



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



Karlsruhe Institute of Technology



**Institut für Fördertechnik  
und Logistiksysteme**  
Universität Karlsruhe (TH)

Vorlesung:

# IT-Grundlagen der Logistik 2017

Kapitel 2: Gestaltung und Einsatz innovativer MFCS

Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas

Dr. Thomas + Partner GmbH & Co. KG, Stutensee / Karlsruhe

Karlsruhe, den 03.05.2017

[www.tup.com](http://www.tup.com)



# Aufgaben der Materialflusssteuerung

---

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.



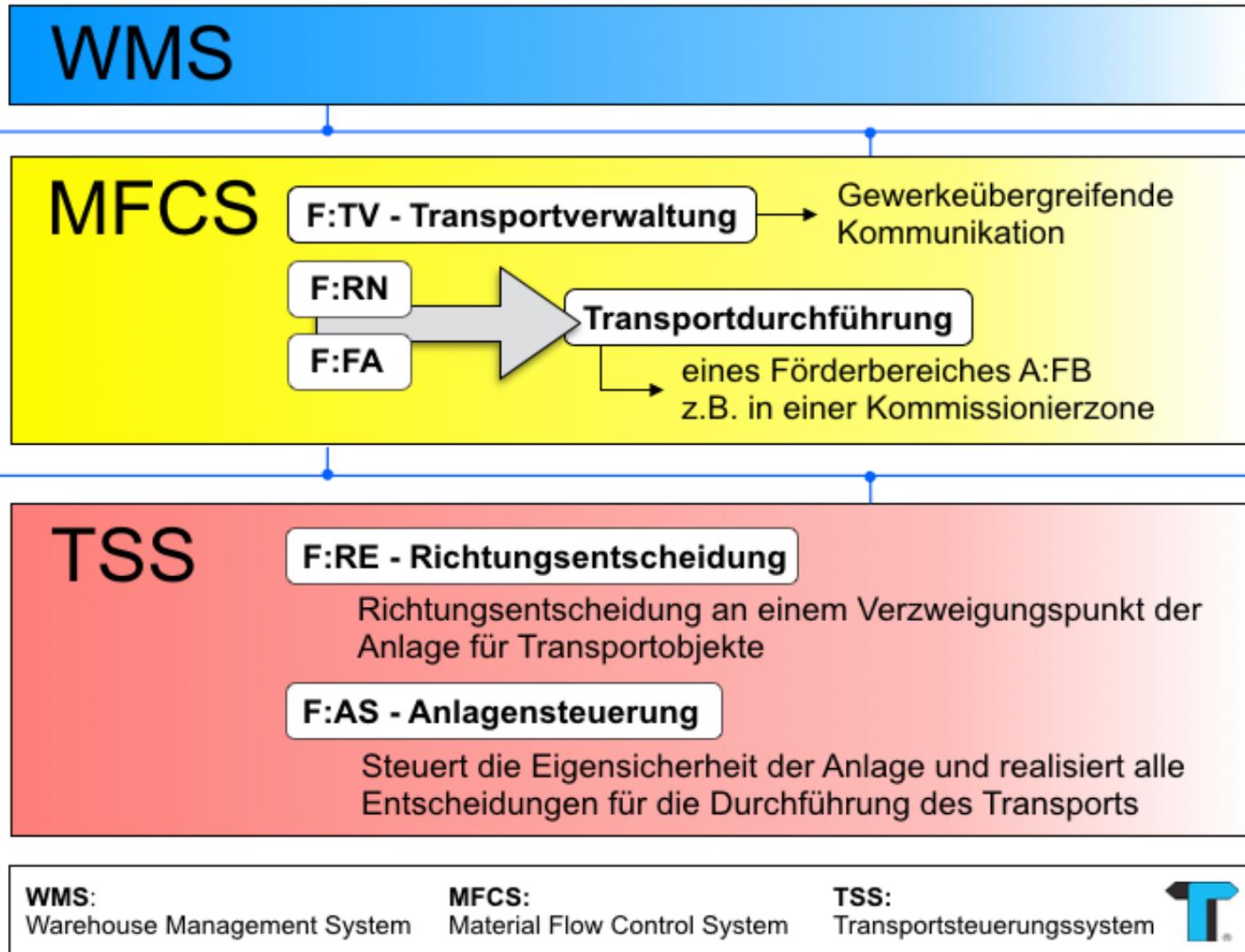
# MFCS (Material Flow Control System) als Dienstleistung für ein Distributionssystem

---

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



# Beziehungen zwischen Transportverwaltung, Transportdurchführung und Transportsteuerungssystem



Integriert

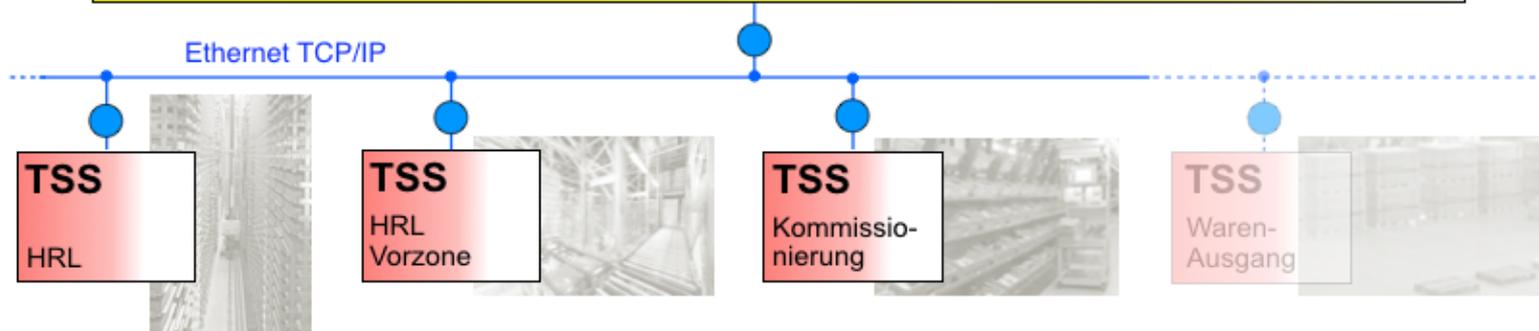
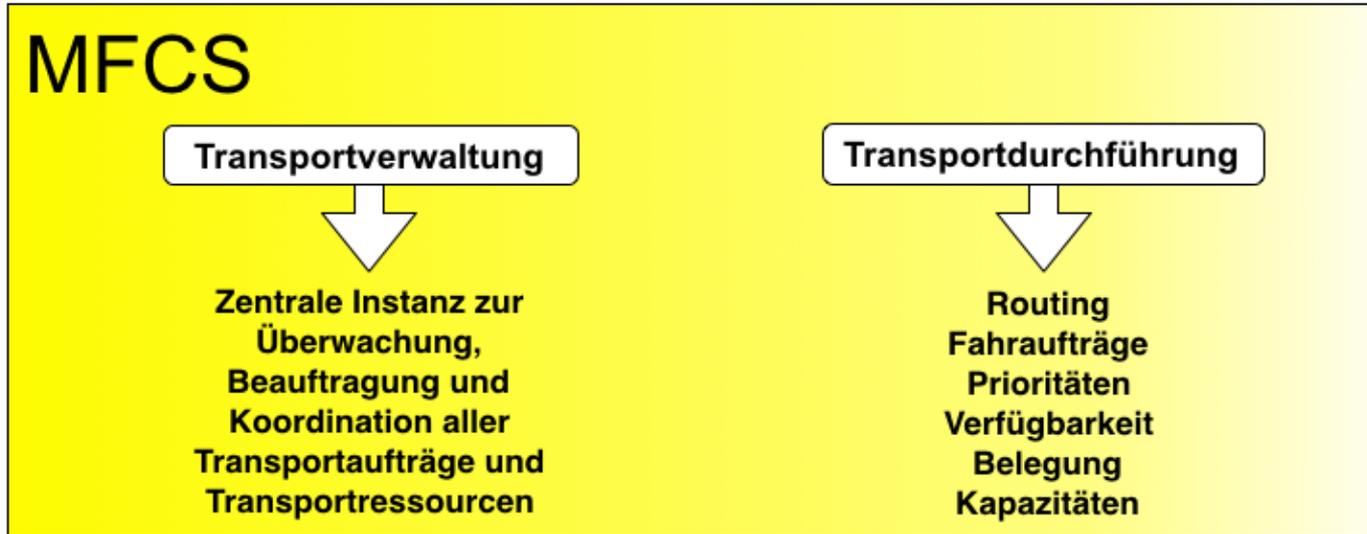
Realisiert

Gepplant

siehe Kapitel 1



# Aufgabenzuordnung des MFCS



<b>MFCS:</b> Material Flow Control System	<b>TCP/IP:</b> Übertragungssystem
<b>TSS:</b> Transportsteuerungssystem	<b>TP-RADT:</b> gesicherte Kopplungsschicht



