



TUP.COM

IT-GRUNDLAGEN DER LOGISTIK 2022

Chancen der digitalen Transformation

Kapitel 2: Gestaltung und Einsatz innovativer MFCS

Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas



27. April 2022

Einführung



IT-Grundlagen der Logistik - Chancen der digitalen Transformation

THEMENSCHWERPUNKTE

Kapitel 1:
Systemarchitektur für Intralogistiklösungen / Modularisierung von Förderanlagen

Kapitel 2:
Gestaltung und Einsatz innovativer Material-Flow-Control-Systeme (MFCS)

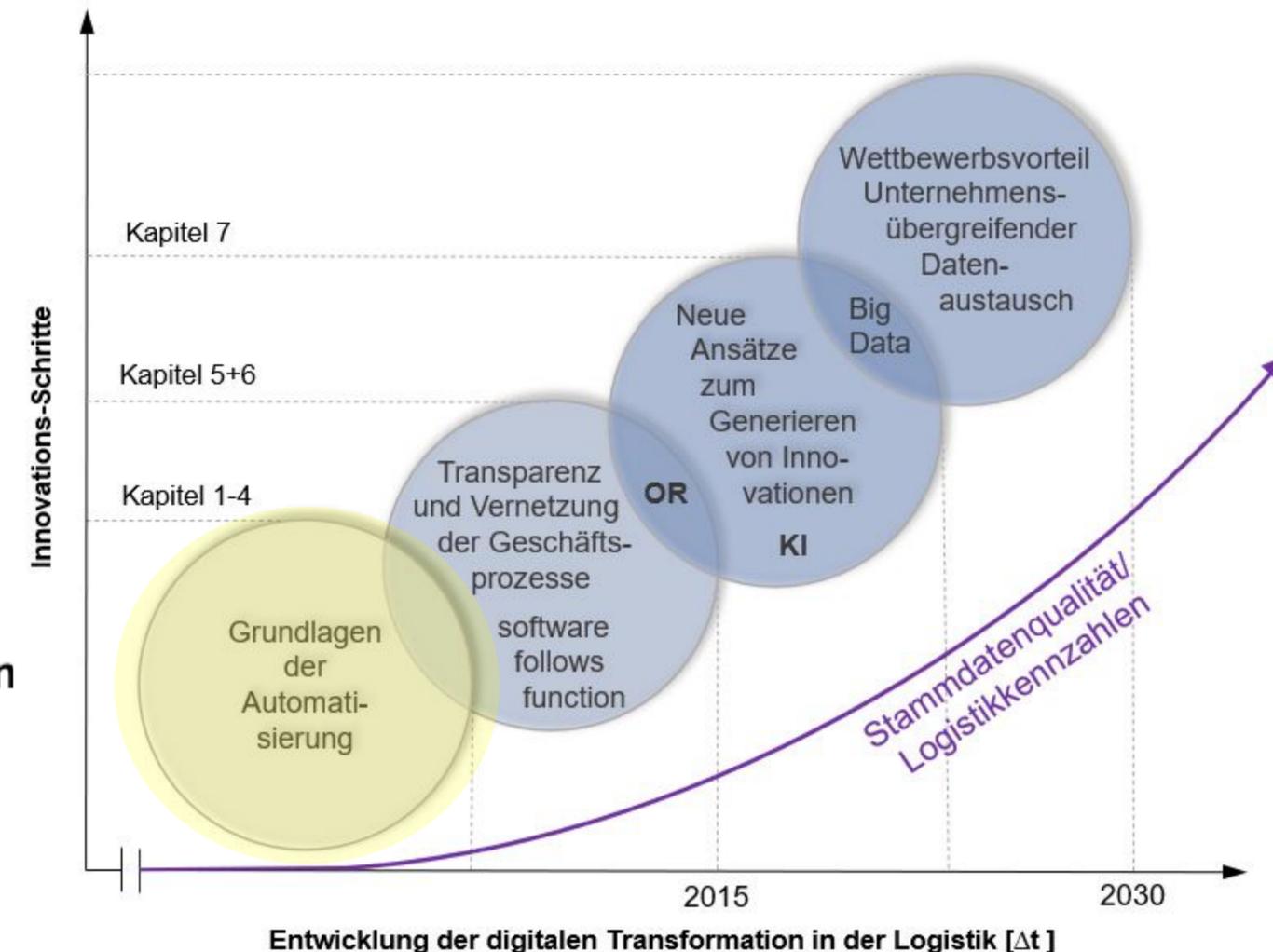
Kapitel 3:
Warenidentifikation – Anwendung in der Logistik

Kapitel 4:
Datenkommunikation in der Intralogistik

Kapitel 5:
Transparenz und Vernetzung der Geschäftsprozesse

Kapitel 6:
software follows function - Softwareentwicklung nach industriellen Maßstäben

Kapitel 7:
Neue Ansätze zum Generieren von Innovationen

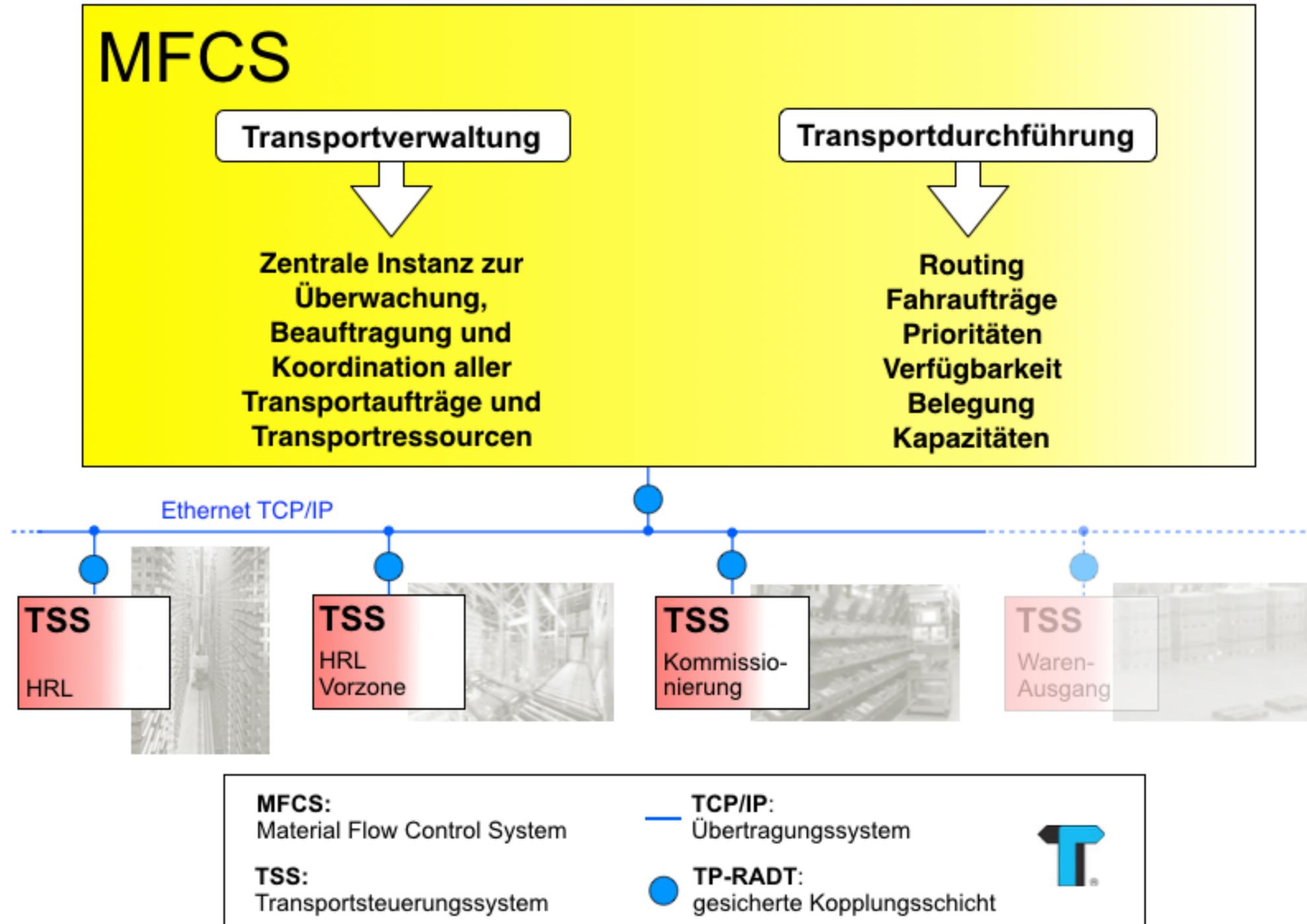


Aufgaben der Materialflusssteuerung



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.

Aufgabenzuordnung des MFCS



Beziehungen zwischen Transportverwaltung, Transportdurchführung und Transportsteuerungssystem TSS



- **Transportverwaltung:**
Ist die zentrale Instanz zur Überwachung, Beauftragung und Koordination aller Transportaufträge und Transportressourcen
- **Transportdurchführung:**
hat die Aufgabe, bestehende Transportaufgaben so durchzuführen, dass die Anlage nicht blockiert wird
- **Transportsteuerungssystem (TSS):**
Die Anlagensteuerung F:AS bekommt für das Transportgut vor einen Aktionspunkt die Förderrichtung von der Funktion F:RE



Neue Aufgabenzuordnung zwischen dem MFCS und dem TSS

WMS

MFCS

F:TV – Transportverwaltung

Gewerkeübergreifende Kommunikation

F:RN – Ressourcennutzung

Transportdurchführung

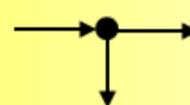
F:FA – Fahrauftragsverwaltung

eines Förderbereichs -
z.B. in einer Kommissionierzone

F:RE – Richtungsentscheidung

Richtungsentscheidung an einem Aktionspunkt (z.B. Verzweigungspunkt) der Anlage für Transportobjekte.

Fördern:



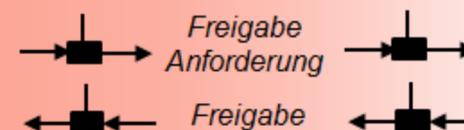
↑ Richtungsanfrage
↓ Richtungsanweisung
↑ Aktionsmeldung

TSS

F:AS – Anlagensteuerung

Steuert die Eigensicherheit der Anlage und realisiert alle Entscheidungen für die Durchführung des Transports

Fördern:



WMS:

Warehouse Management System

MFCS:

Material Flow Control System

TSS:

Transportsteuerungs-System





Neue Aufgabenzuordnung MFCS und TSS

Online Datentransfer MFCS ↔ TSS mit nur drei Telegrammen:

Data Transfer DT: vor einem Aktionspunkt

1) DT: TSS → MFCS: Richtungsanfrage für das Transportgut

2) DT: MFCS → TSS: Richtungsanweisung für das Transportgut

DT: MFCS → TSS: bleibt stehen (Staumeldung bzw. Zulaufsteuerung)

oder:

DT: MFCS → TSS: links ab

oder:

DT: MFCS → TSS: rechts ab

3) DT: TSS → MFCS: Auftrag ist durchgeführt

Grundlagen der MFCS-Entwicklung



Ansätze bei der Modellentwicklung für eine standardisierte Lösung.

