



TUP.COM

IT-GRUNDLAGEN DER LOGISTIK 2020

Chancen der digitalen Transformation

Kapitel 2: Gestaltung und Einsatz innovativer MFCS

Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas



22. April 2020



TUP.COM

Fragen?

Fragen können Sie am besten während und am Ende der online-Vorlesung in den Zoom-Chat schreiben.

Zu Beginn der nächsten Vorlesung gehe ich auf Ihre Fragen ein.

Danke.



Einleitung

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)

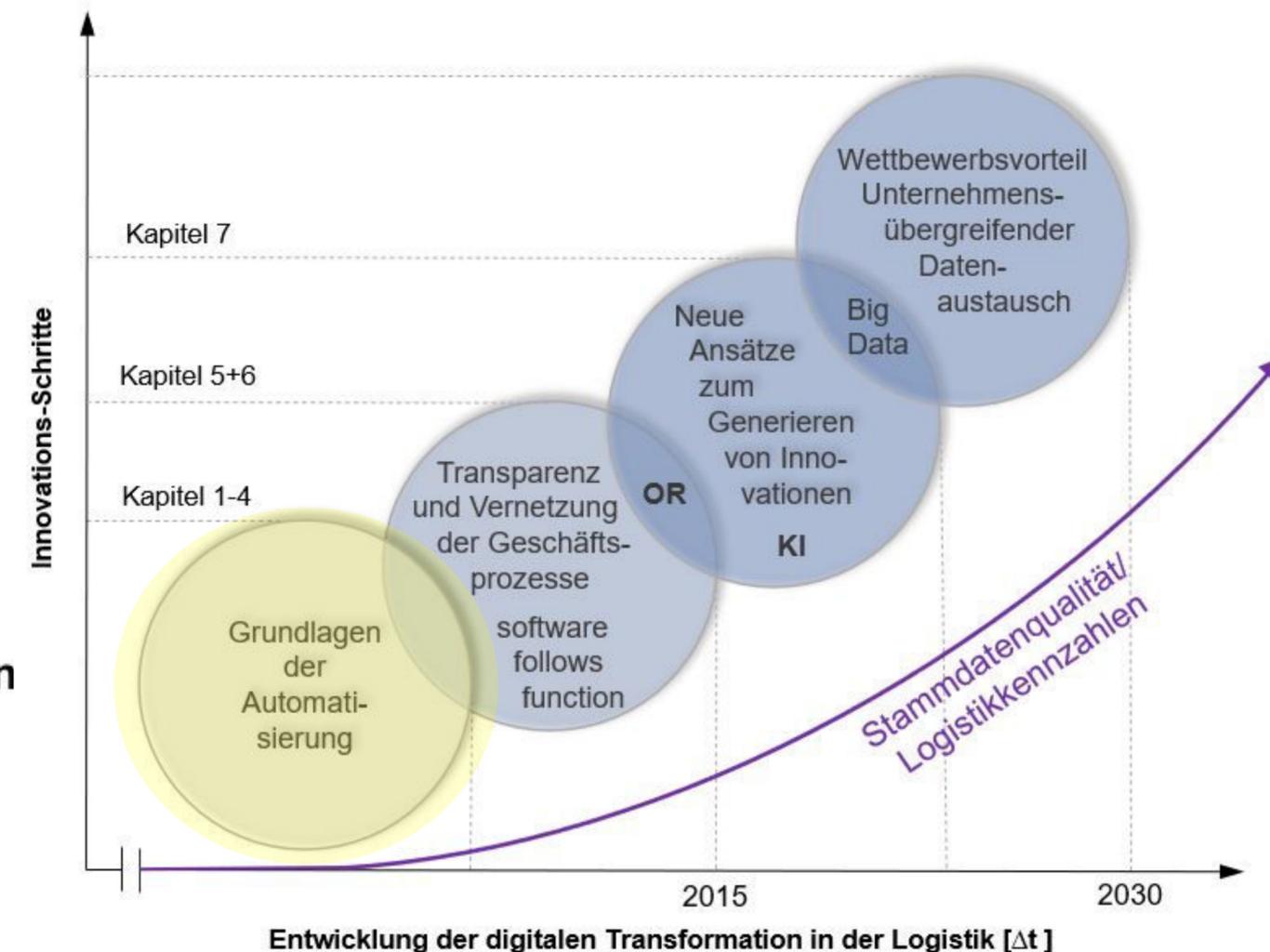
Kapitel 3:
Warenidentifikation – Anwendung in der Logistik