Integriert

Realisiert

Geplant



# Grundlagen der MFCS-Entwicklung

---

## Ansätze bei der Modellentwicklung für eine standardisierte Lösung

- Abbildung in einem hierarchischen Konzept
- Wiederverwendbarkeit durch objektorientierte Strukturmuster



# Modellentwicklung für eine standardisierte Lösung

---

## 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.

The screenshot displays the 'Routengenerator' software interface. The main window shows a detailed plant layout with various components and connections. Two dialog boxes are open:

**Kursbuch verfolgen**

Transport  
Standort: KR04  
Endziel: WM11  
Transportguttyp: ALLE - alle Transportguttypen

Routen

Sto	EndZ	TgTyp	=>	Zwiz	TTyp	EKst	QaC	ZaC	SWg
KR04	WM11	*	über	P112	PFST-P...	80	1	1	N
KR04	WM11	*	über	P111	PFST-P...	80	1	1	J
KR04	WM11	*	über	P113	PFST-P...	83	1	1	J
KR04	WM11	*	über	P114	PFST-P...	85	1	1	J
KR04	WM11	*	über	KO11	PFST-P...	191	1	1	J

**Weg ändern**

Punkte  
Anfang: AR04 E4-HRL  
Ende: KR04 E4-HRL

Wegdaten  
Transportertyp: PFST-PFS - PFS  
Transportguttyp: ALLE - alle Transportgüter

Weglänge: 5  Vorgabe konstant  
Aktionscode: 1  Vorgabe konstant  
Drehwinkel: 0.0  Drehtisch  
Beschreibung:

The interface also shows a status bar at the bottom with the following information: Tool Routen / 0, aktiv: 5 - KTL, sichtbar: 1, 2, 3, 4, 9, M = 1/134,27, X = 100,56, Y = 121,97.

Integriert

Realisiert

Geplant



# Modellentwicklung für eine standardisierte Lösung

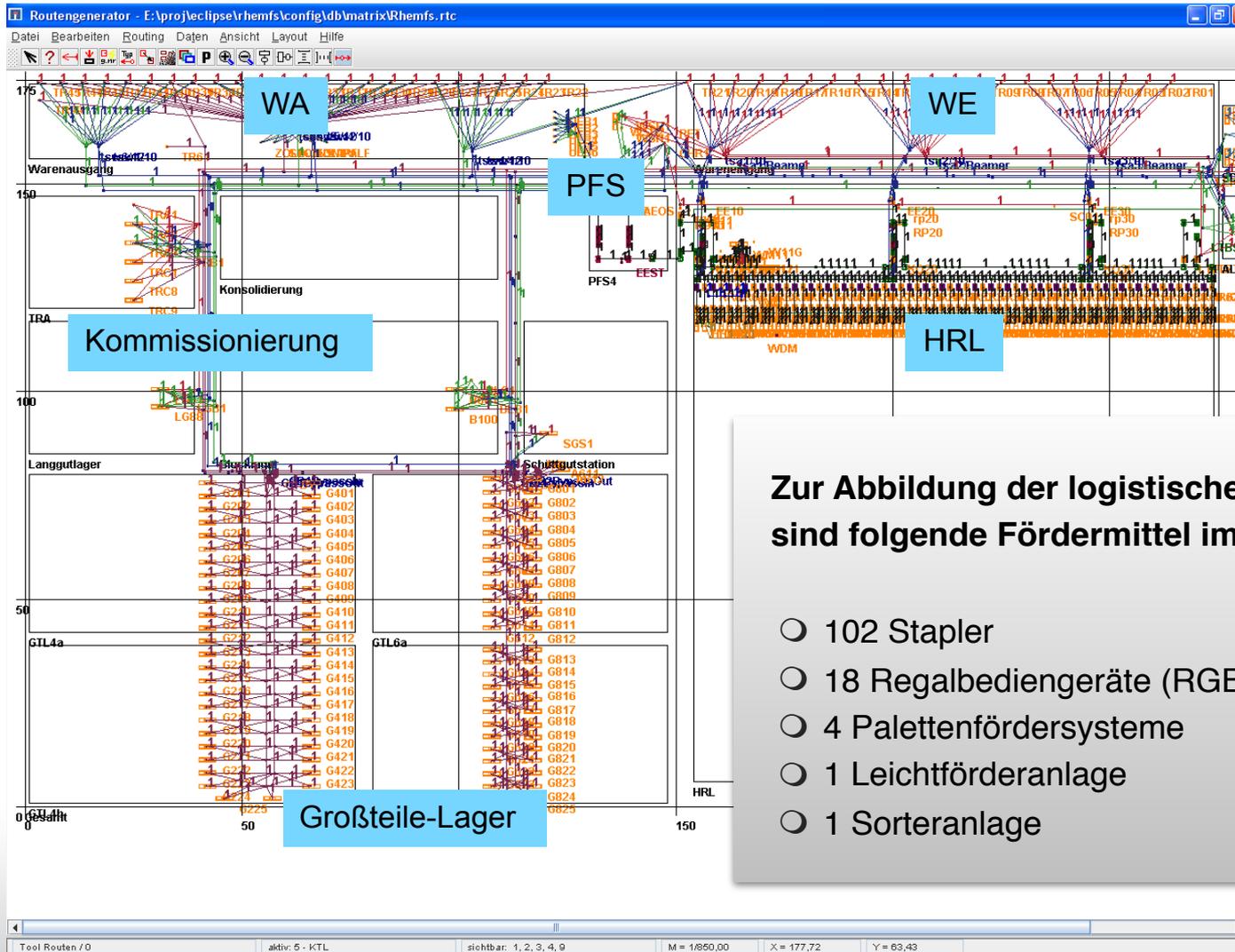
---

## Rekursives Routing - Rutengenerator

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



# Praxisbeispiel: Groblayout eines Distributionszentrums



Zur Abbildung der logistischen Prozesse sind folgende Fördermittel im Einsatz:

- 102 Stapler
- 18 Regalbediengeräte (RGBs)
- 4 Palettenfördersysteme
- 1 Leichtförderanlage
- 1 Sorteranlage



# Rekursives Routing - Routengenerator

---

## □ 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

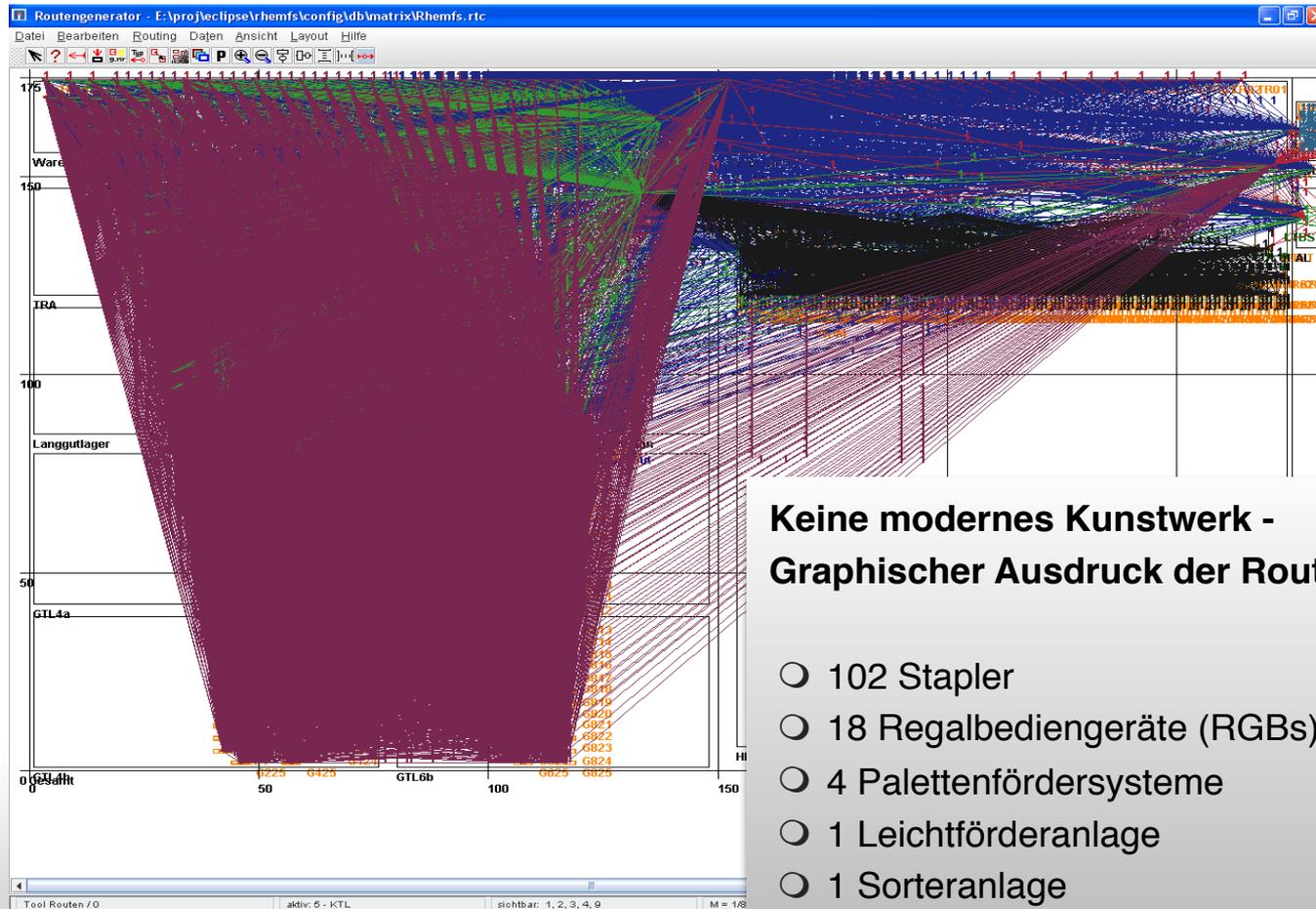
## □ Durch die Routingtabelle und die stetige Weiterentwicklung werden heute Prozessreaktionszeiten von <15ms erreicht, d.h. ein MFCS bedient online:

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

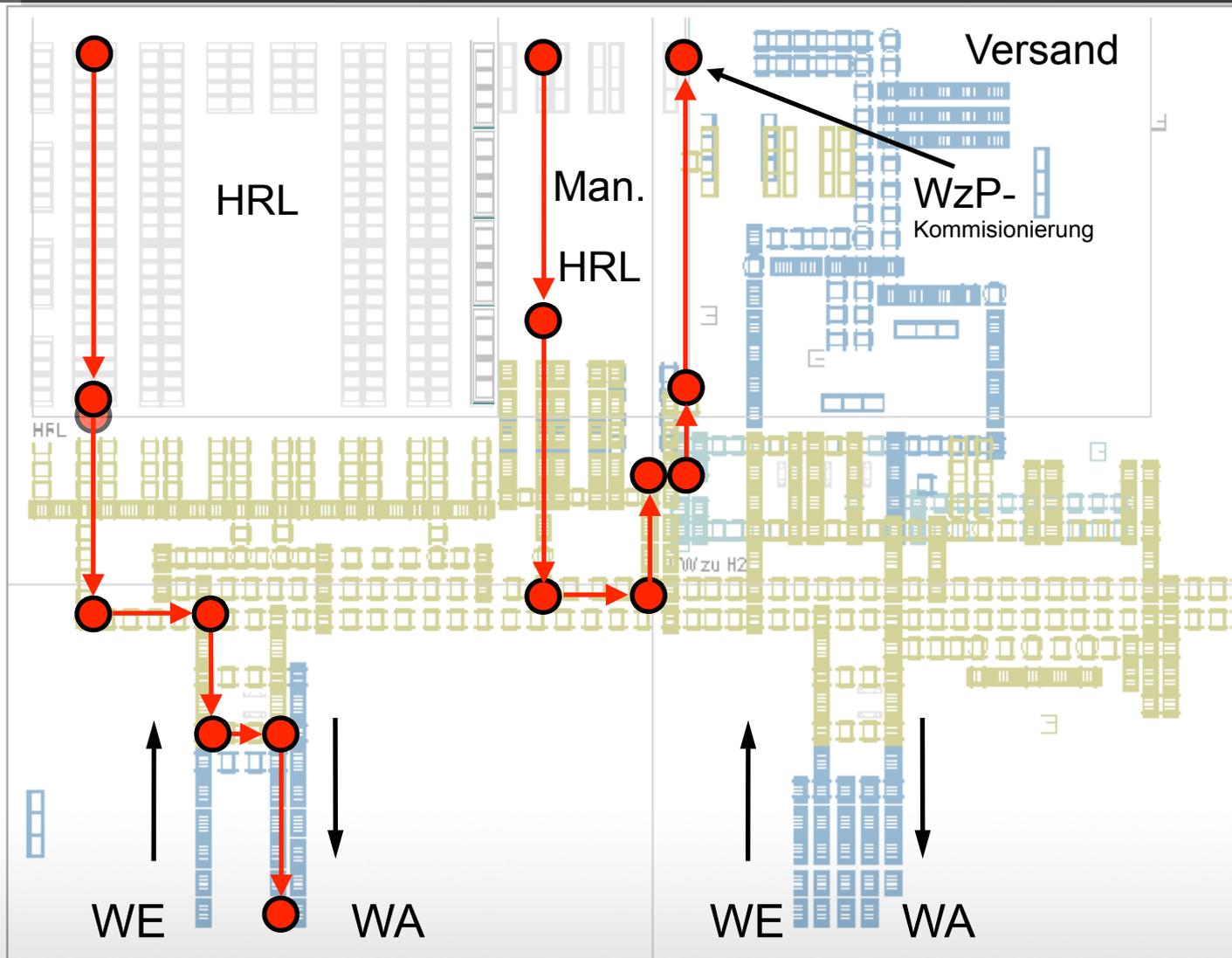
---

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?



# Methoden zur Bildung von optimalen Fahraufträgen

---

- ❑ **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



# Fehler in der Planungsphase bei MFC-Systemen

## Betriebszustände

### Parametrierbarkeit

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

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

### Befahrung:

Ein komplexes MES ist auch von geübten Leitstandspersonal 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



# Fehler in der Planungsphase

---

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

- langwierige Diskussionen in der Pflichtenheft-Phase
- Entwickler verbraten wertvolle 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.

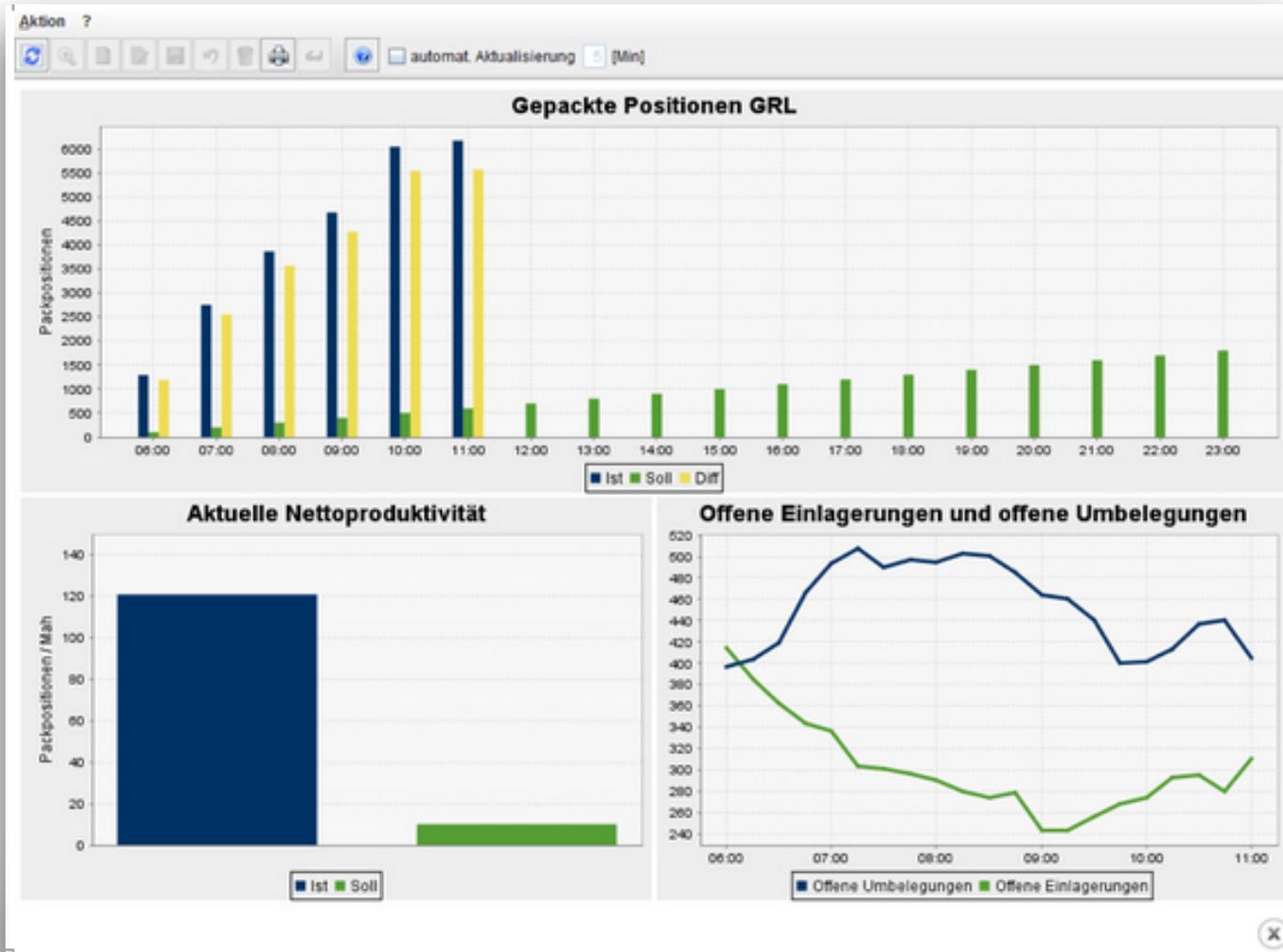
Auswertung und Datenverdichtung macht der Kunde  
auf PC-Basis selbst bunt in 3D.