- Abbildung der Förderanlagen in einem hierarchischen Konzept
- Wiederverwendbarkeit durch objektorientierte Strukturmuster mit dem Ziel, einen getesteten Standard-Software-Baustein zu generieren (vgl. Kapitel 6.3.1)



Hierarchisches Abbild von Förderanlagen

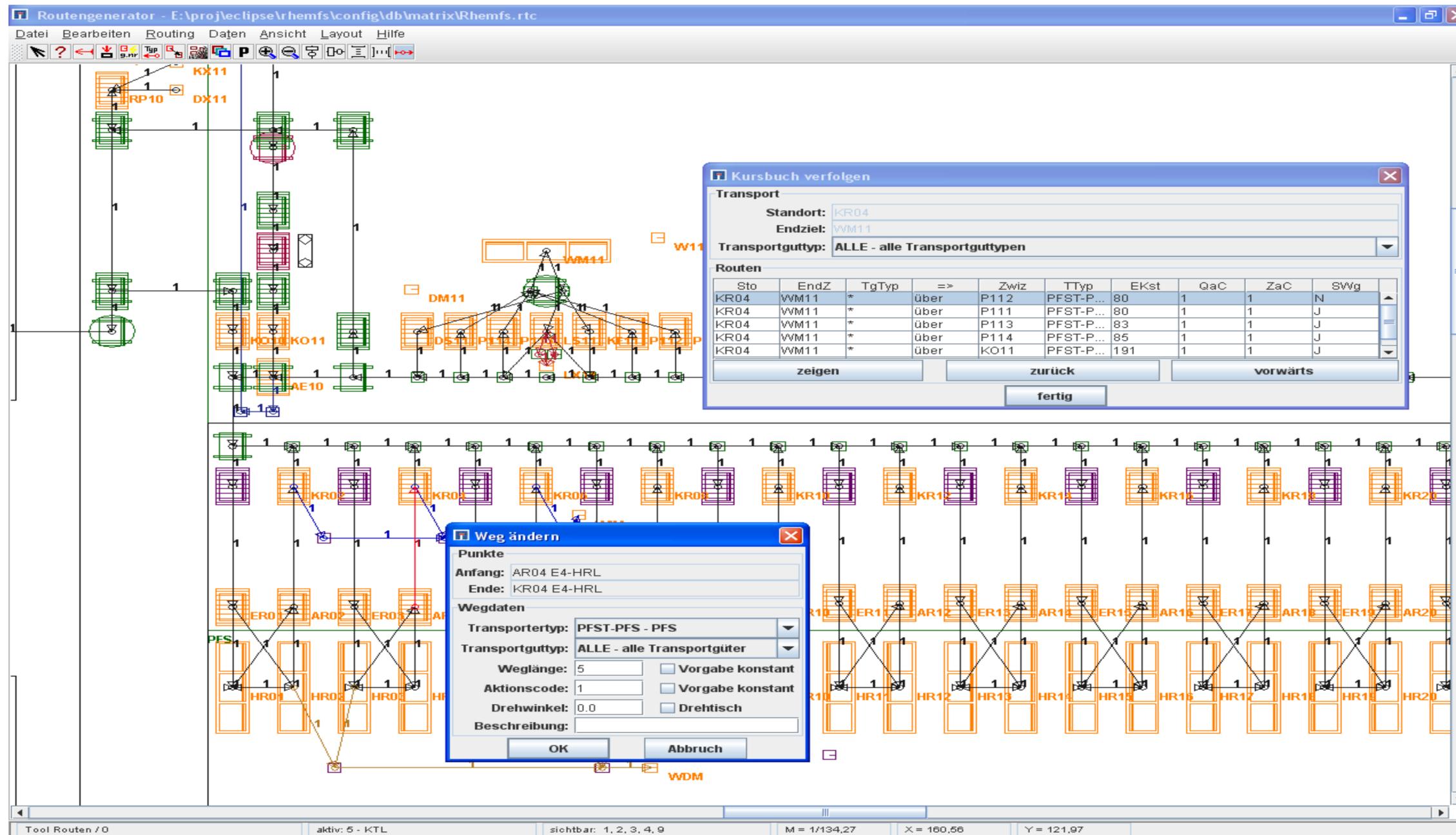
Ebene Anlagenmatrix, statisches Abbild der Förderanlagen wird durch ein Konfigurationssystem aus folgenden Daten erzeugt:

- Anlagenpunkten
- Wege als gerichtete Verbindungen zwischen zwei Punkten
- Fahrplan-Einträge die definieren auf welchem Weg von einem Punkt aus das Transportziel erreicht werden kann
- Hier werden alle in der Anlage möglichen Transportalternativen aufgelistet
- Die Einträge (Transportalternativen) enthalten eine Sortierreihenfolge die bestimmt, welche Alternative zu bevorzugen ist.
- Außerdem ist hier festgelegt, welcher „Bereichsverwalter“ für die Zuteilung zu einem konkreten Transporter (standardisiertes Modul) zuständig ist.

Anlagenabbild (Teilansicht)



Mit Hilfe einer graphischen Oberfläche wird das Anlagen-Abbild erzeugt:



Hierarchisches Abbild von Förderanlagen - Ebene Rekursives Routing - Routengenerator*



- ❑ Mit der Anlagenmatrix erzeugt ein Routengenerator eine Routing-Tabelle der Quelle/Ziel-Beziehungen
- ❑ Der Weitertransport eines Transportgutes wird online auf Basis der Anlagenmatrix dem vorliegenden Betriebszustand, der Routingtabelle und einer freien Ressource (Fördermittel) vergeben

* ... Erzeugung eines Navigationssystems für LTGs (Lagertransportgüter)



Ebene Rekursives Routing - Routengenerator

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.

Lösung von inhomogenen und komplexen Anlagen mit standardisierten Modulen



Mit dem Einsatz nachfolgender Module (Bereichsverwalter) läßt sich Komplexität beherrschen

- Regalbediengeräte (mehrfachtiefe Einlagerung)
- Palettenfördersysteme
- Taxi-Betrieb für Bereiche mit fahrlosen Transportsystemen (siehe Übung fahrloses Transportsystem)
- Elektro-Hängebahn oder Elektro-Palettenbodenbahn
- Direktbetrieb von Behälterfördersysteme und Sortern
- sowie Shuttle-Systeme



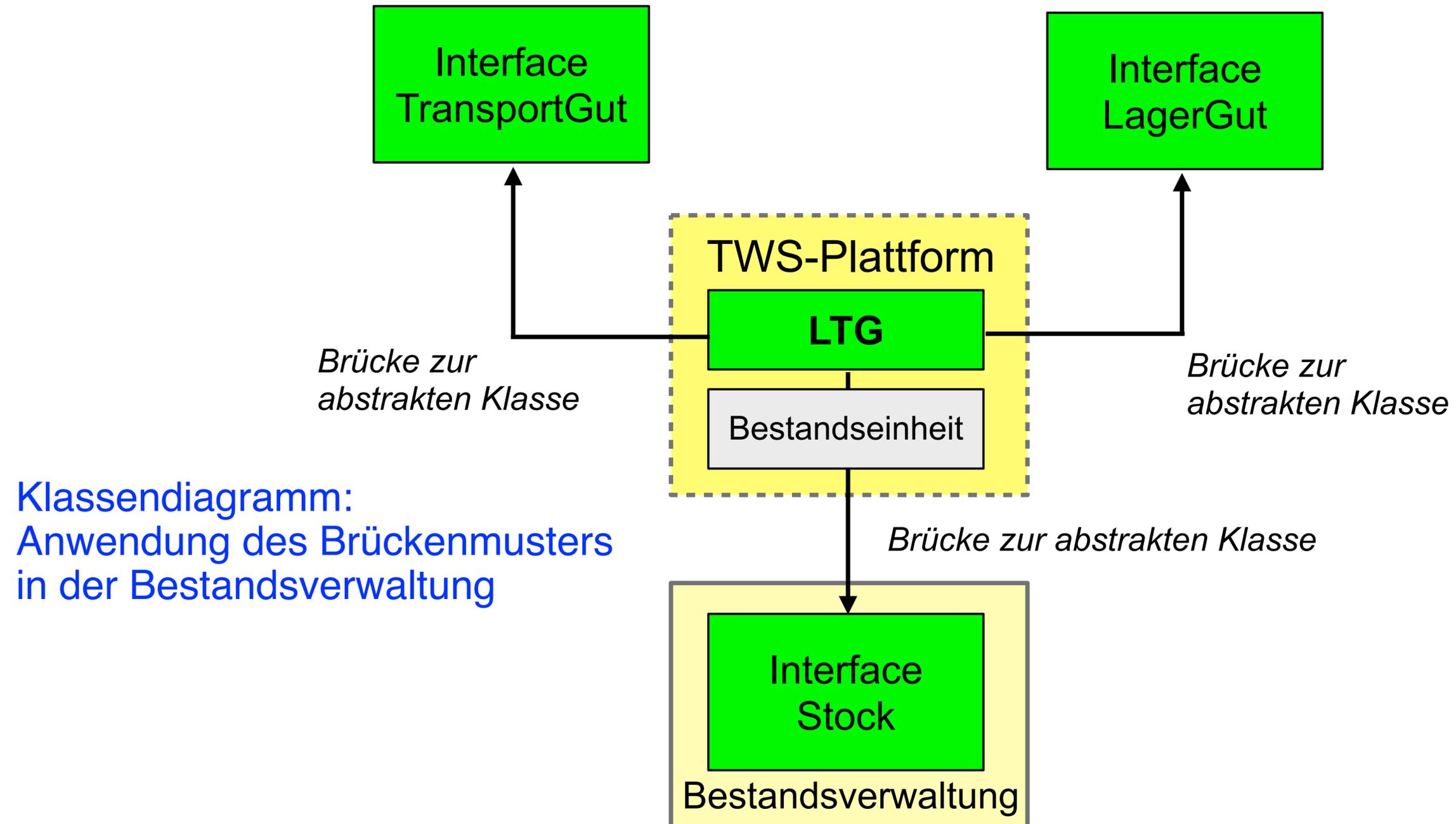
Anpassung und Erweiterung des Standards

Neue Techniken oder spezifische Erweiterungen erfordern eine Anpassung des Standards. Dieser wird bei der Modellentwicklung des MFCSystems

- durch standardisierte Module ***Bereichsverwalter***
- und
- durch das Entwurfsmuster ***Die Brücke*** auf das Transportgut angewendet.

Die Brücke ist eine wiederverwendbare Komponente der Transportverwaltung im Rahmen eines Lagerplatzsystems, das eng mit Transportsystem zusammen arbeitet. Die Aufgabe des Transportsystems ist es, den Transport von Transportgütern zu verwalten.