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



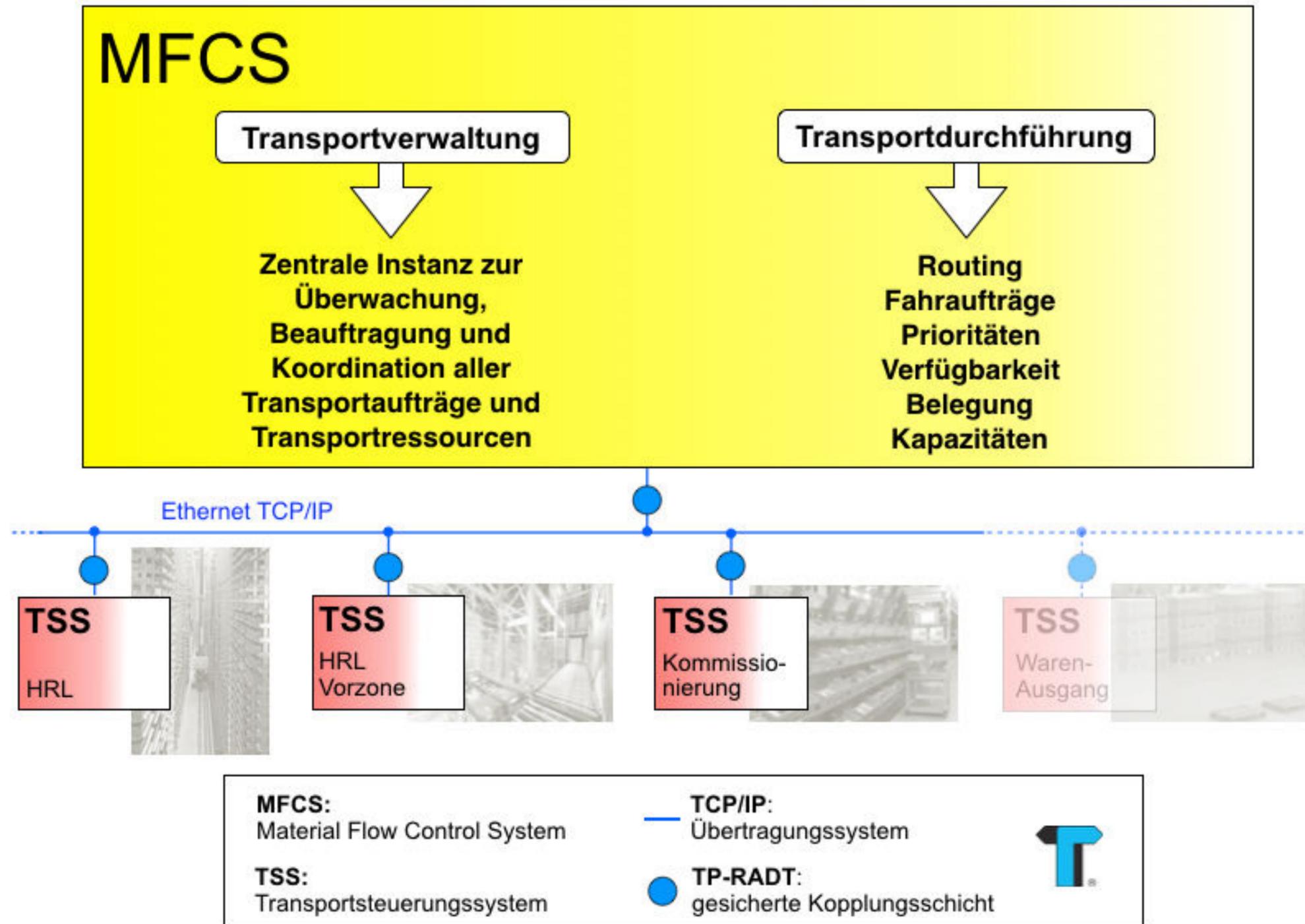


Die wichtigste Aufgabe der MFCS ist die Beauftragung von Fördersystemen mit Fahraufträgen in einer Weise, die die Anlage optimal auslastet und die logistischen Prozesse termingerecht bedient.

Aufgabenzuordnung des MFCS



TUP.COM



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

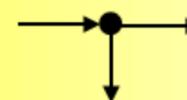
F:FA – Fahrauftragsverwaltung

eines Förderbereichs -
z.B. in einer Kommissionierzone

F:RE – Richtungsentscheidung

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

Fördern:



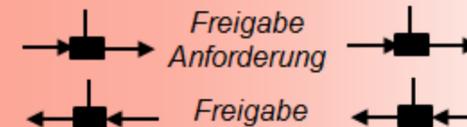
↑ Richtungsanfrage
↓ Richtungsanweisung
↑ Aktionsmeldung

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 \longleftrightarrow TSS mit nur drei Telegrammen:

Data Transfer DT: vor einem Aktionspunkt

1) DT: TSS \longrightarrow MFCS: Richtungsanfrage für das Transportgut

2) DT: MFCS \longrightarrow TSS: Richtungsanweisung für das Transportgut

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

oder:

DT: MFCS \longrightarrow TSS: links ab

oder:

DT: MFCS \longrightarrow TSS: rechts ab

3) DT: TSS \longrightarrow MFCS: Auftrag ist durchgeführt

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 welchen 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:

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

Kursbuch verfolgen

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

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:

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

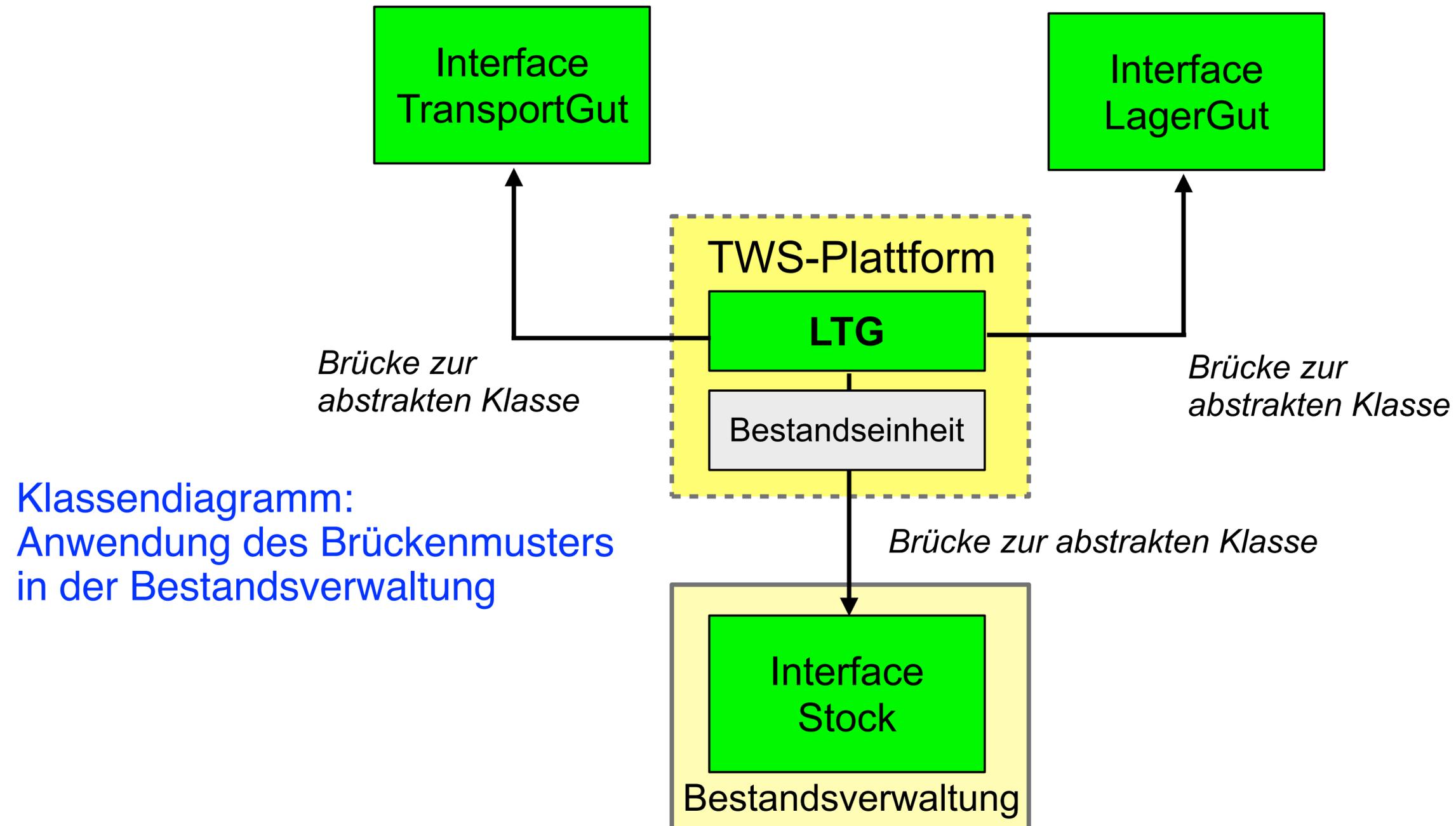
- ❑ durch standardisierte Module **Bereichsverwalter**
- und
- ❑ durch das Entwurfsmuster **Die Brücke** auf das Transportgut angewendet.