Anmerkung: Analysemodell für die Geschäftsprozesse in Kapitel 5 & 6



# Beispiel Leitstands-Maske

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



Integriert

Realisiert

Geplant



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



## 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



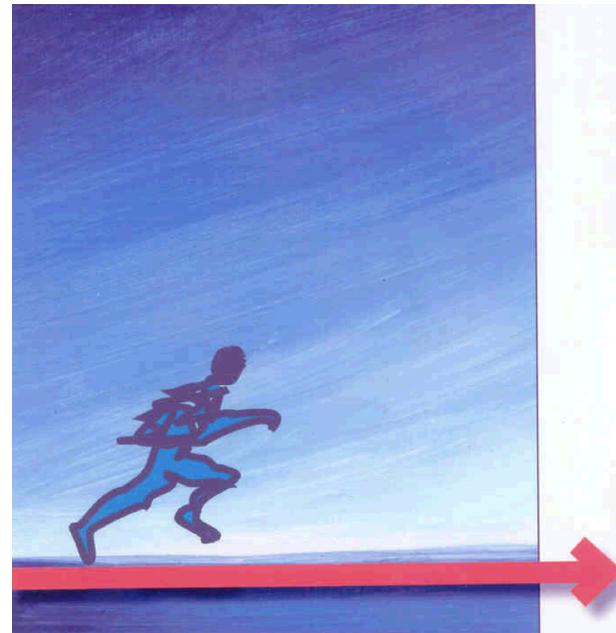
flexible Wartungstools,  
Transparenz für die Betreiber  
Remote-Zugriff (7d/24h)



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

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

Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas



integriert

realisiert

geplant



# 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



## Der Stand der Technik heute:

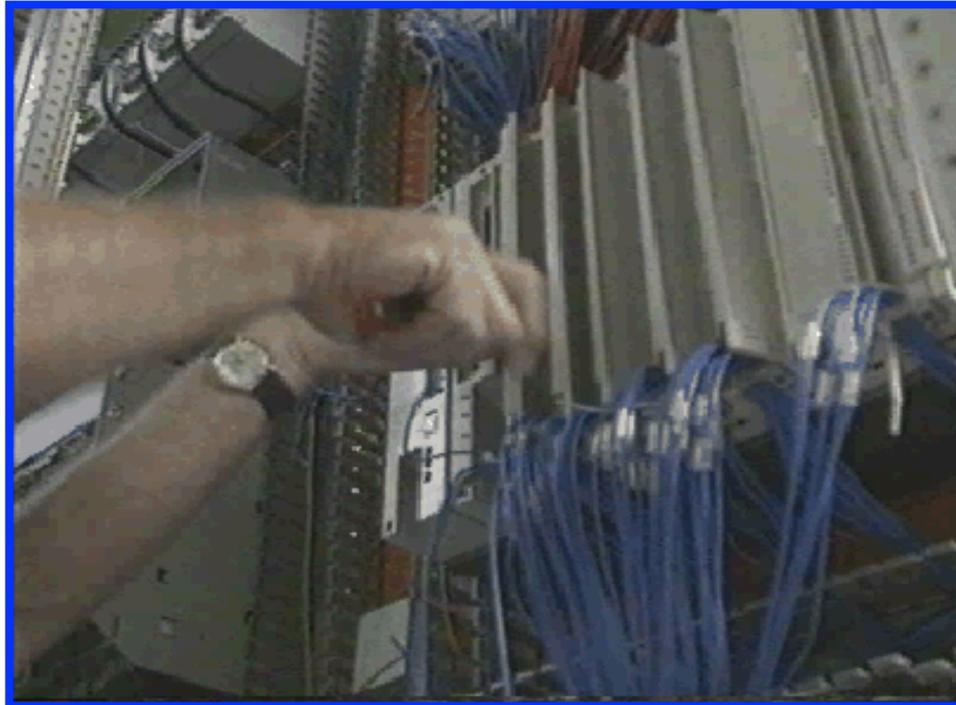
- Ein Teil der Steuerungslogik ist im MFC (Server) angelegt
- Die Direction Control (F:DC) und die Facility Control (F:FC) sind Teil des Transportsystems (TS) und damit integrierte Bestandteile der SPS im Schaltschrank
- Die unterlagerte SPS führt die Fahraufträge aus, verbunden mit dem Nachteil der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





# SPS - Montage im Schaltschrank

---



Integriert

Realisiert

Geplant



# Funktionskonfigurationen (Neuer Ansatz Typ D)

Neuer Ansatz:

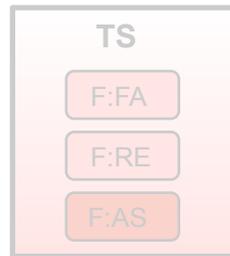
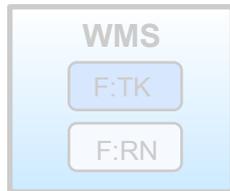
Typ A



Typ A

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

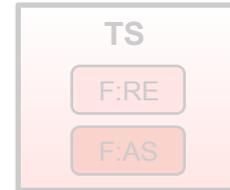
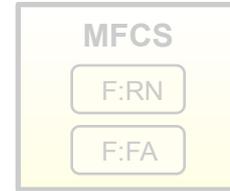
Typ B



Typ B

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

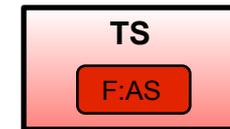
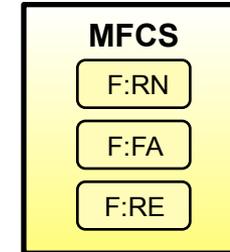
Typ C



Typ C

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

Typ D



Typ D

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

Trend: **keine** doppelte Datenhaltung!

Integriert

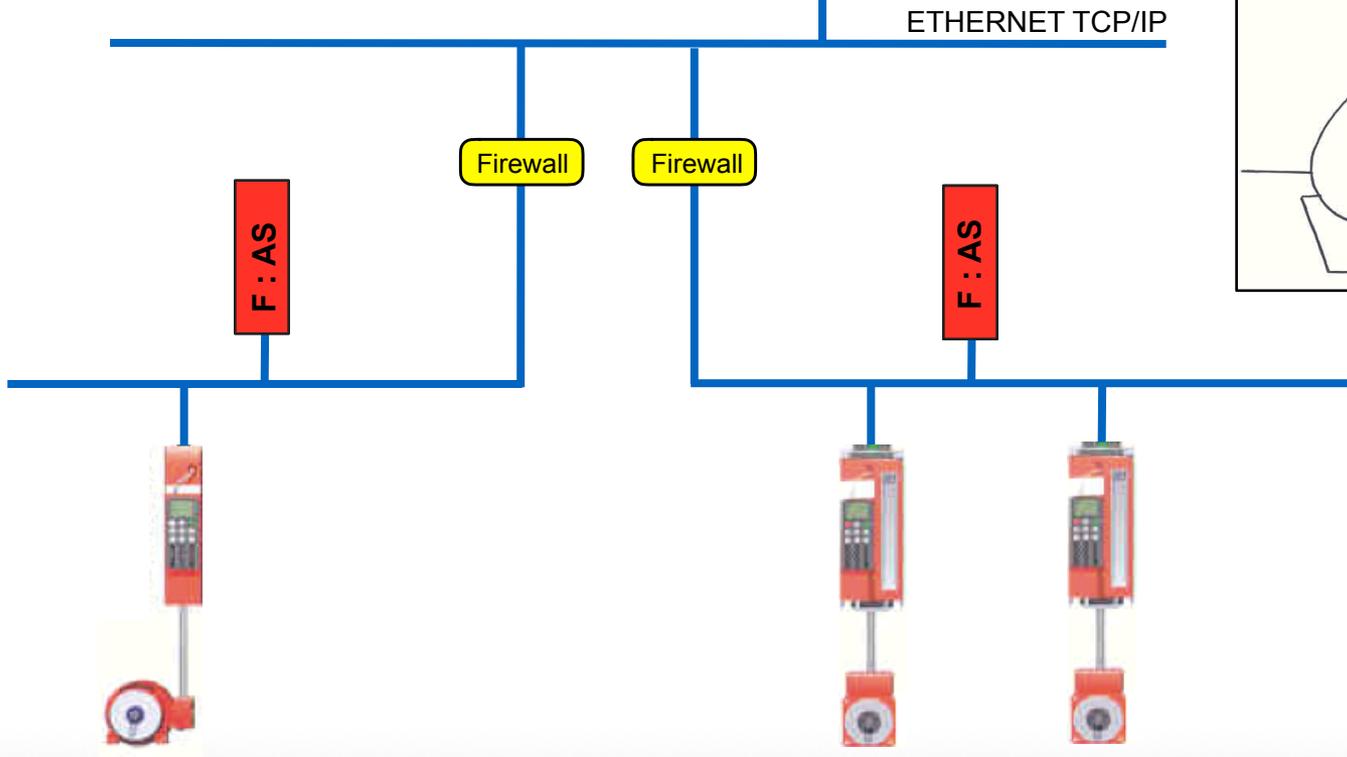
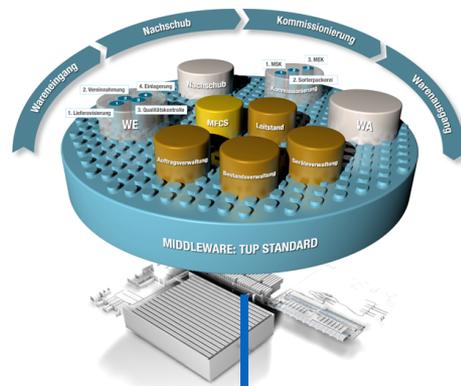
Realisiert