Verbindung von Transportverwaltung und Platzverwaltung über die Klasse LTG

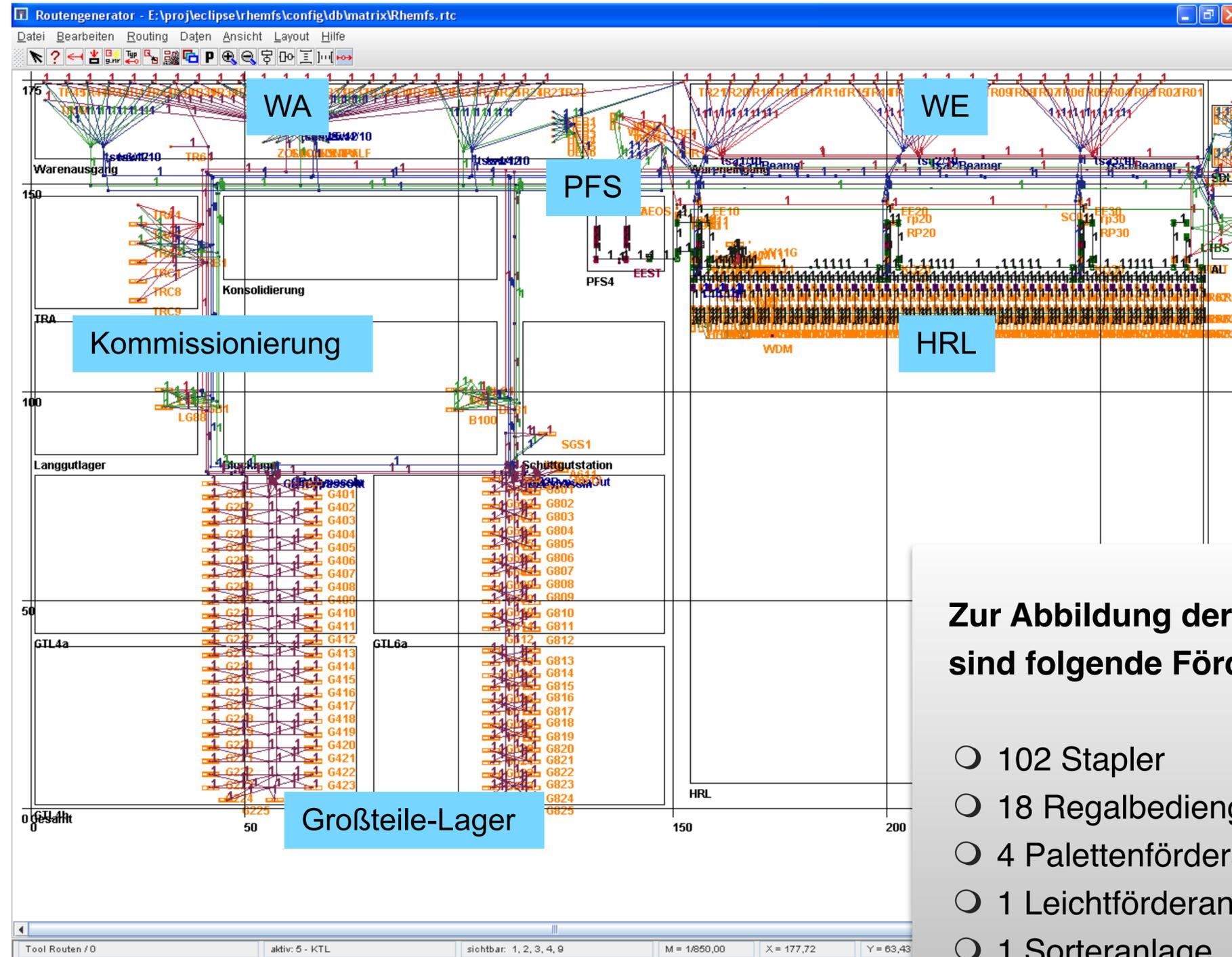


Klassendiagramm:
Anwendung des Brückenmusters
in der Bestandsverwaltung



Softwareentwicklung nach industriellen Maßstäben
erhöht die Planungsintelligenz bei Intralogistik-Systemen

Praxisbeispiel: Groblayout eines Distributionszentrums



Zur Abbildung der logistischen Prozesse sind folgende Fördermittel im Einsatz:

- 102 Stapler
- 18 Regalbediengeräte (RBGs)
- 4 Palettenfördersysteme
- 1 Leichtförderanlage
- 1 Sortieranlage



Praxisbeispiel - Anwendung Routengenerator

- **Ergebnis durch rekursives Routing:**

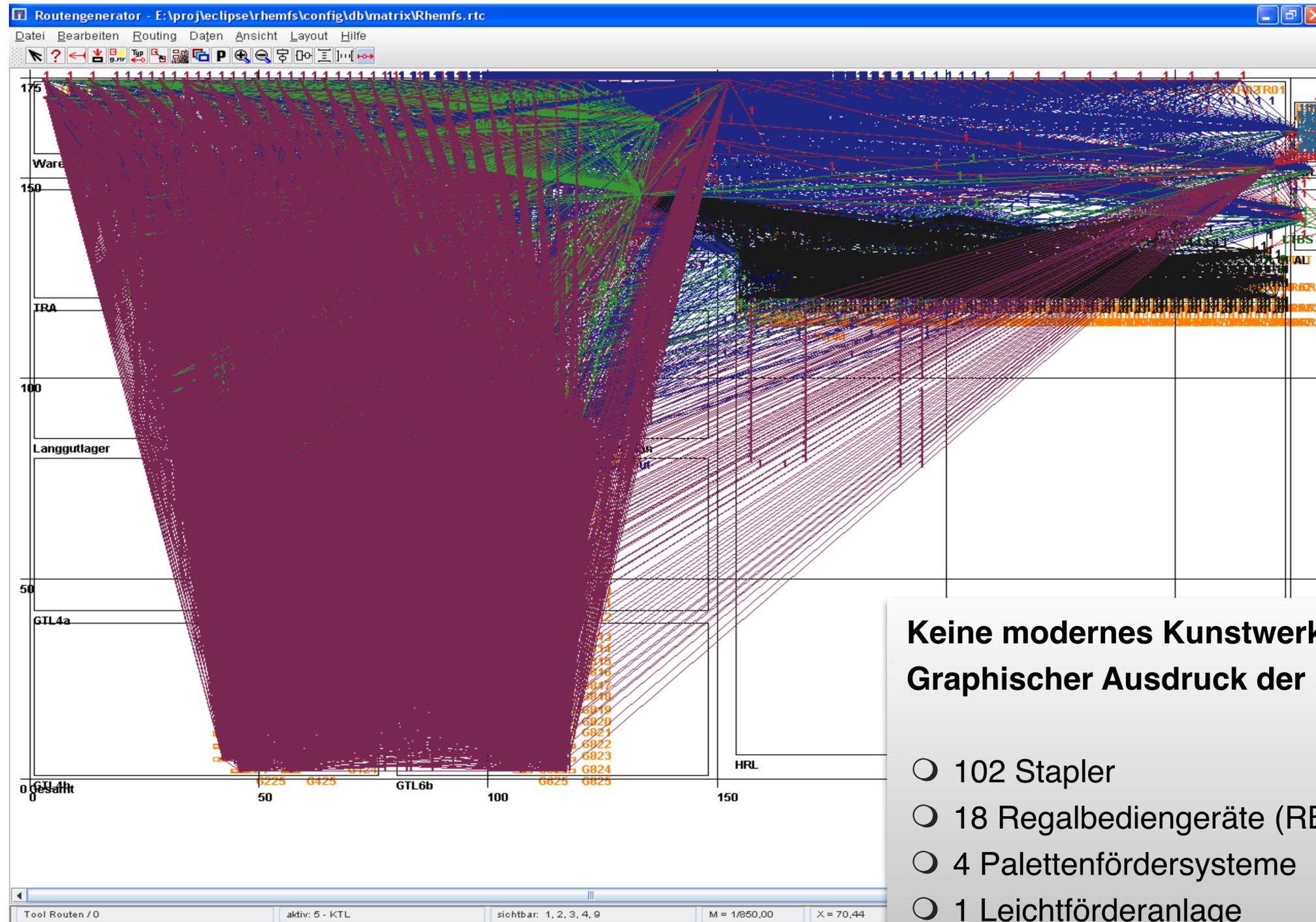
Die Routingtabelle wird im MFCS im Hauptspeicher abgelegt:

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:**

102 Stapler, 18 RBGs, 4 Palettenfördersysteme, 1 Leichtförderanlage und 1 Sorter-Anlage

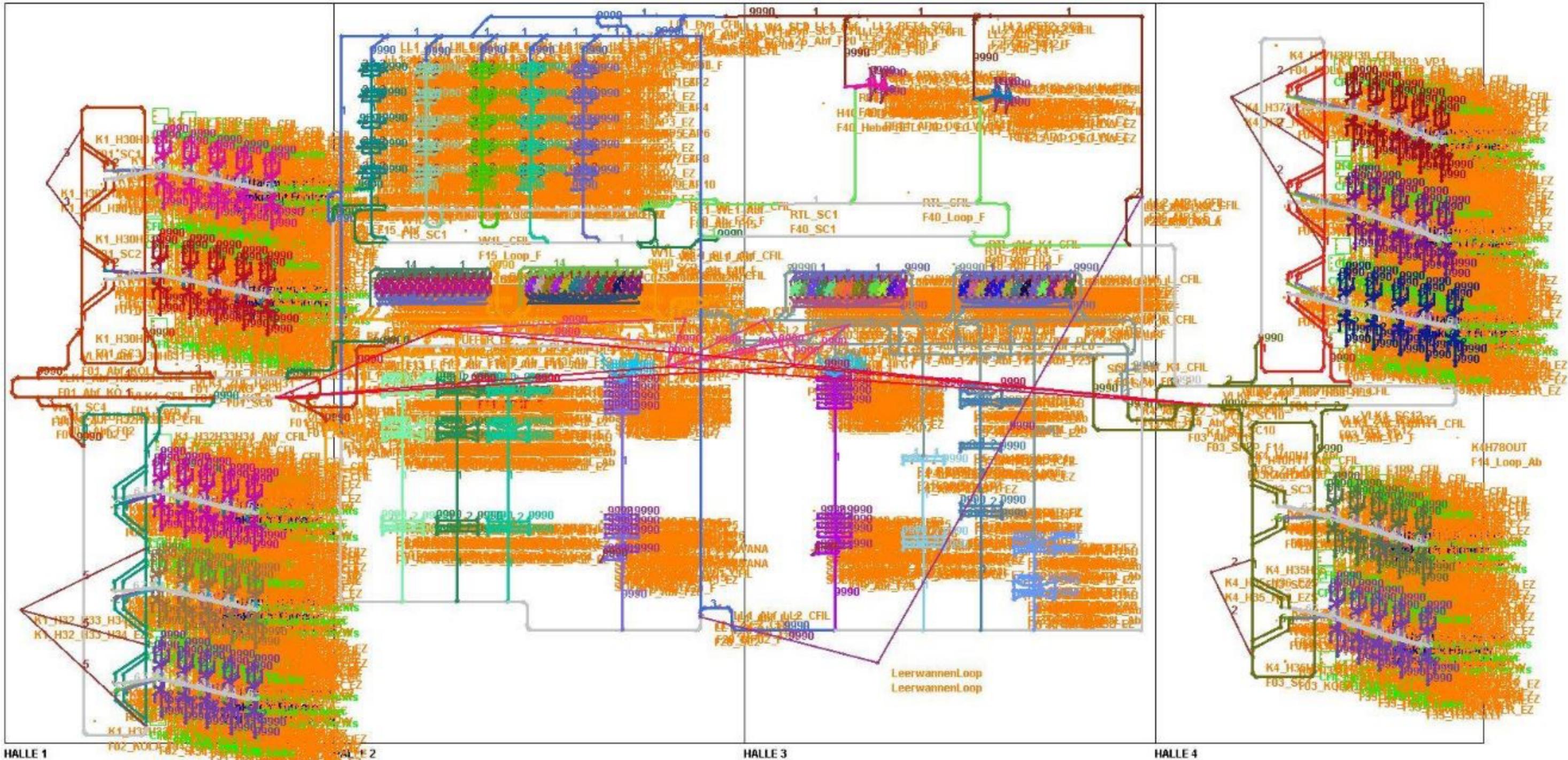
Routengenerator / Routentabelle



**Keine modernes Kunstwerk -
Graphischer Ausdruck der Routing-Tabelle**

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

Routentabelle zalando (Matrix)