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



TUP.COM

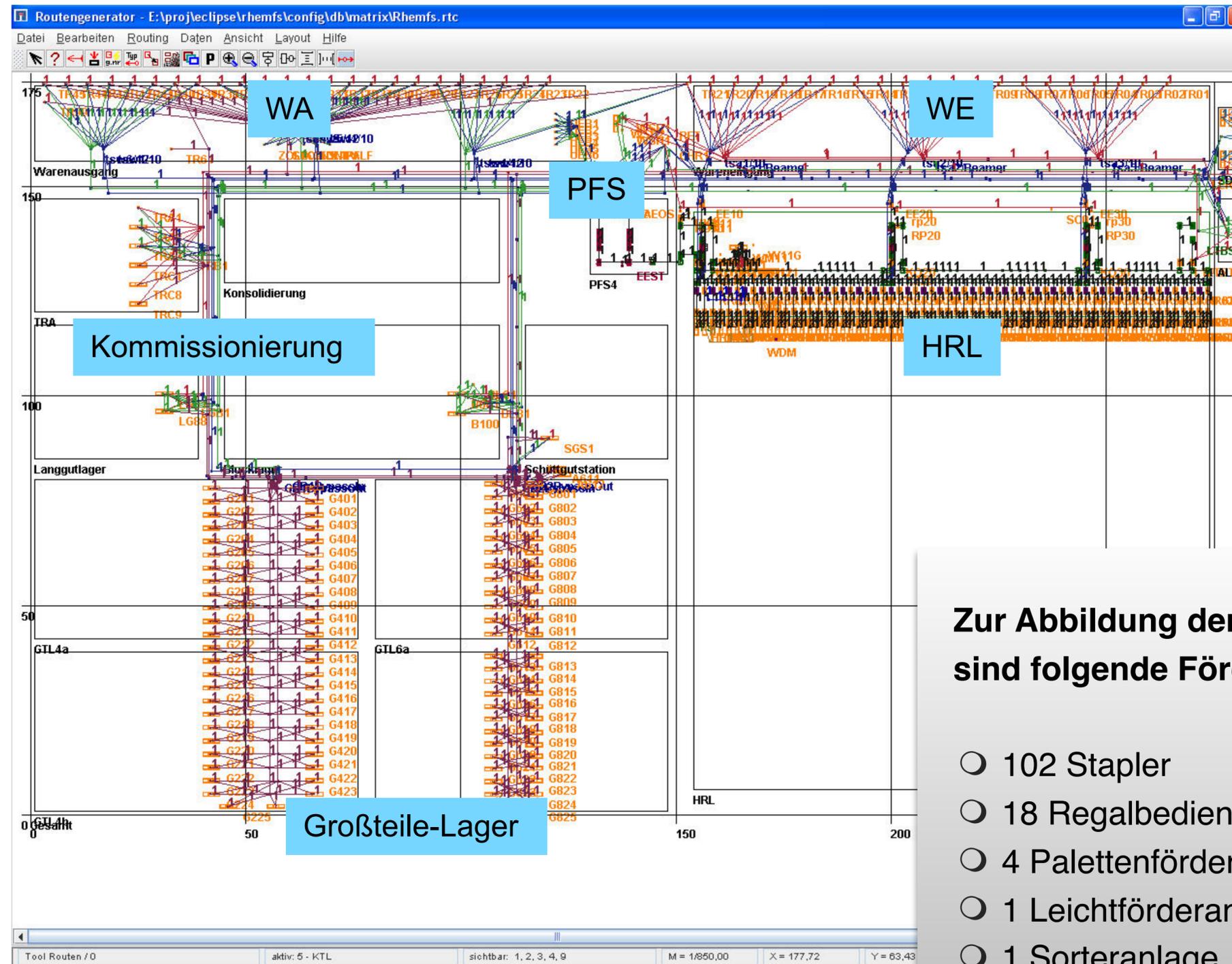


Softwareentwicklung nach industriellen Maßstäben
erhöht die Planungsmintelligenz bei Intralogistik-Systemen

Praxisbeispiel: Groblayout eines Distributionszentrums



TUP.COM



Zur Abbildung der logistischen Prozesse sind folgende Fördermittel im Einsatz:

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

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

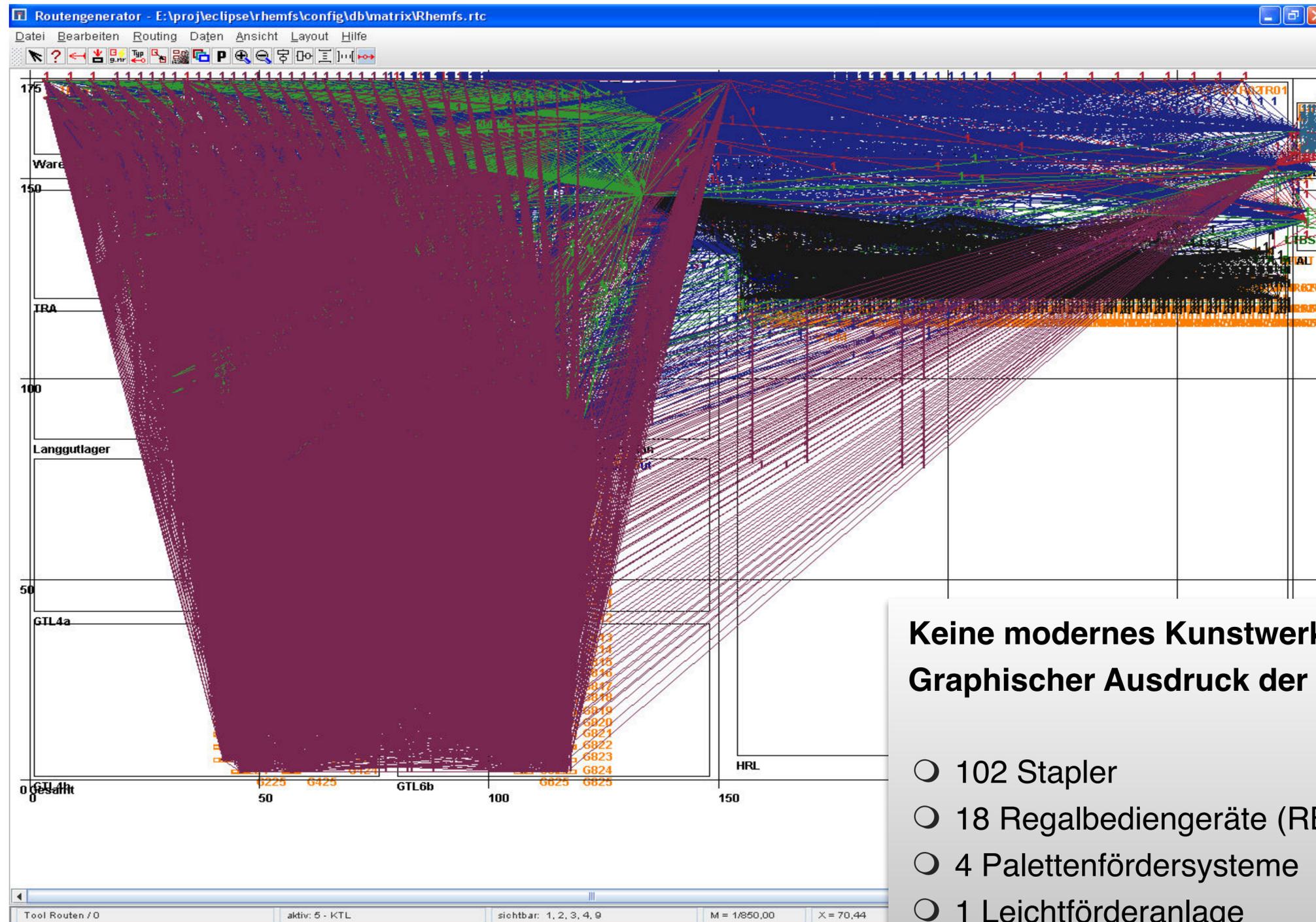
- **Durch die Routingtabelle und die stetige Weiterentwicklung werden heute Prozessreaktionszeiten von <15ms erreicht, d.h. ein MFCS bedient online:**

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

Routengenerator / Routentabelle



TUP.COM



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

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

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



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

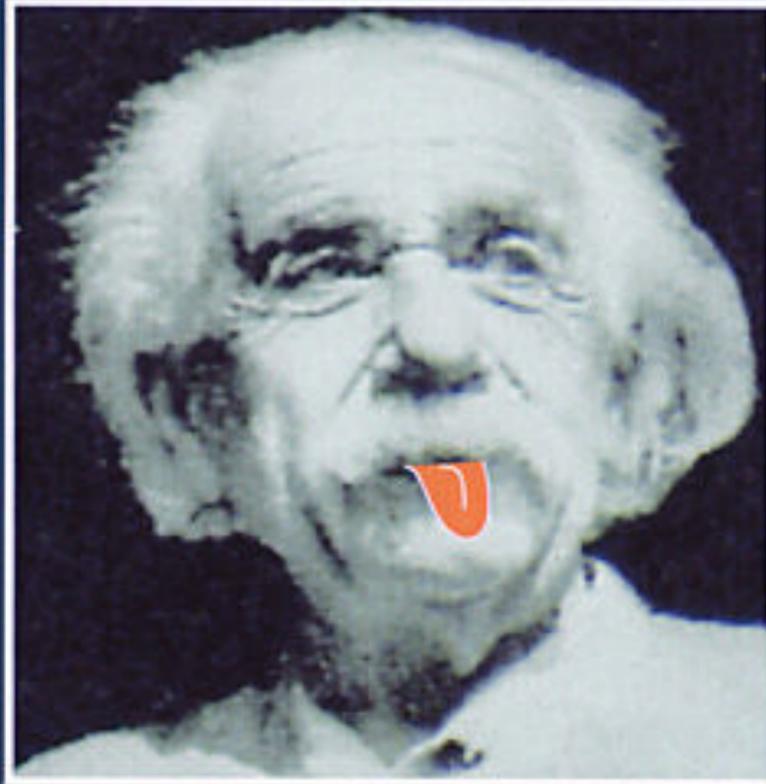
... siehe Kapitel 5

KISS

(keep it simple and stupid!)



TUP.COM



Alles sollte so einfach
wie möglich
gemacht werden,
aber nicht einfacher.