Geplant

## 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





## Kommunikation über Industrial ETHERNET

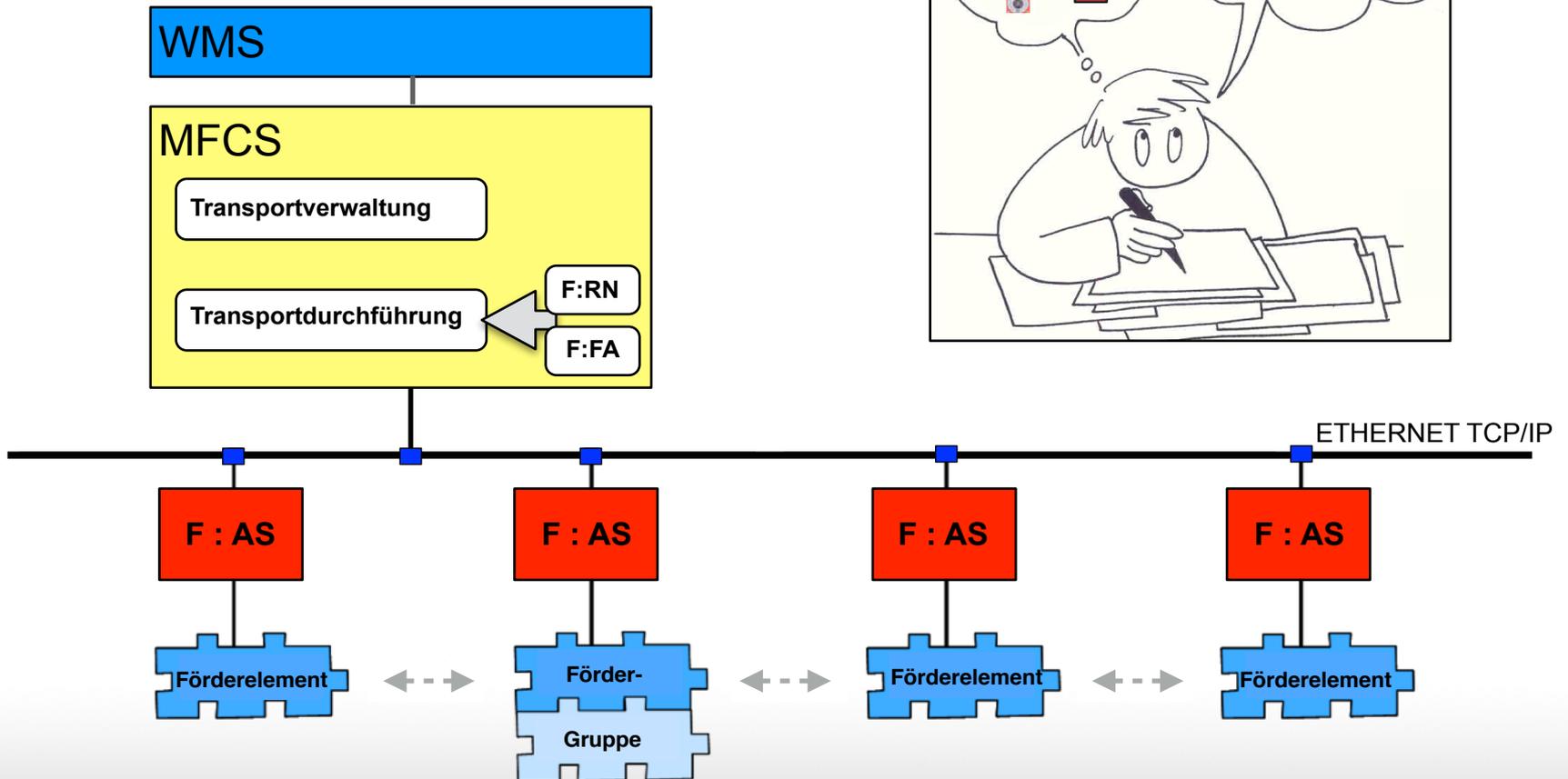
Integriert

Realisiert

Geplant



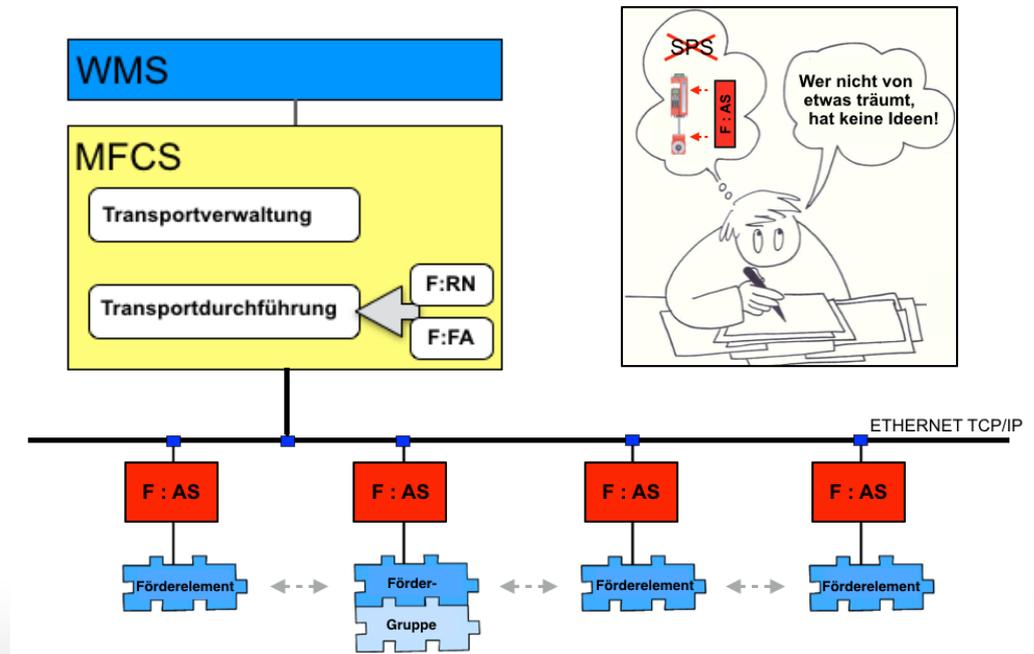
## Neue Funktionskonfiguration





# Nächster Schritt in Richtung „Schaltschrankloser Fabrik“

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



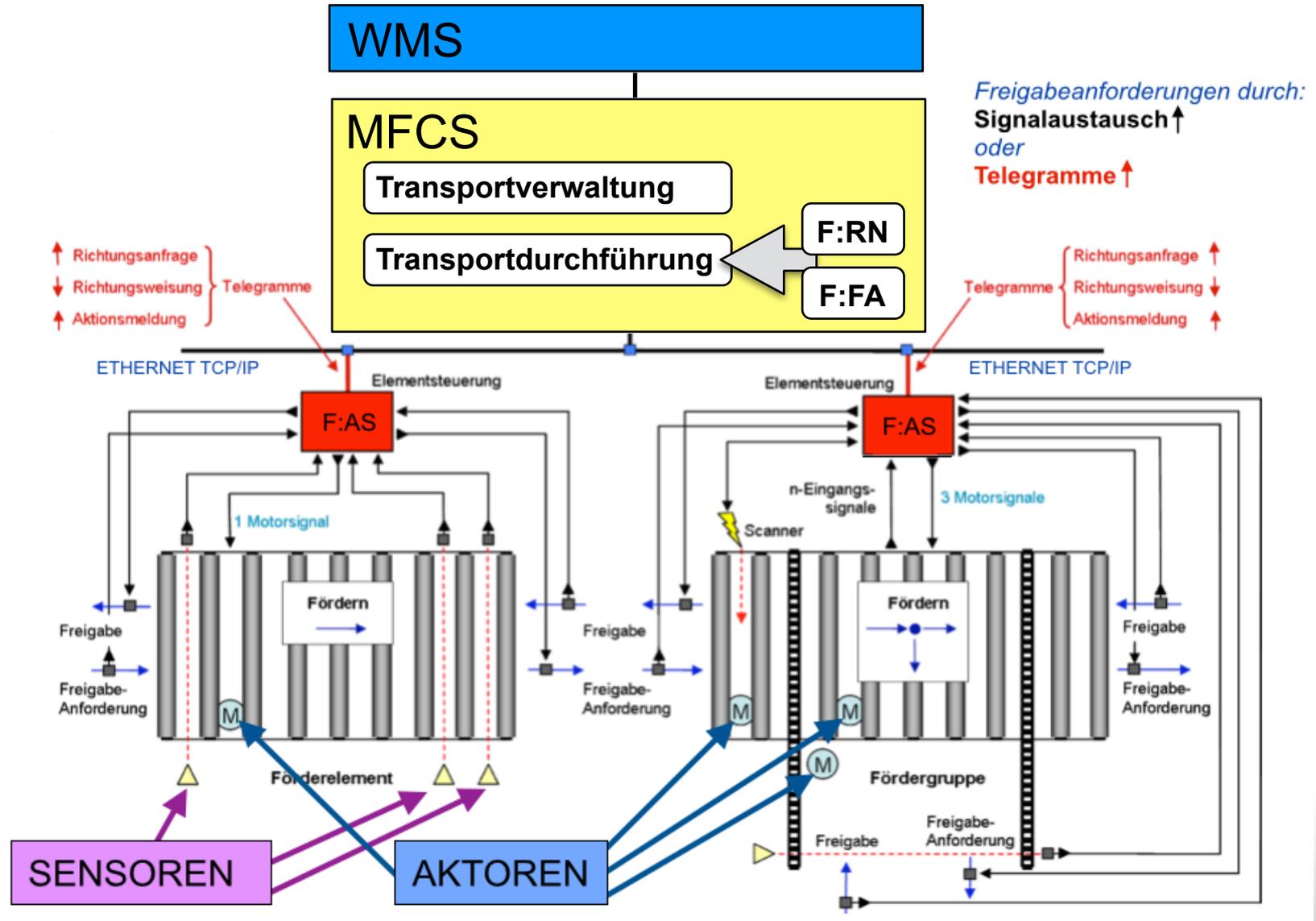
Integriert

Realisiert

Geplant

# Funktionsmodularisierung - Industrie 4.0

Applikationsansatz: keine doppelte Datenhaltung



Integriert

Realisiert

Geplant



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

## PROZESSOPTIMIERUNG

- ▶ Fertigstellung der Fördererlemente 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!