Beziehungen zwischen Transport, Verwaltung und Transportdurchführung



Zielkonflikte im praktischen Betrieb

- ❑ Das Primärziel ist die termingetreue und vollständige Auslieferung der Ware (cut-off-time)
- ❑ Die optimale Auslastung der Anlage durch das MFCSystem ist diesem Ziel untergeordnet

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:**
Dann 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 viele Funktionen für wenig Geld angestrebt
- Für systemverbessernde Maßnahmen nach der Hochlauf-Phase ist kein Budget vorhanden

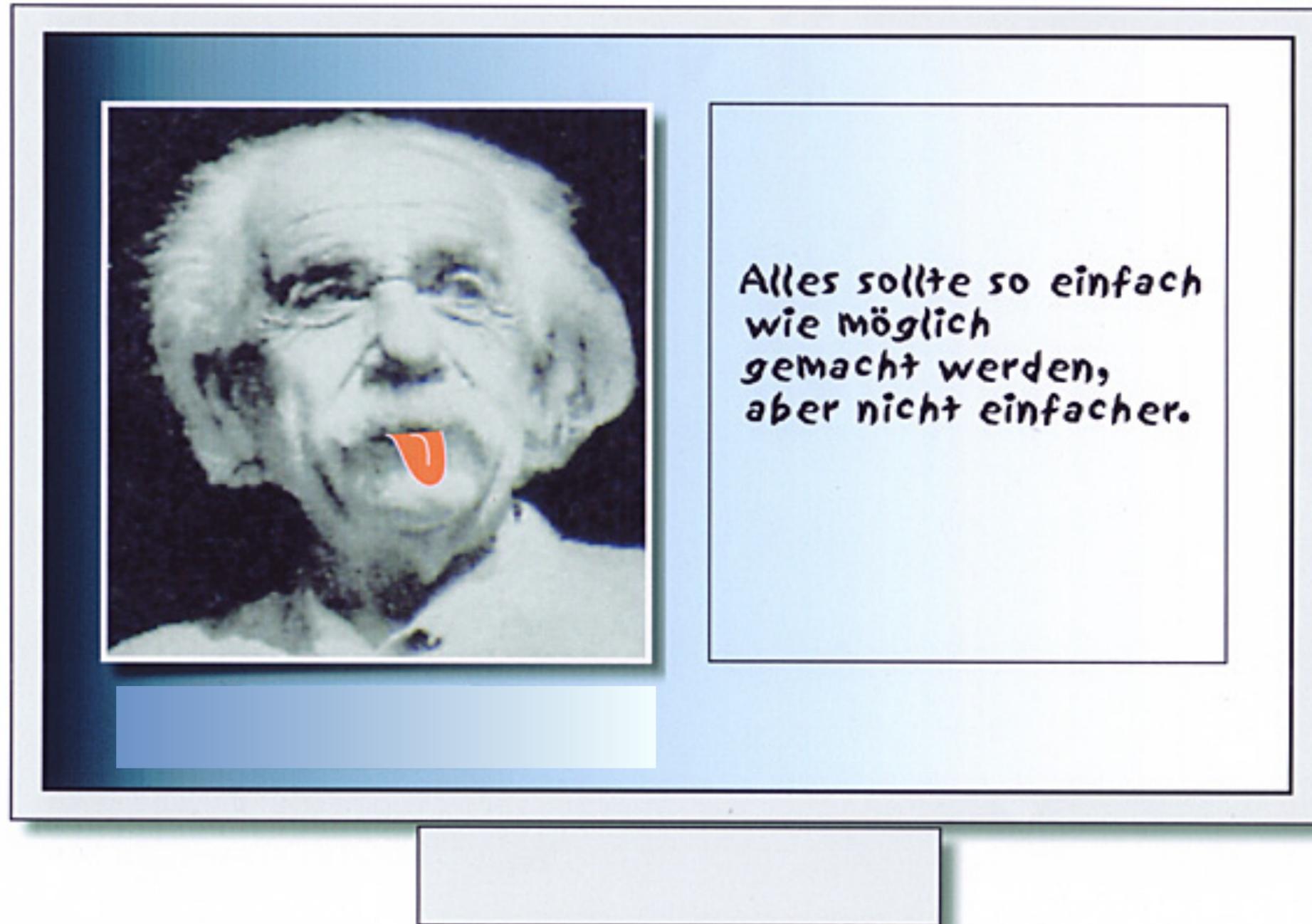
Aus der Praxis:

Konfliktsituation:
Planer / Gewerke-Lieferant / IT-Realisierung

... siehe Kapitel 5

KISS

(keep it simple and stupid!)



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

Leitfahrun

Ein komplexes MES ist auch von geübten Leitungs-
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

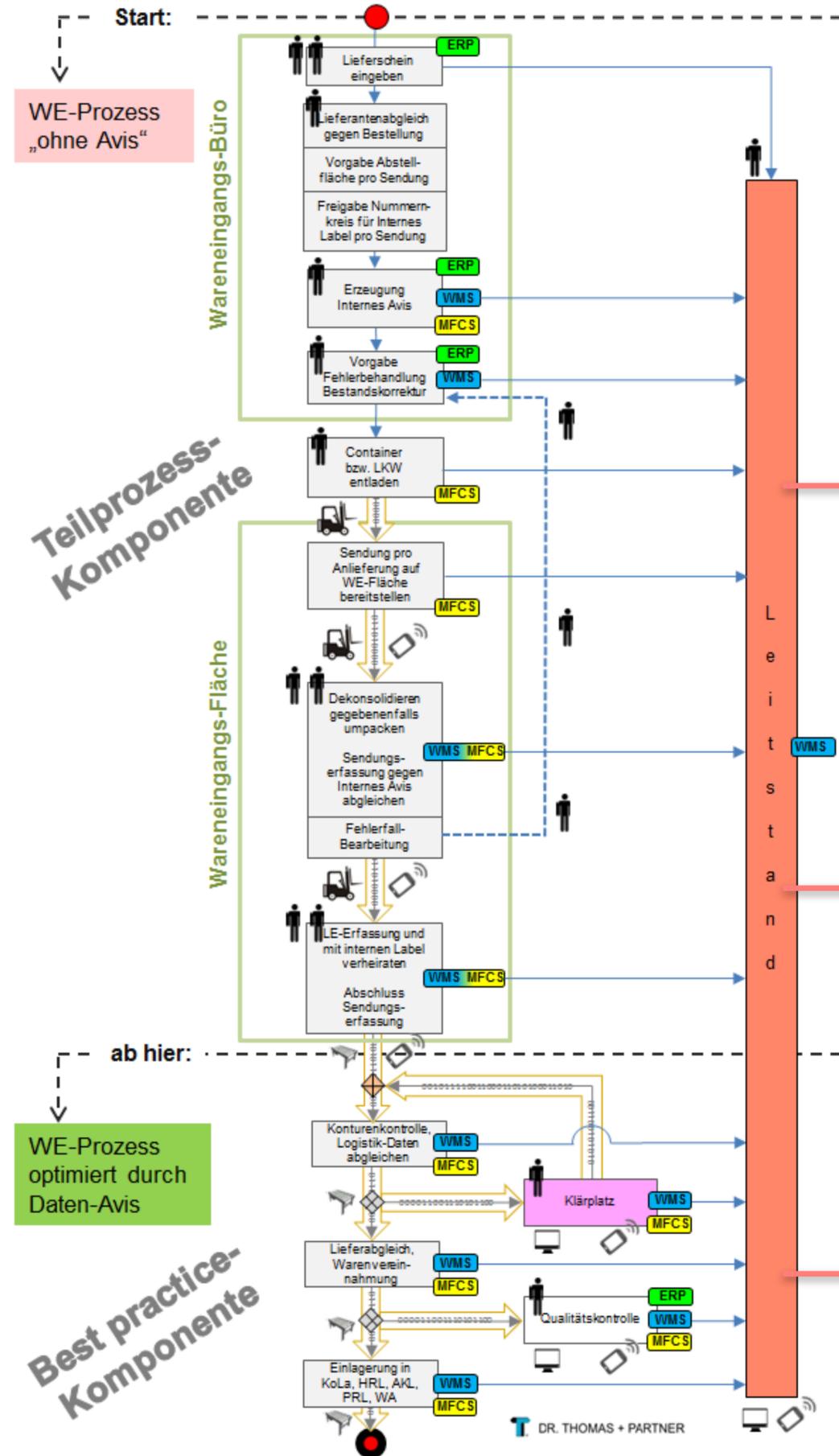


Fehler in der Planungsphase

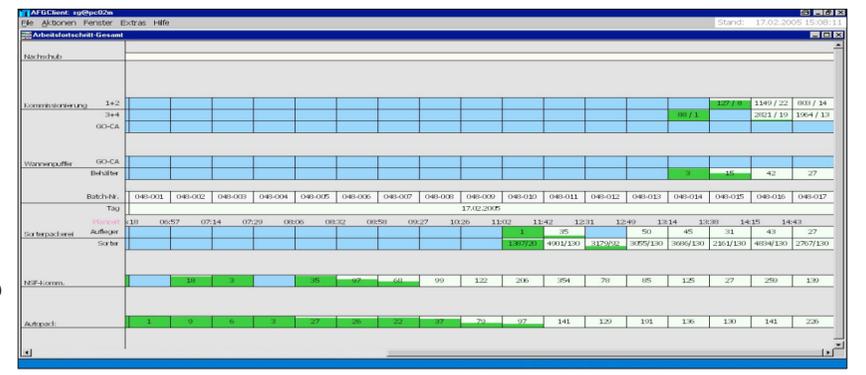
Wunsch nach unendlicher Vielfalt von Statistiken -
Controller kommen zum Zug:

- langwierige Diskussionen in der Pflichtenheft-Phase
- Entwickler verbringen wertvolle Zeit
- Implementierung kostet
- Nach der Hochlauf-Phase ändern sich die Fragestellungen

PREVIEW auf die Vorlesung/ Kapitel 5: “Geschäftsprozesse in der Intralogistik - software follows function”



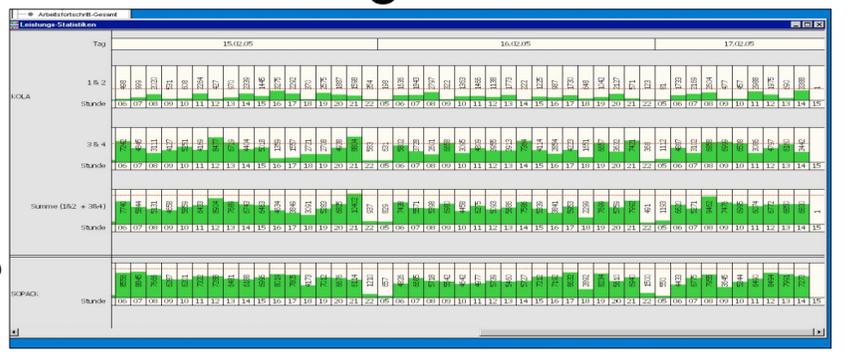
Arbeitsfortschritt



Auftragsverfolgung



Leistungsübersicht



Integriertes Geschäftsprozessmodul WE

Auswertung und Datenverdichtung



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

Abhilfe:

Loggings 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



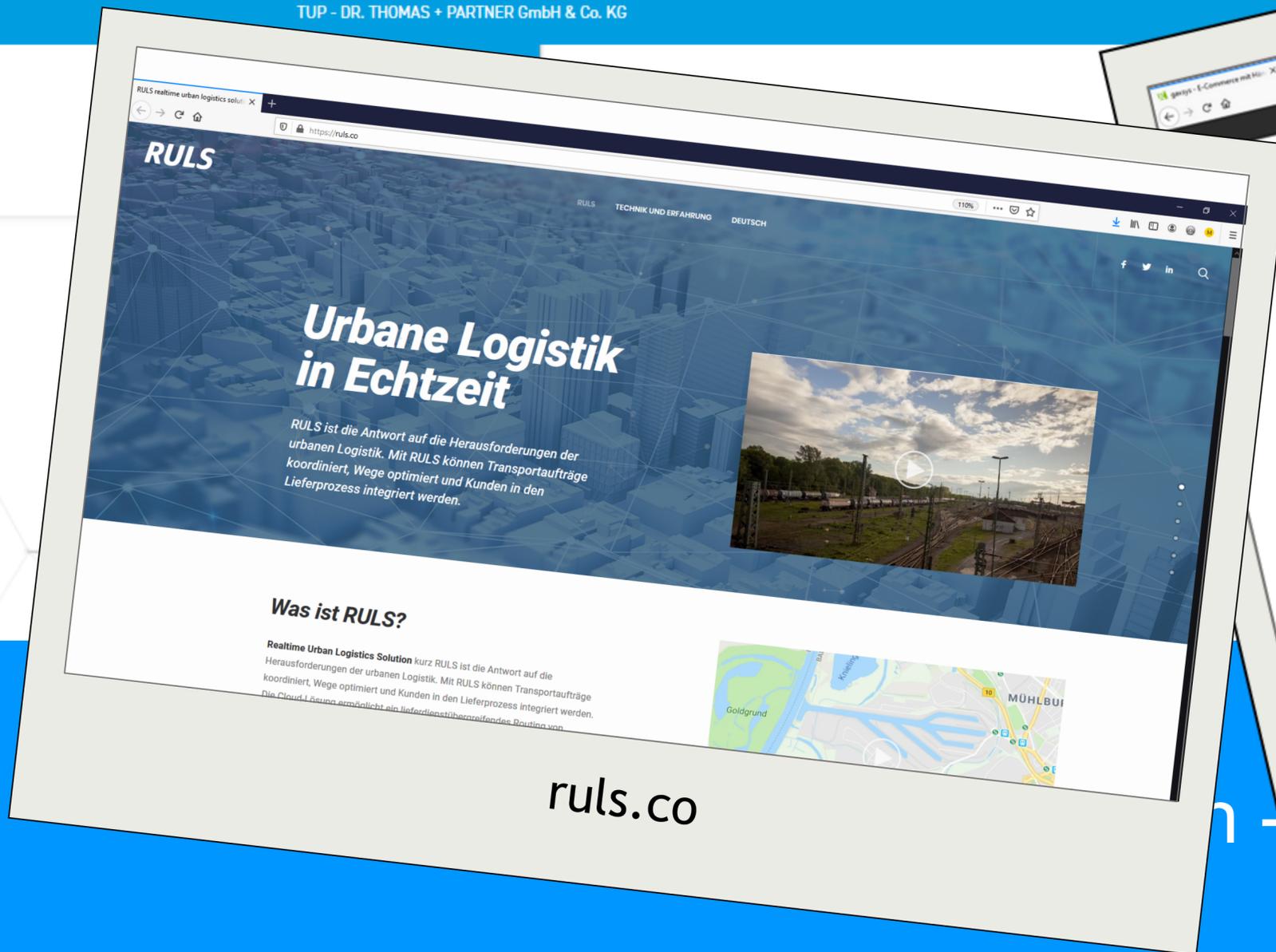
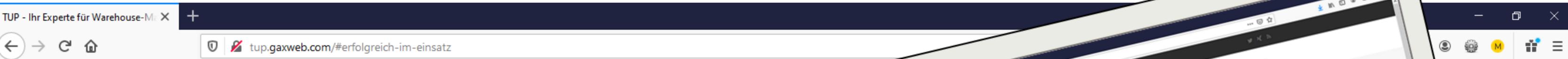
Weltweit überdimensional ansteigendes Wachstum!

Der Materialfluss steht im Mittelpunkt

„Und schon sind wir alle Teilnehmer dieser Party.“



Dr. Thomas & Partner // tup.com



n - ... aus einer Hand.



Was hat Electronic Commerce mit Materialflusssteuerung zu tun?

Über das Web wird
der Umsatz
generiert

Die bestellten Waren
werden „gebeamt“

soweit Science-fiction

Auf der Zielgeraden zur „Schaltschranklosen Fabrik“ - Industrie 4.0



Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas



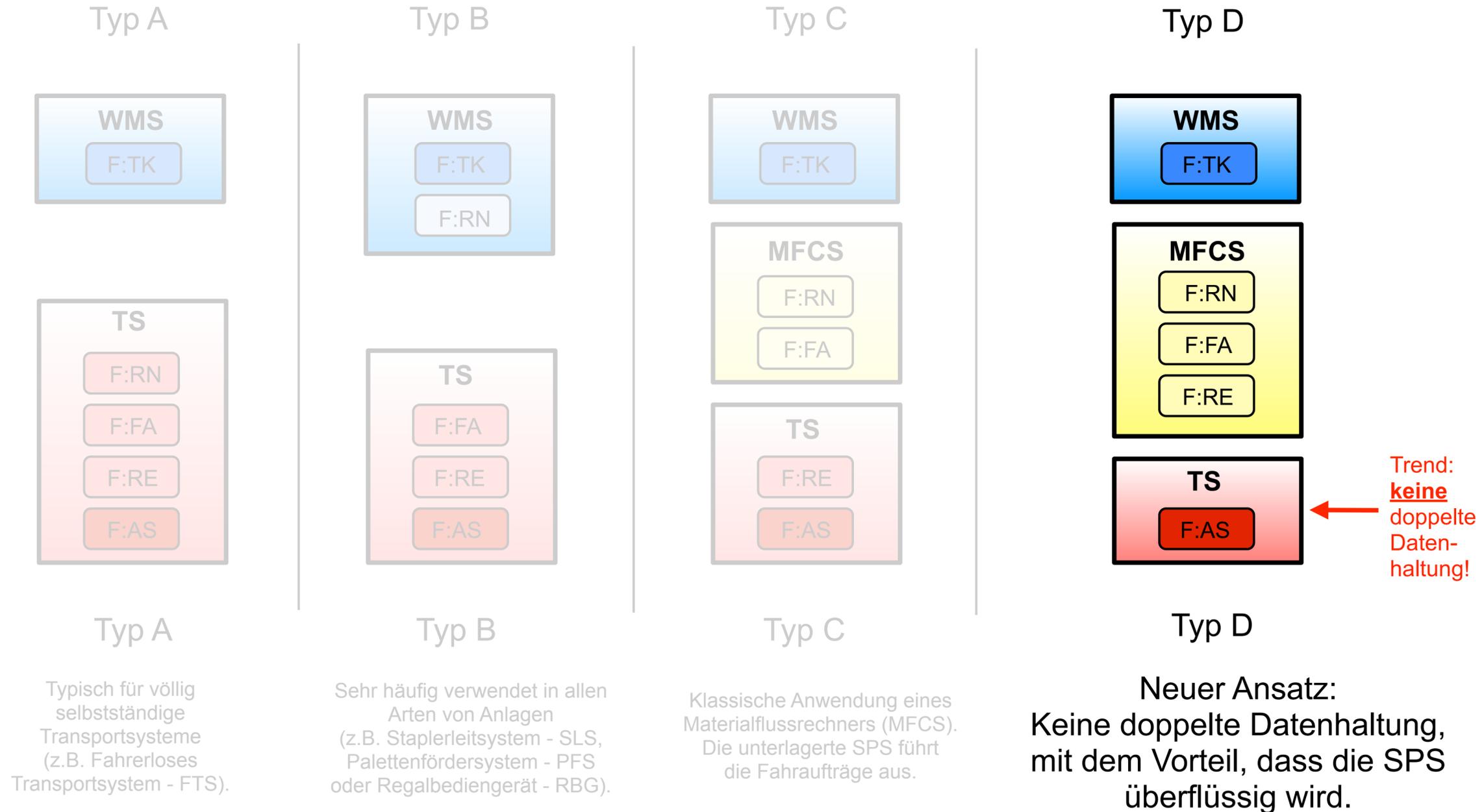
Auf dem Weg zur „Schaltschranklosen Fabrik“



- 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



Funktionskonfigurationen (Neuer Ansatz Typ D)

