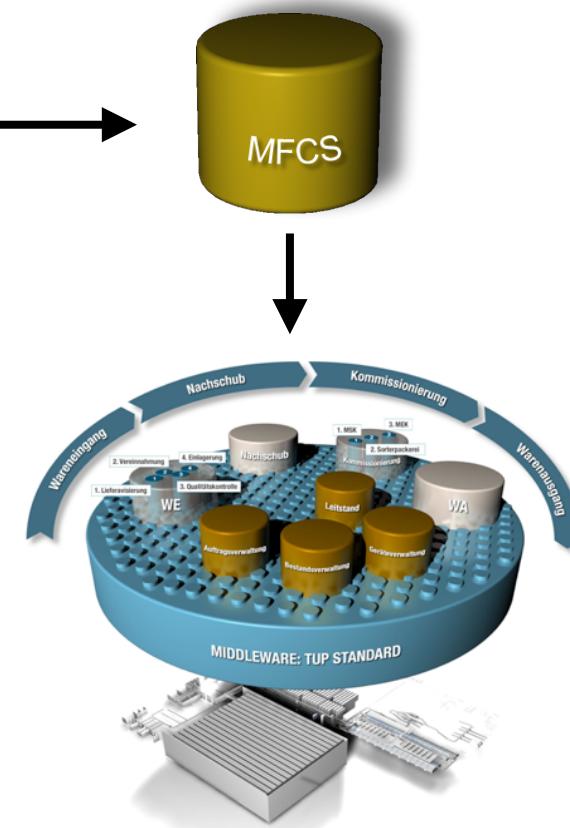
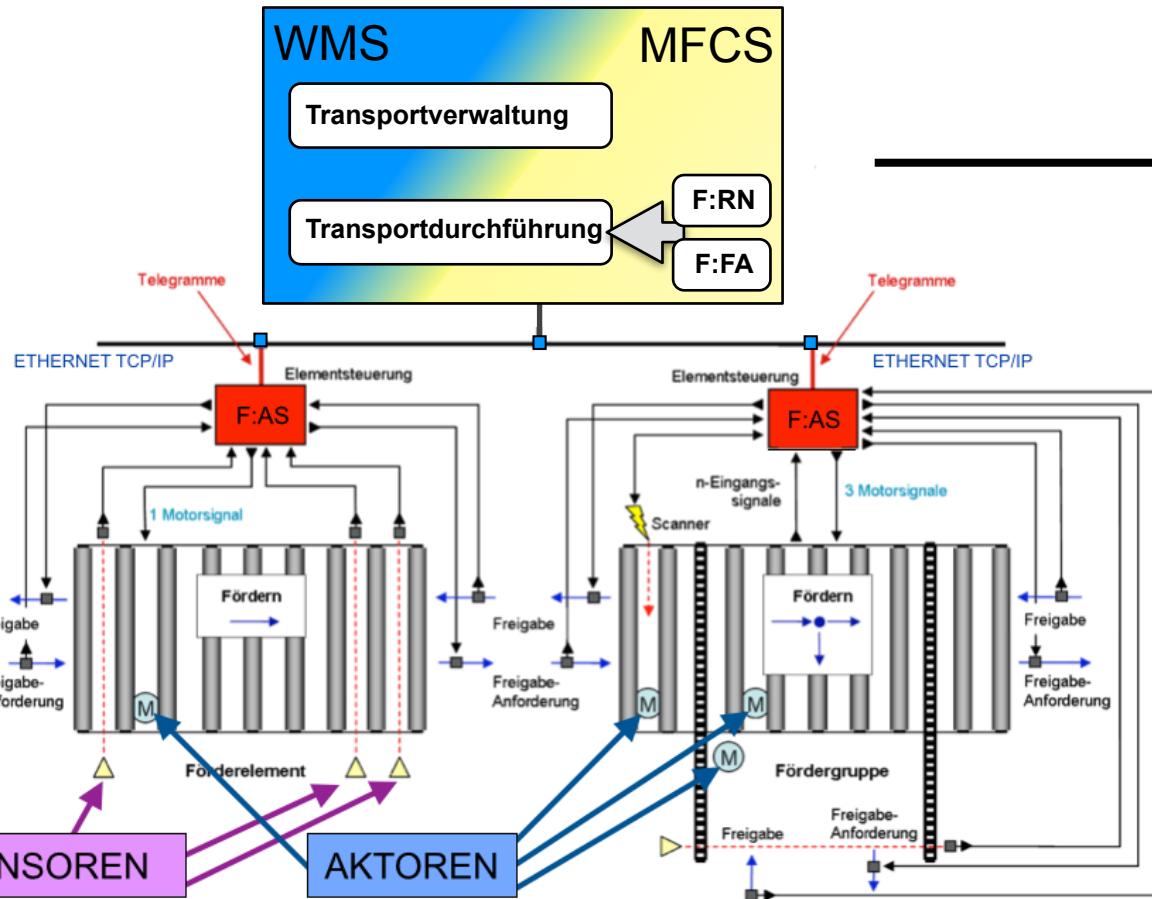
Unter den Programmtechnischen Verfahren ist das **Entwurfsmuster** (englisch: Design Pattern) eine bewährte Schablone für eine wiederverwendbare Vorlage zur Problemlösung. Entstanden ist der Begriff in der Architektur und wurde später für die Software-Entwicklung übernommen.

# Komponenten-Architektur adaptiver MFC-Systeme



TWS-Plattform

# Komponenten-Architektur adaptiver MFC-Systeme



TWS-Plattform

Integriert  
Realisiert  
Geplant

- E-Commerce wird ein außerordentliches Wachstum prognostiziert
- Wachstum p.a. über 130%

**Der Materialfluss steht im Mittelpunkt**

„Und schon sind wir alle Teilnehmer dieser Party.“



## Was hat Electronic Commerce mit Materialflussteuerung zu tun?

Über das Web wird der Umsatz generiert

Die bestellten Waren werden „gebeamt“

soweit Science-fiction