## PARTNERSCHAFT

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

**TUP** und seinen Kunden!

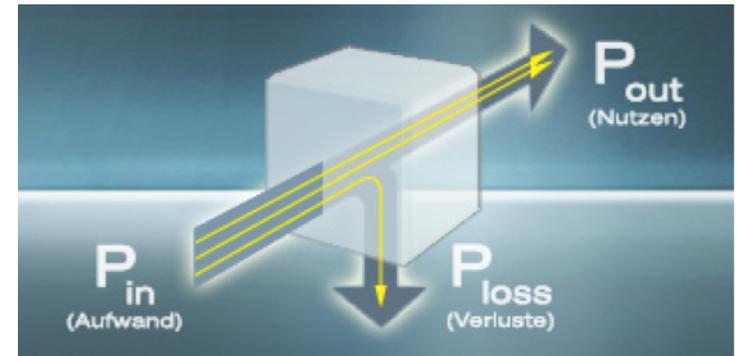
## WIRTSCHAFTLICHKEIT

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

- ▶ 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



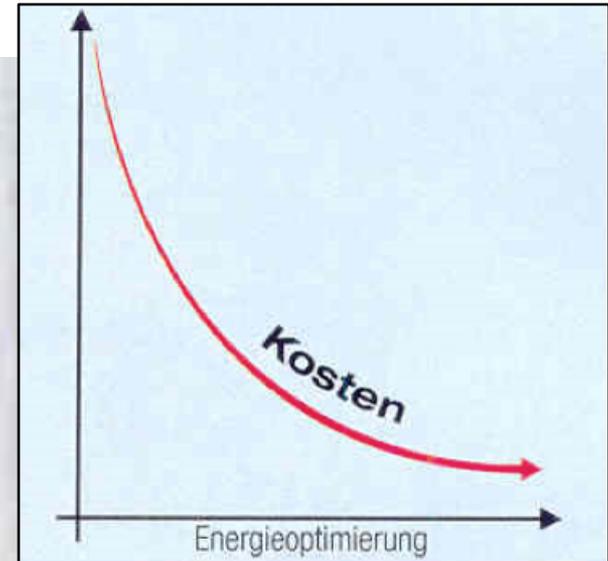
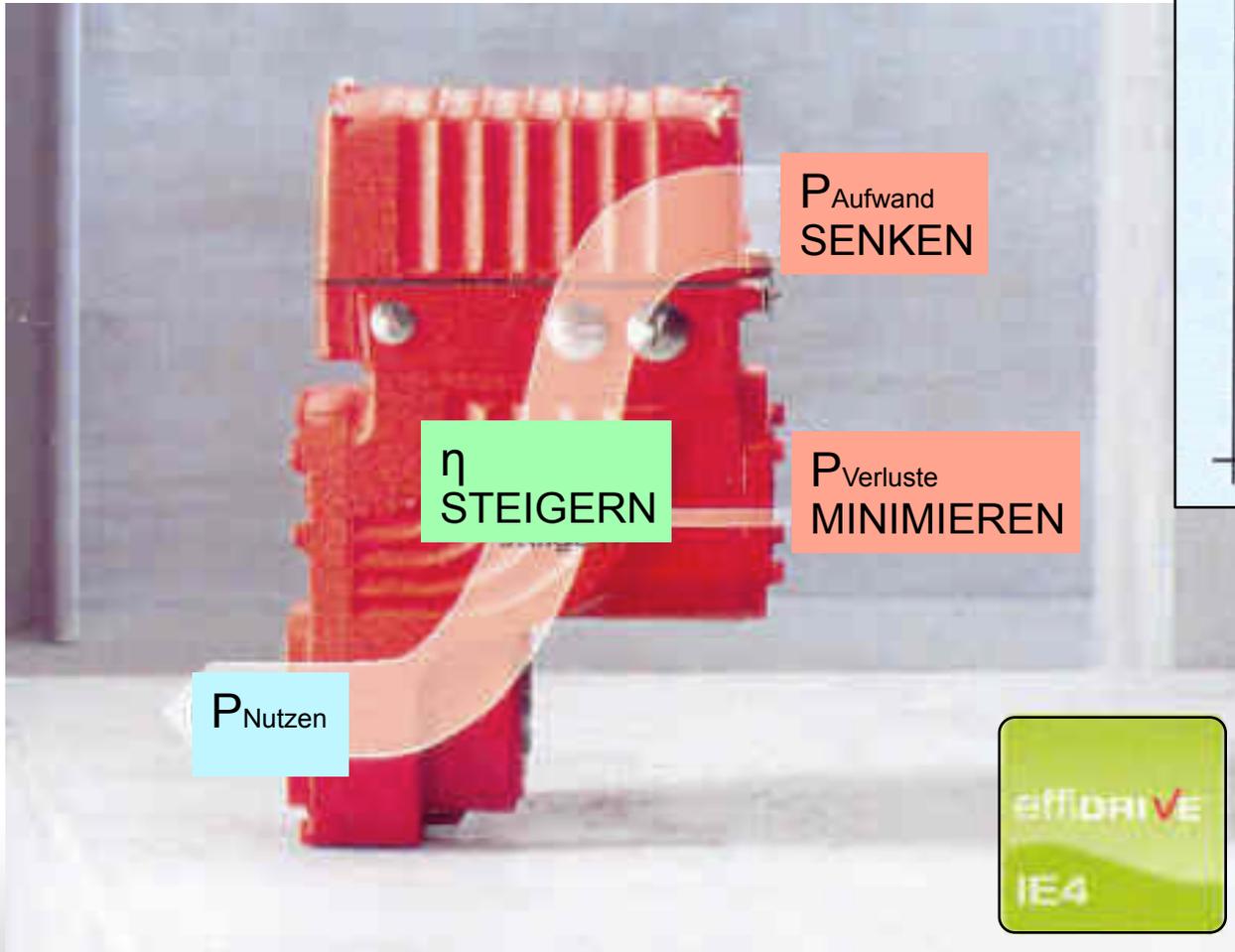
- ▶ Mit dem Wirkungsgrad wird die Effizienz von Elektromotoren bei der Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie beschrieben.
- ▶ Die EUP-Richtlinie (Ecodesign) verabschiedete, dass **ab Juni 2011** in Europa nur noch Energiesparmotoren der **Wirkungsgradklasse IE 2** in Verkehr gebracht werden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