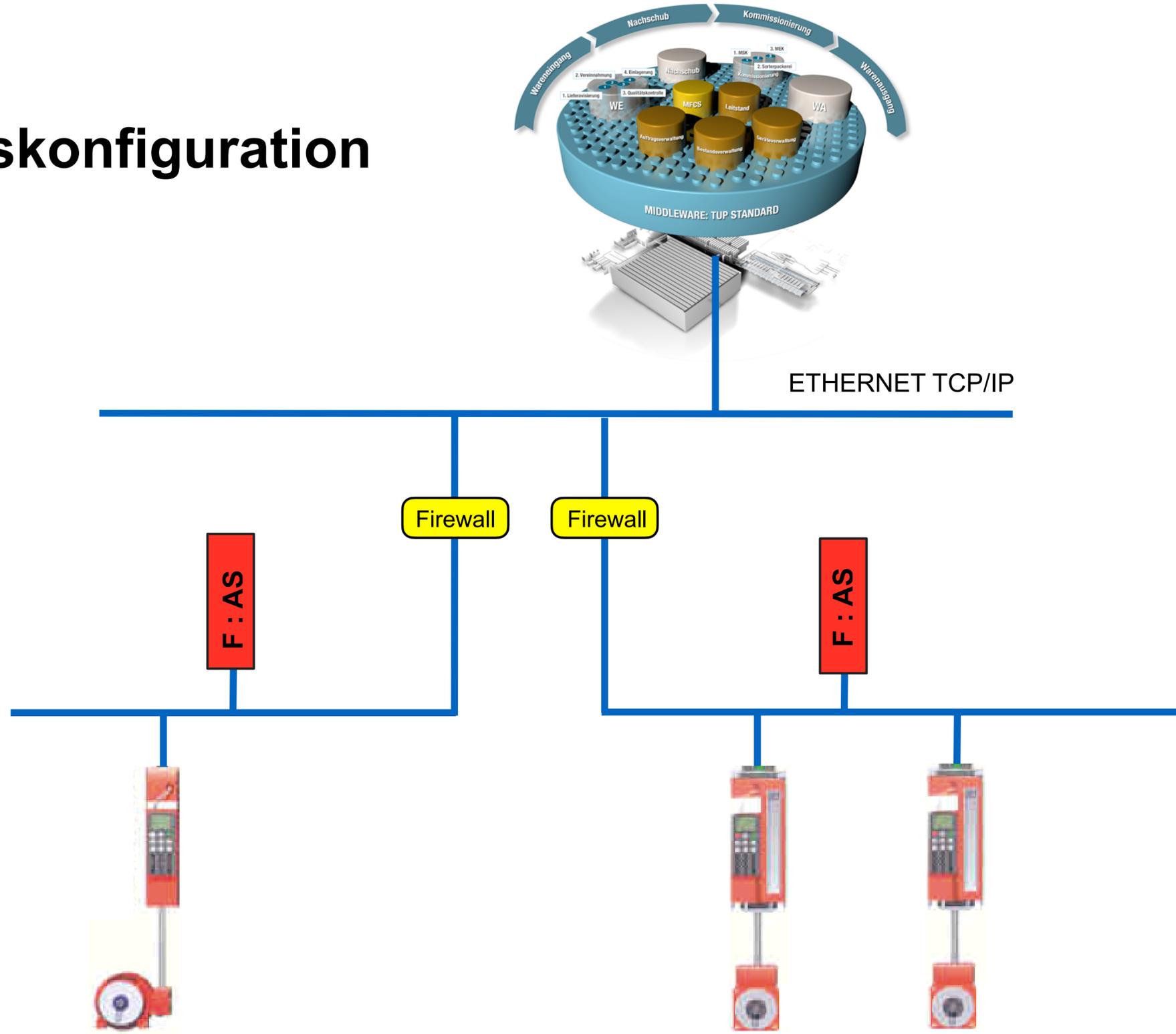




Nächster Schritt in Richtung „Schaltschrankloser Fabrik“

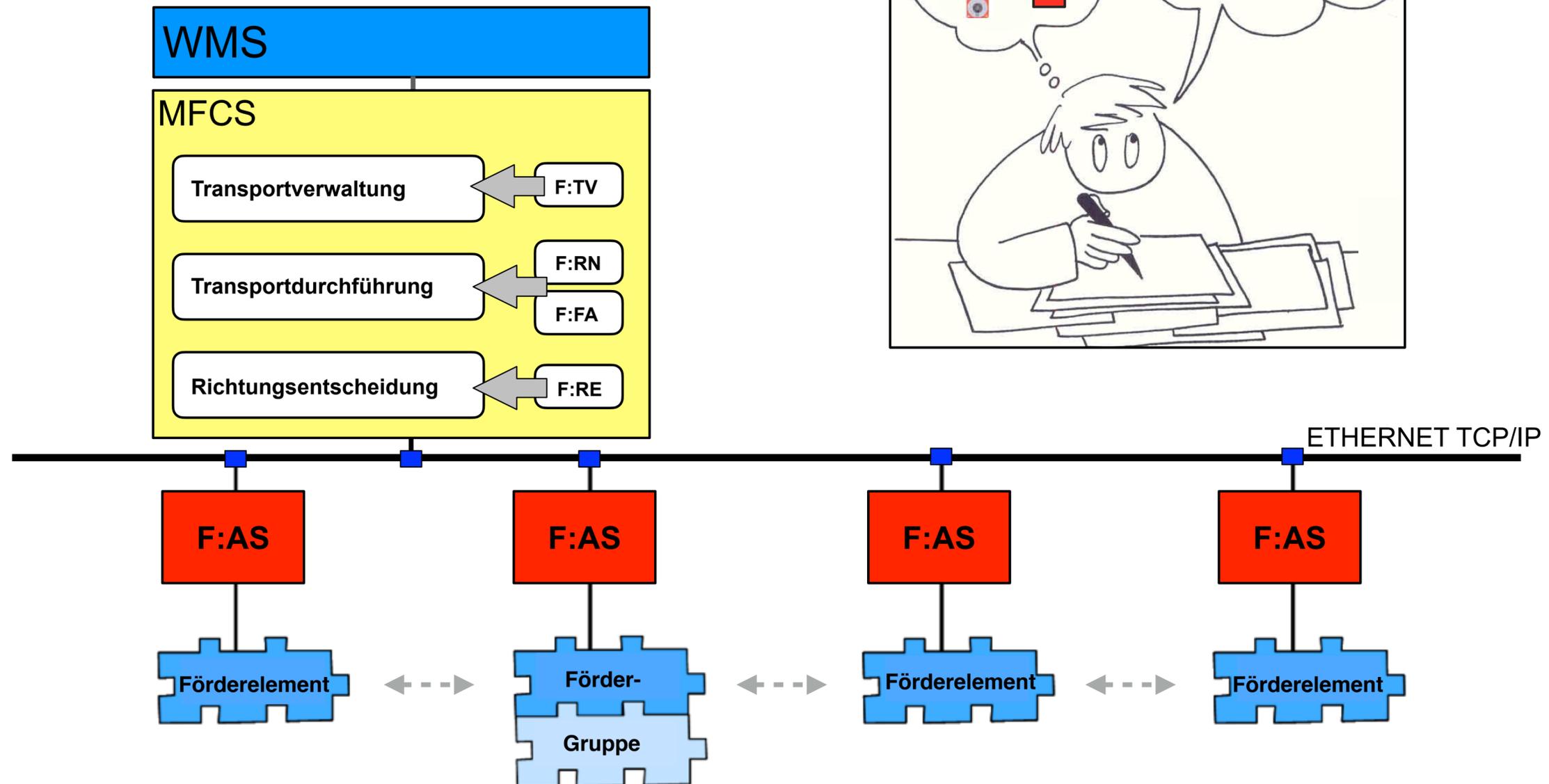
- Durch unsere stetige Weiterentwicklung des MFC erreichen wir heute Prozessreaktionszeiten <10 ms.
- Damit gelingt der neue Ansatz:
 - Die Steuerungslogik wandert aus dem Schaltschrank zur Physik
 - Jedes Conveyor-Element hat eine eigene Steuerungslogik
- Vorteil:
 - Im Schaltschrank bleibt nur die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