Fehler in der Planungsphase bei MFC-Systemen

Betriebszustände



TUP.COM

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

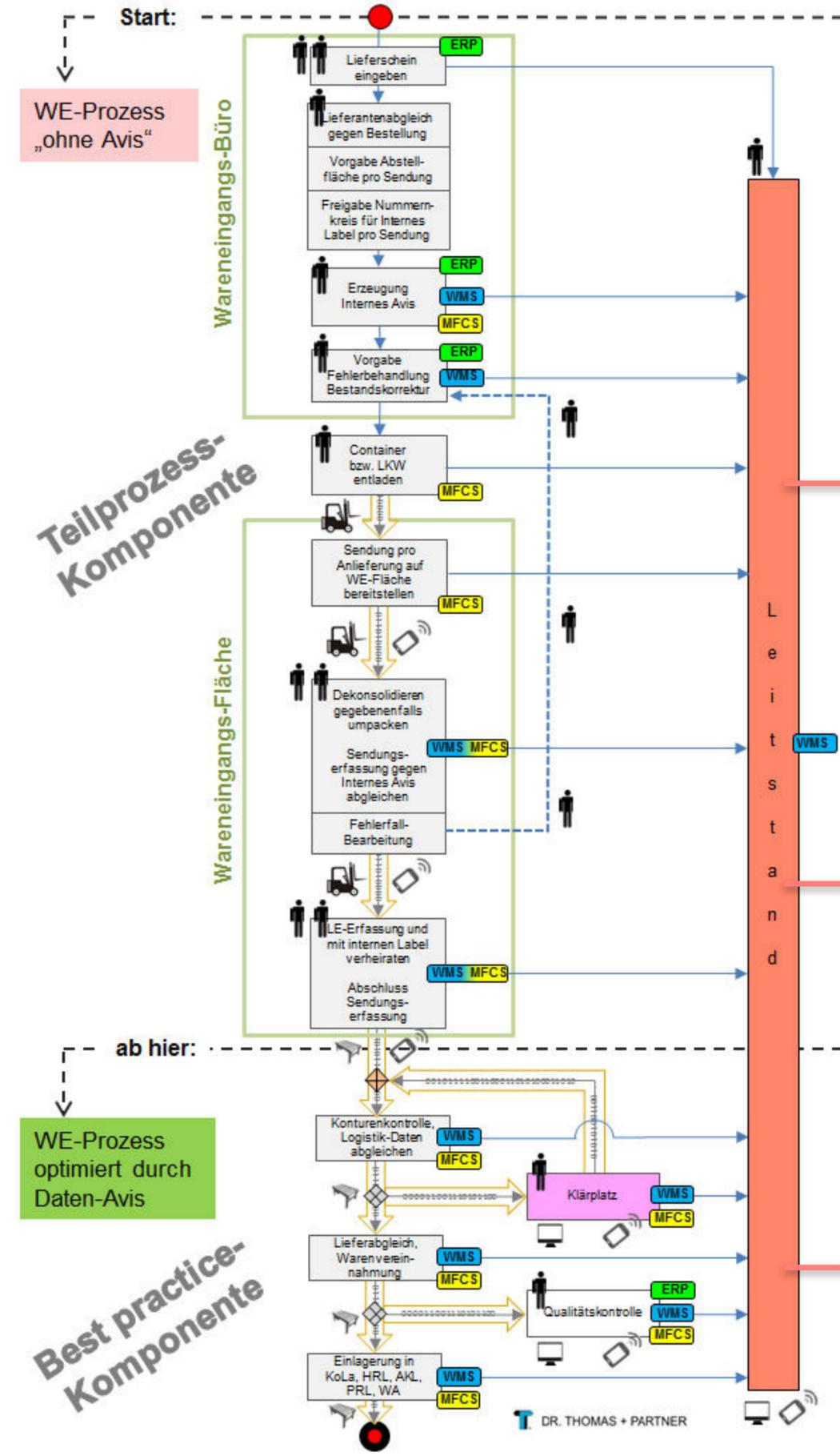
Fehler in der Planungsphase



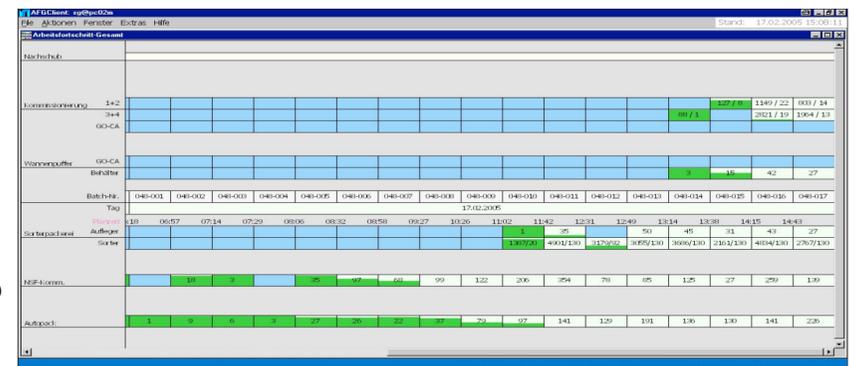
Wunsch nach unendlicher Vielfalt von Statistiken -
Controller kommen zum Zug:

- langwierige Diskussionen in der Pflichtenheft-Phase
- Entwickler verbraten 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"



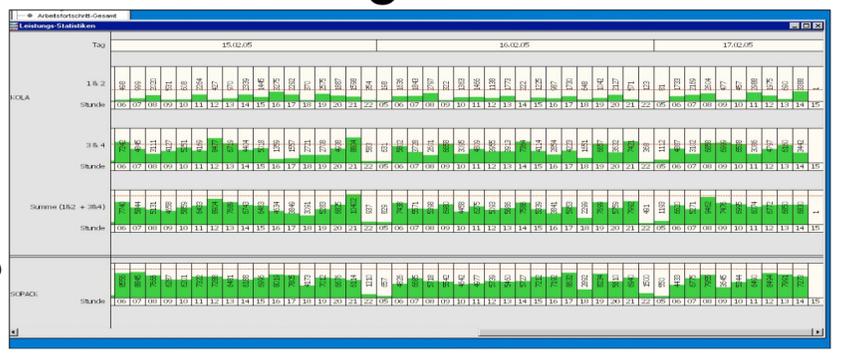
Arbeitsfortschritt



Auftragsverfolgung



Leistungsübersicht



Integriertes Geschäftsprozessmodul WE

Best practice-Komponente

Auswertung und Datenverdichtung



TUP.COM

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.“