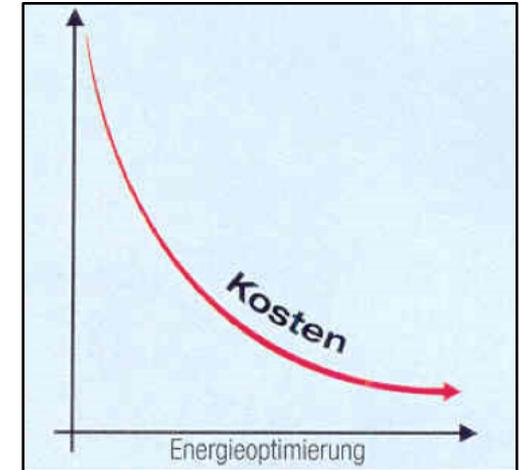
# Energiekosten senken durch mehr Energieeffizienz

## Beispiel:

Die Lösung für den horizontalen Transport

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

- ▶ eine durchschnittliche Reduzierung der Leistungsaufnahme um ca. 4.400 kWh/a je Antrieb
- ▶ eine Senkung des Energieverbrauchs um 55%
- ▶ eine CO2 Emissionsreduzierung von 2391 Kg je Antrieb pro Jahr
- ▶ Energiekosten-Ersparnis von 536,00 € je Antrieb pro Jahr



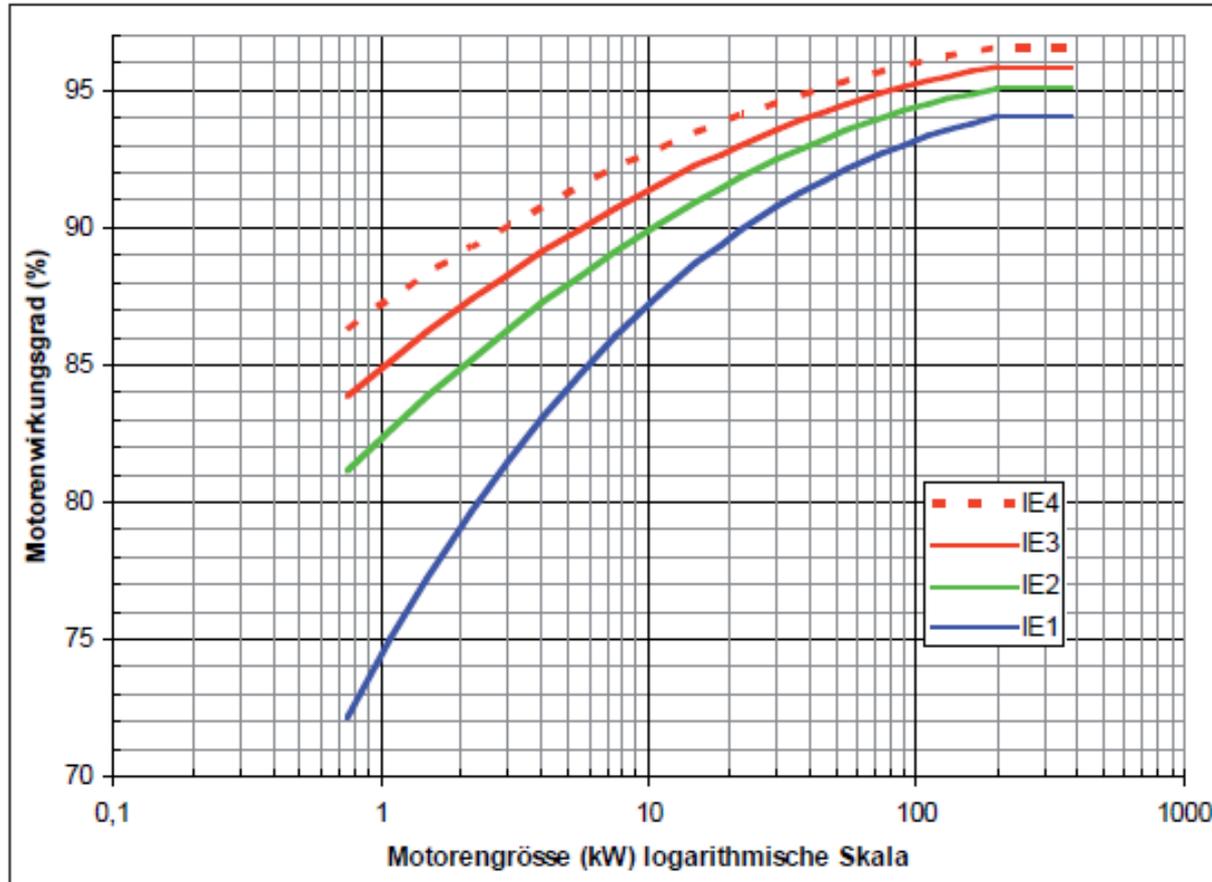
Gesamtwirkungsgrad ist abhängig vom Motor, Getriebe und Regelung.

Energiekosten reduzieren durch gesteigerten Gesamtwirkungsgrad.

Quelle: SEW



# Weltweit gültige Wirkungsgradkurven



Quellen: IEC, DENA, DKE, SEW, ZVEI



# Vorteile beim Einsatz neuer MFCS-Technologien

## Ausblick auf Kapitel 6:

---

- ❑ Aufzählung unter Abb. 2.7

Die Software-Entwicklung nach industriellen Maßstäben:

MFCS als IT-Baustein ...

- ❑ erhöht die Planungsintelligenz bei intralogistischen Systemen
- ❑ führt zu Best-Practice-Lösungen
- ❑ ermöglicht Kosteneinsparungen und Risikominimierung durch den Gewerke übergreifenden Einsatz der neuen MFCS-Technologie