Neue Funktionskonfiguration



Kommunikation über Industrial ETHERNET

Neue Funktionskonfiguration



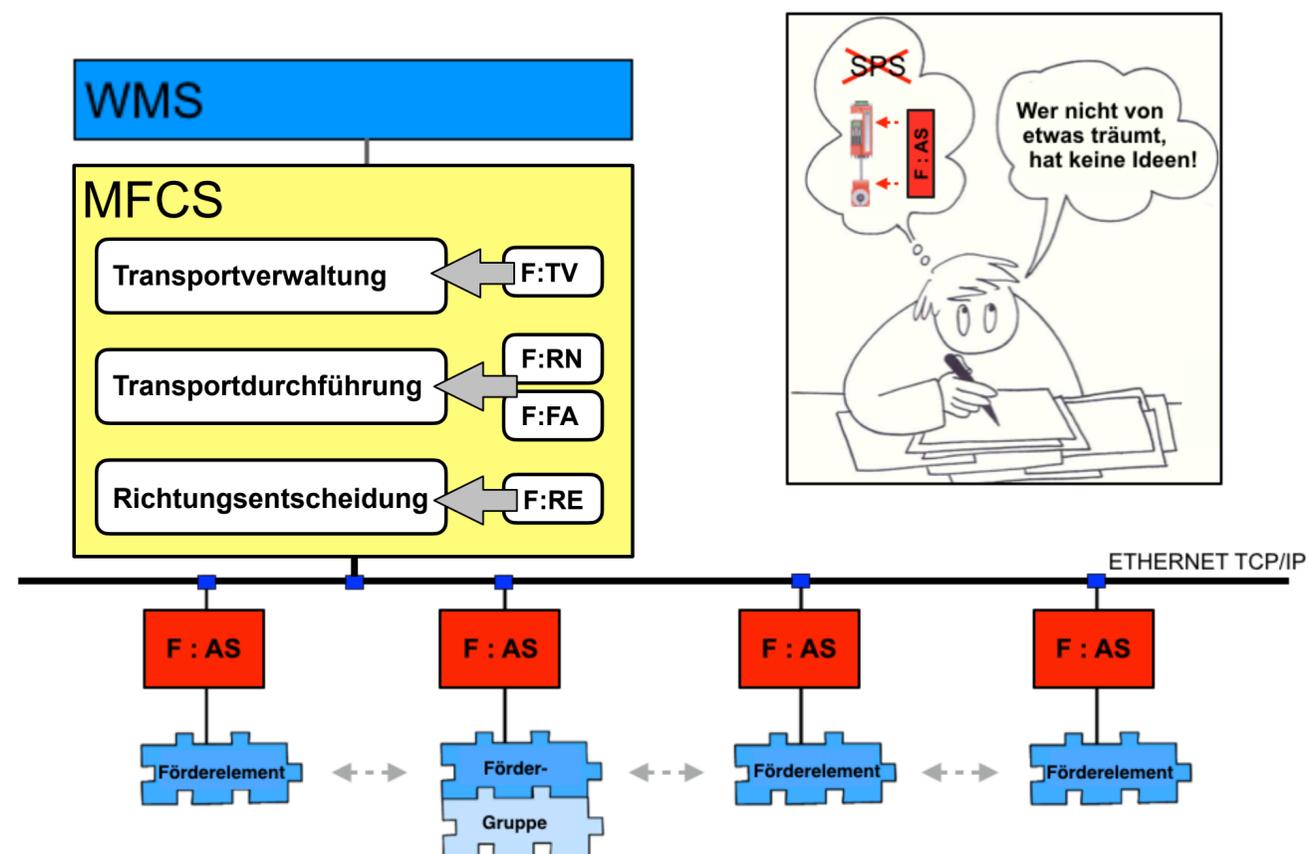


Nächster Schritt in Richtung „Schaltschrankloser Fabrik“

→ Weiterentwicklung MFC:
Reaktionszeiten < 10 ms

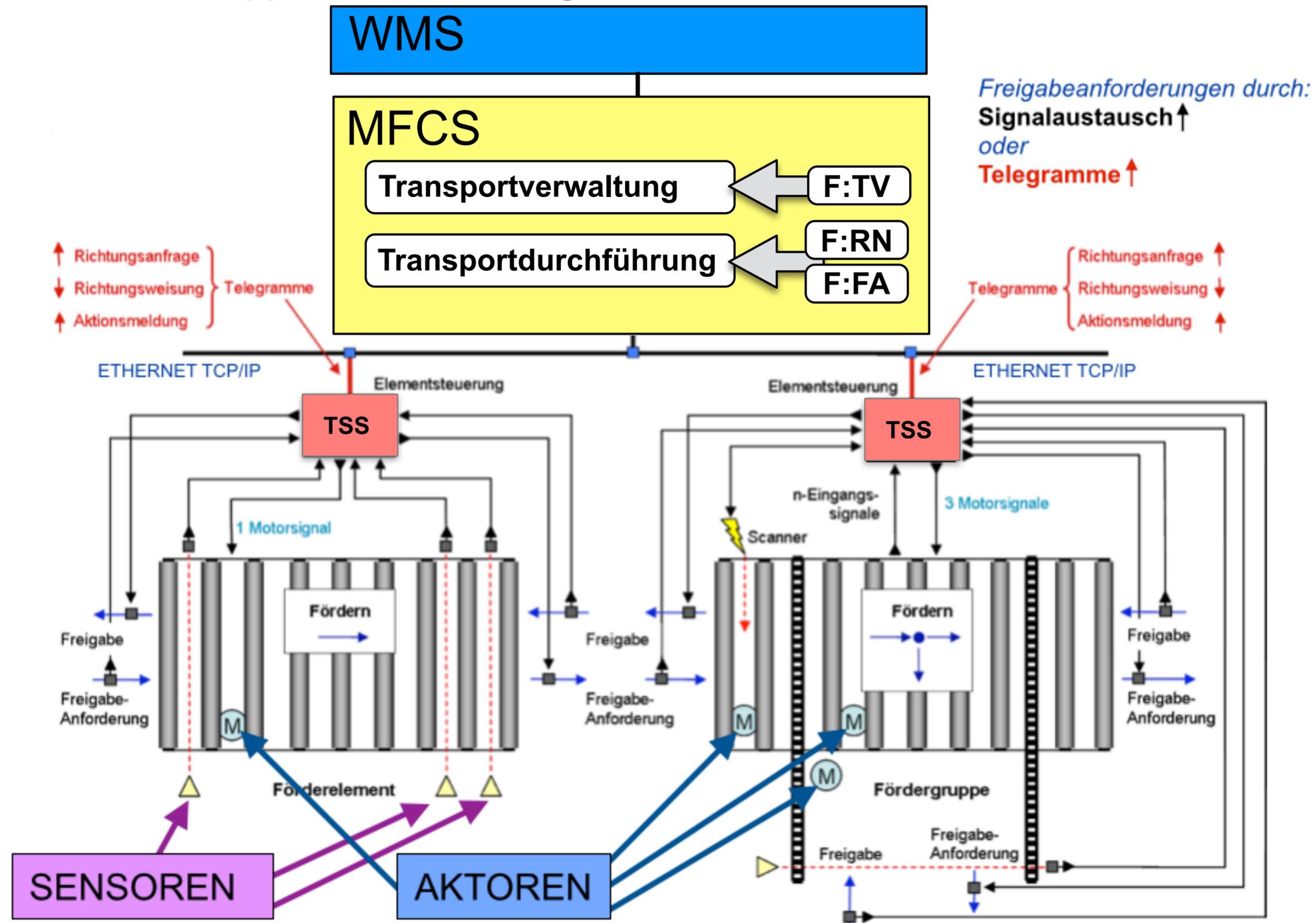
→ **Neuer Ansatz:**
MFC + ~~SPS~~ + F:AS

→ F:AS?
F:AS ist Bestandteil jedes
Förderelements

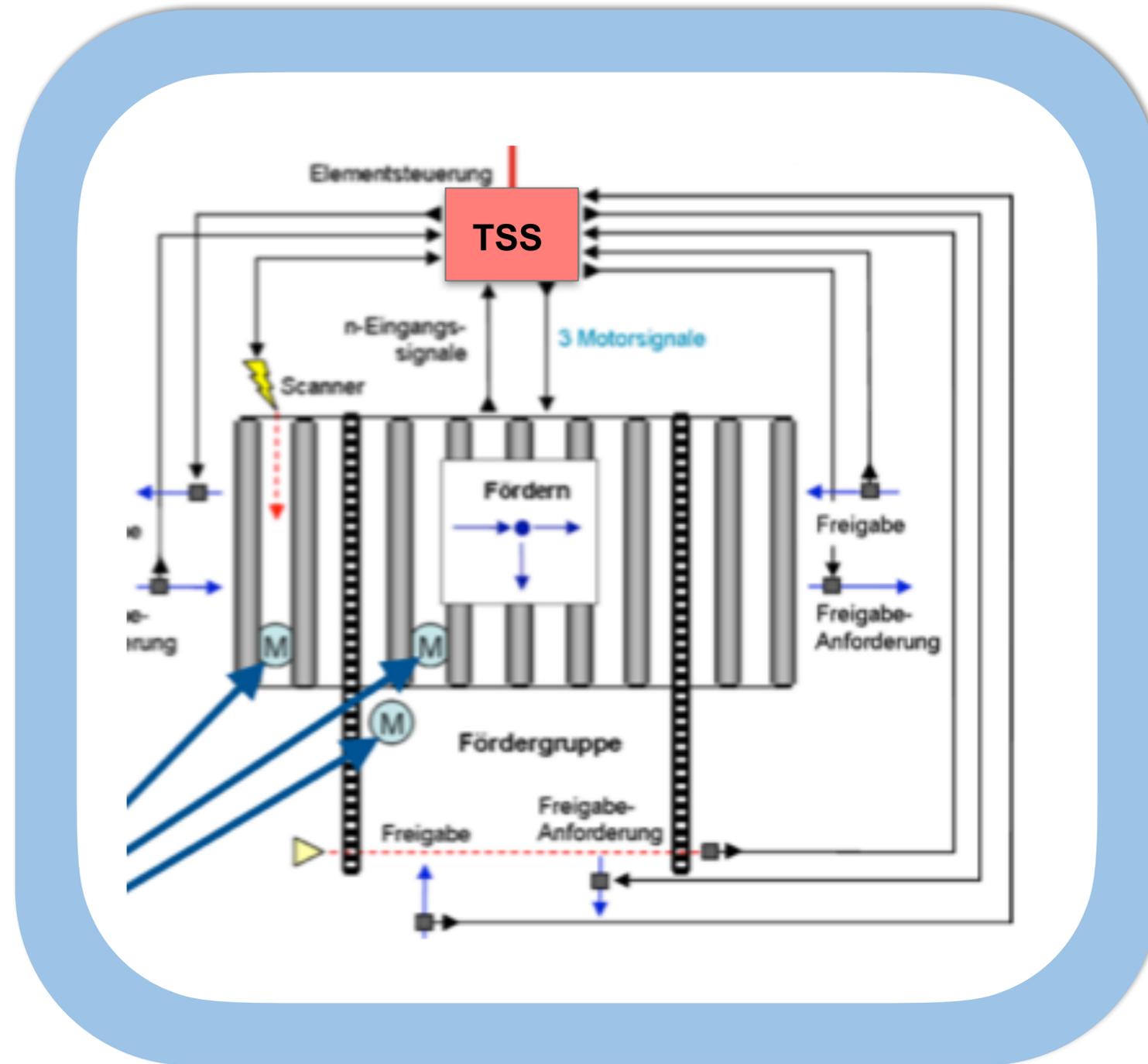


Funktionsmodularisierung - Industrie 4.0

Applikationsansatz: keine doppelte Datenhaltung

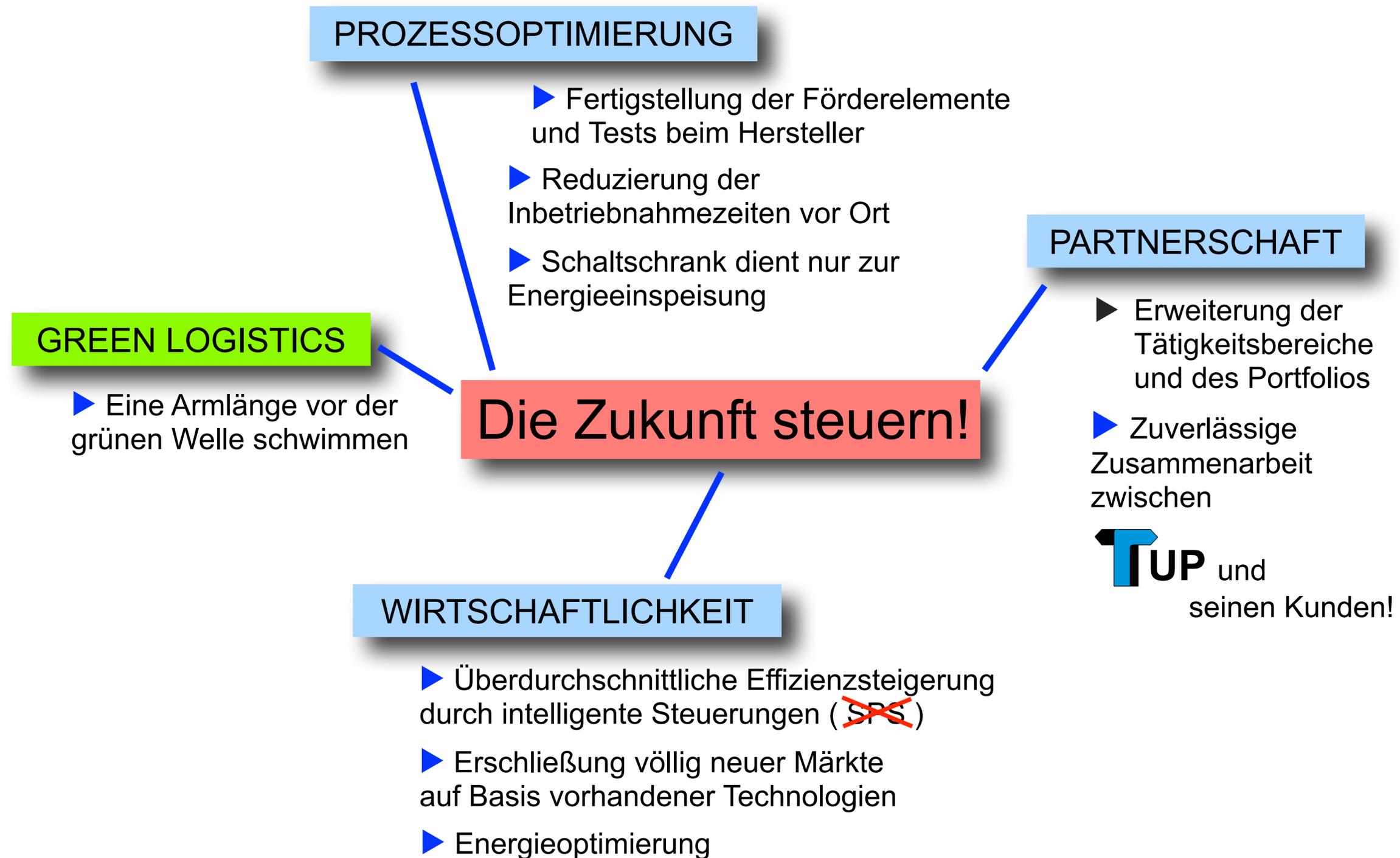


Richtungsentscheidung



Minimalistische SPS

Auf der Zielgeraden zur „Schaltschranklosen Fabrik“ - Industrie 4.0

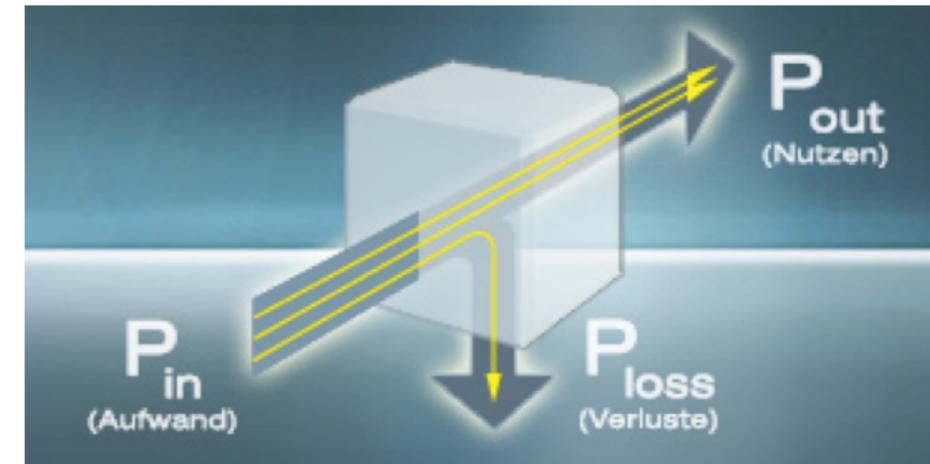




- ▶ Die Drehstrommotoren werden künftig weltweit in **vier Klassen** unterteilt.

~~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



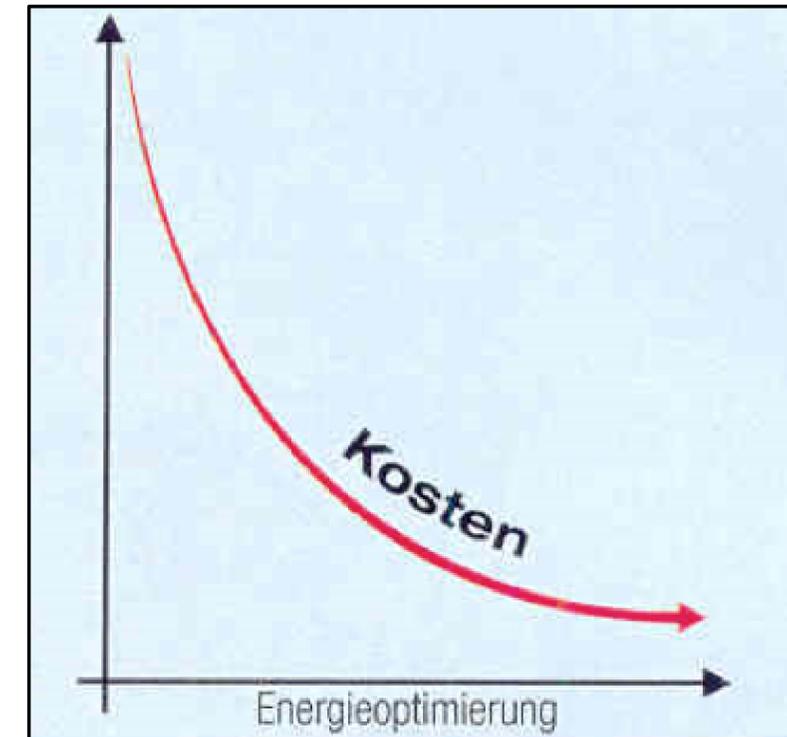
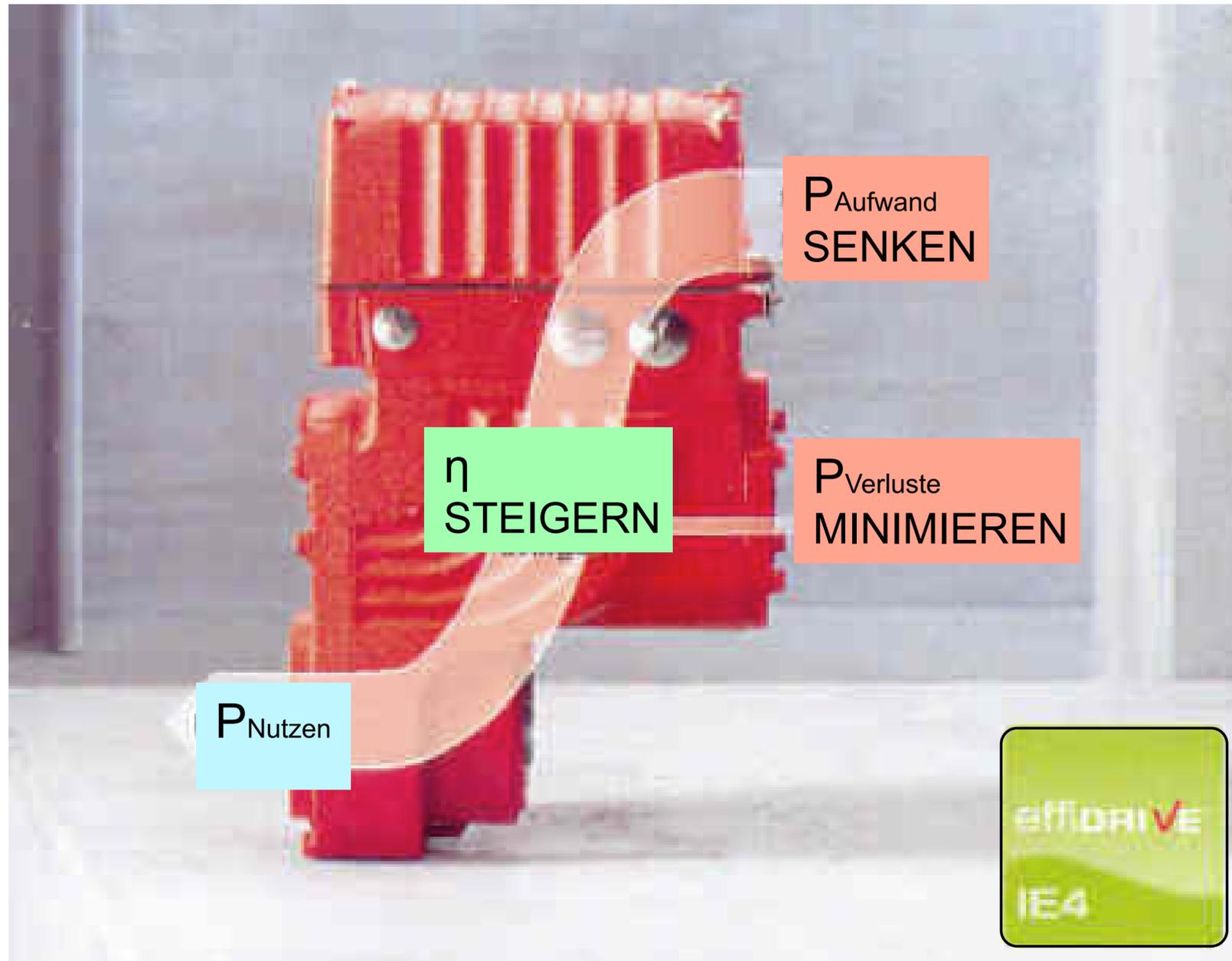
- ▶ Mit dem Wirkungsgrad wird die Effizienz von Elektromotoren bei der Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie beschrieben.
- ▶ Die EUP-Richtlinie (Ecodesign) verabschiedete, dass **ab Juni 2011** in Europa nur noch Energiesparmotoren der **Wirkungsgradklasse IE 2** in Verkehr gebracht werden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

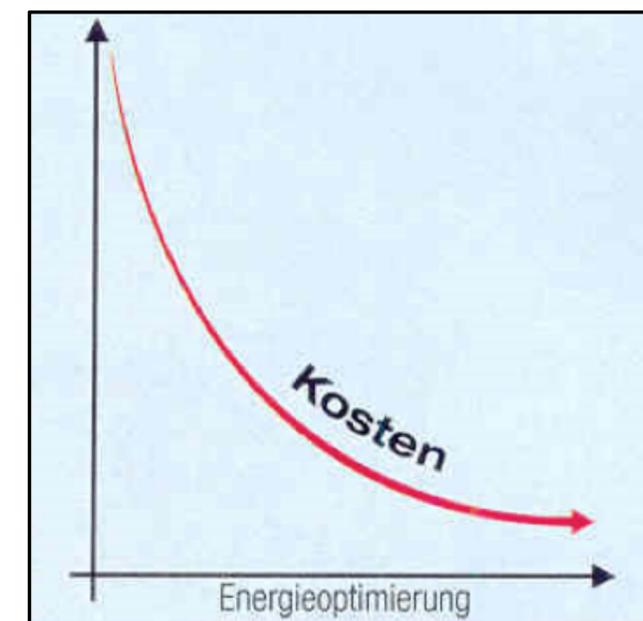
Beispiel:

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

Anmerkung: bei etwa 13.000.000 DAS-Elektromotoren bundesweit, wäre das eine jährliche CO2-Emissionsreduzierung von über 30 Millionen Tonnen und eine Energiekosten-Ersparnis von fast 7 Milliarden € pro Jahr.



Gesamtwirkungsgrad ist abhängig vom Motor, Getriebe und Regelung.

Energiekosten reduzieren durch gesteigerten Gesamtwirkungsgrad.

Diskussionsforum

Vorteile innovativer MFC-Systeme



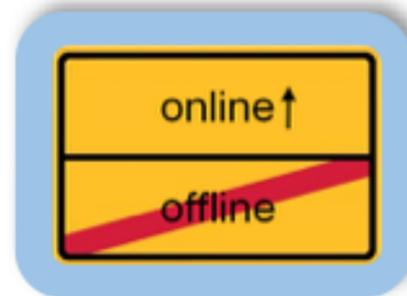
Kurze Reaktionszeiten



Testbarkeit



Hochverfügbarkeit



Transparenz



Flexibilität