# Aspekte der Wiederverwendbarkeit bei der Softwareentwicklung moderner Materialfluss-Systeme

## Ausblick auf Kapitel 6:

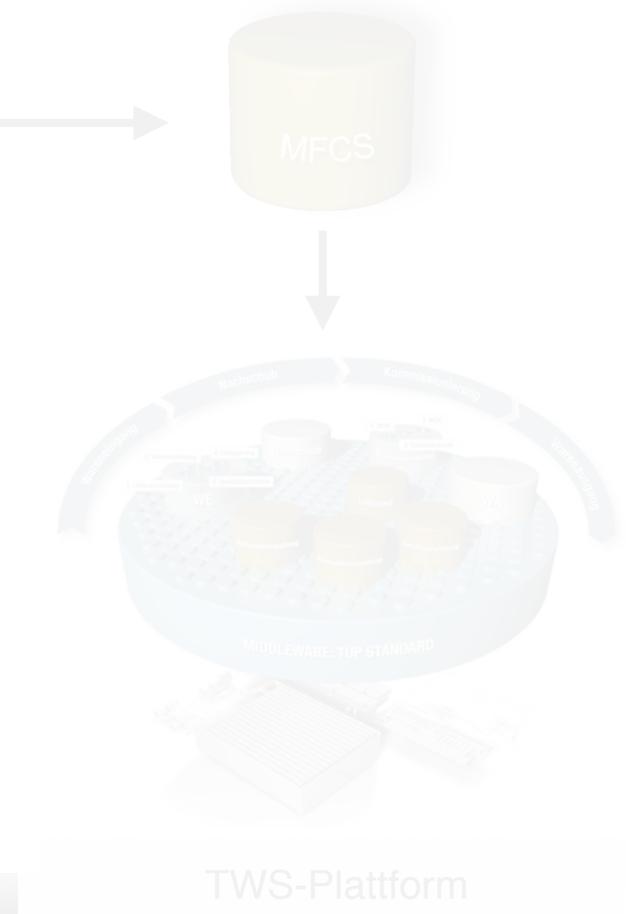
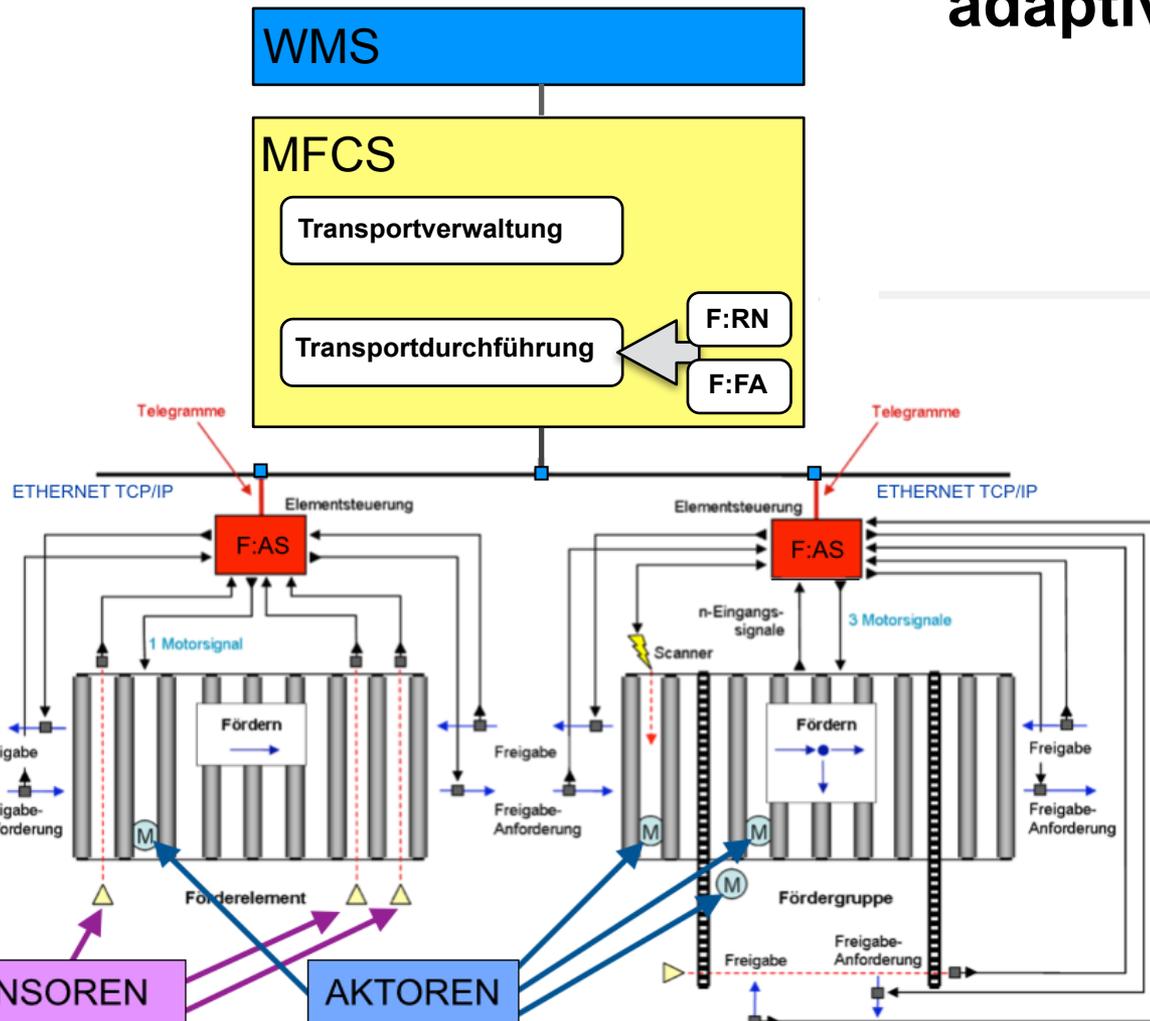
---

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:

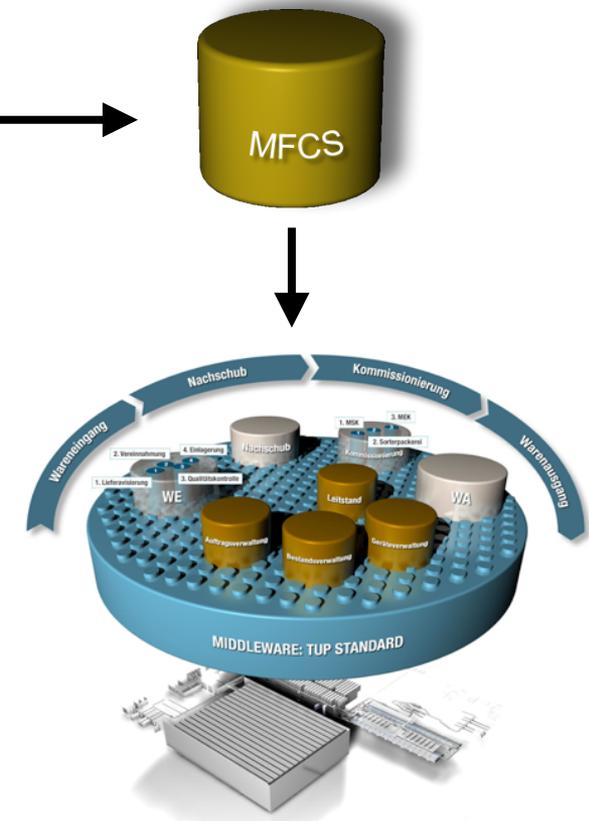
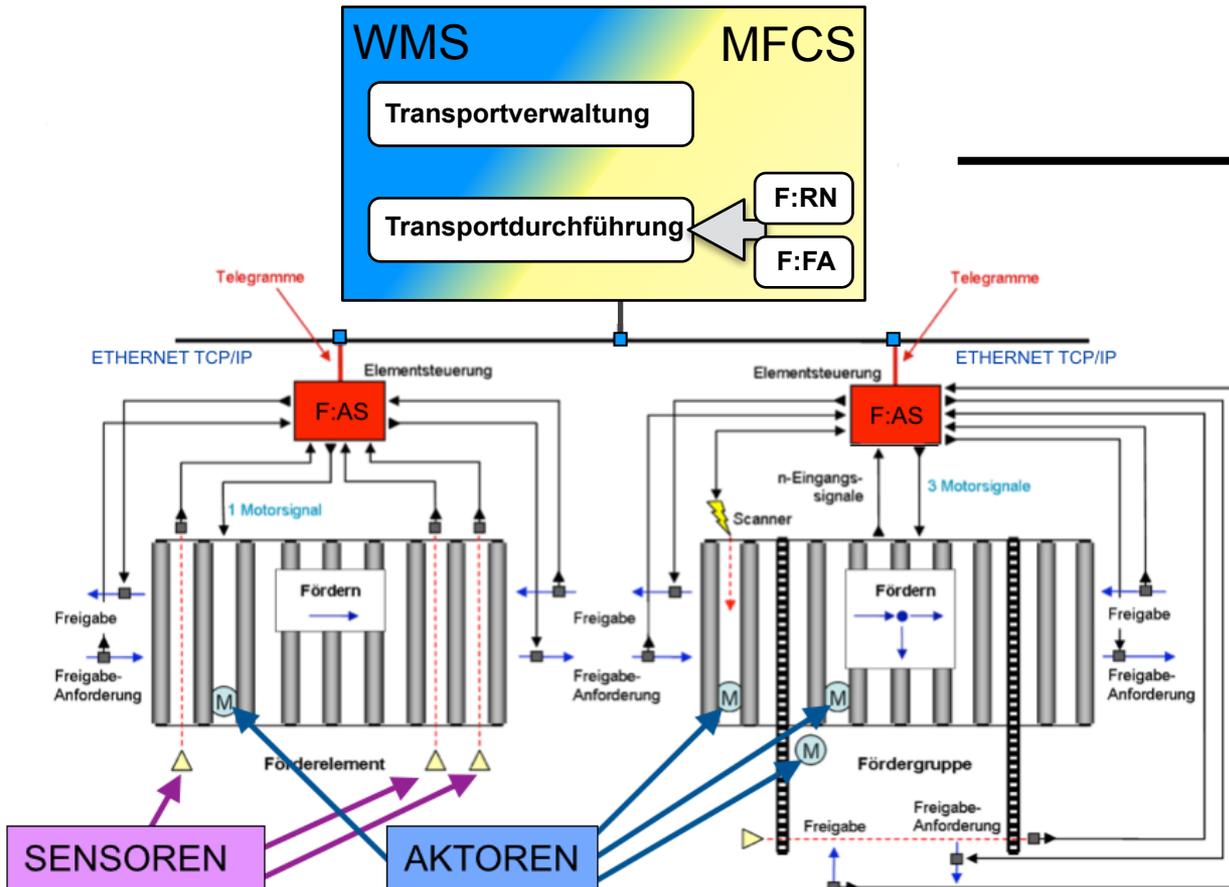
- Programmtechnische Verfahren und
- Datentechnische Verfahren.

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



# 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.“





# Ausblicke

## Was hat Electronic Commerce mit Materialflusststeuerung zu tun?

Über das Web wird  
der Umsatz  
generiert

Die bestellten Waren  
werden „gebeamt“

soweit Science-fiction