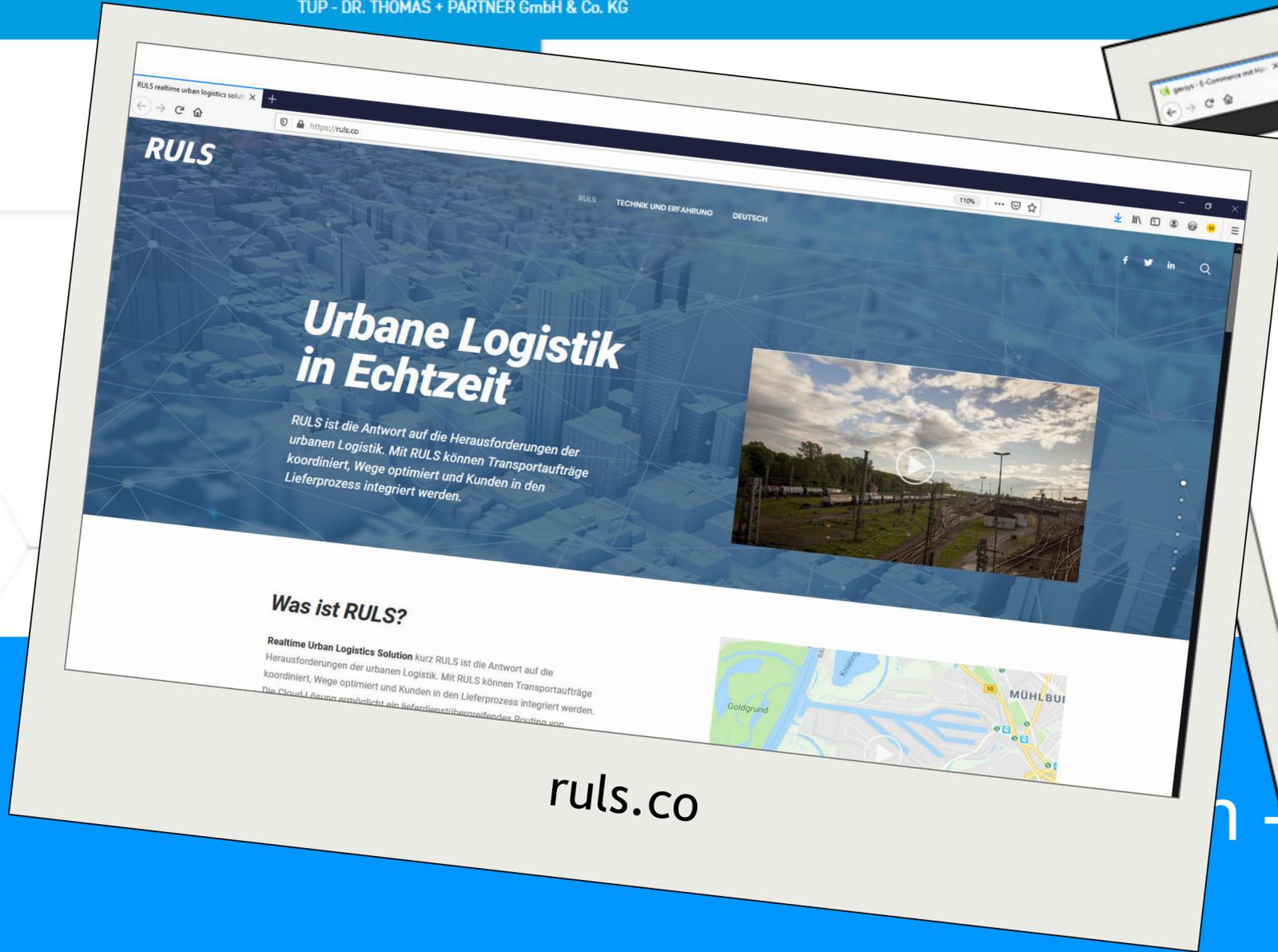
Dr. Thomas & Partner // tup.com



TUP.COM



TUP - DR. THOMAS + PARTNER GmbH & Co. KG



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



TUP.COM

Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas

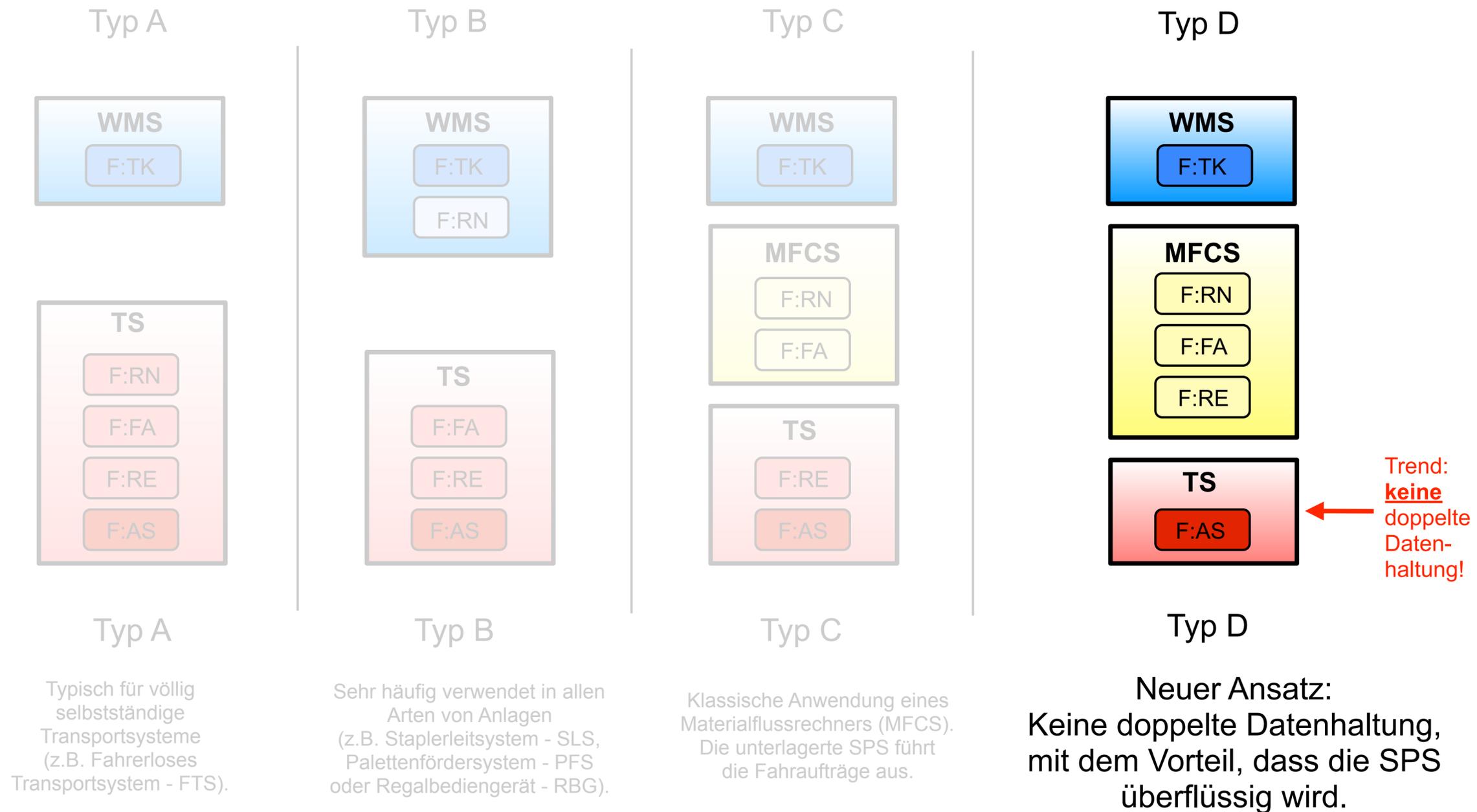


Auf dem Weg zur „Schaltschranklosen Fabrik“



- 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)

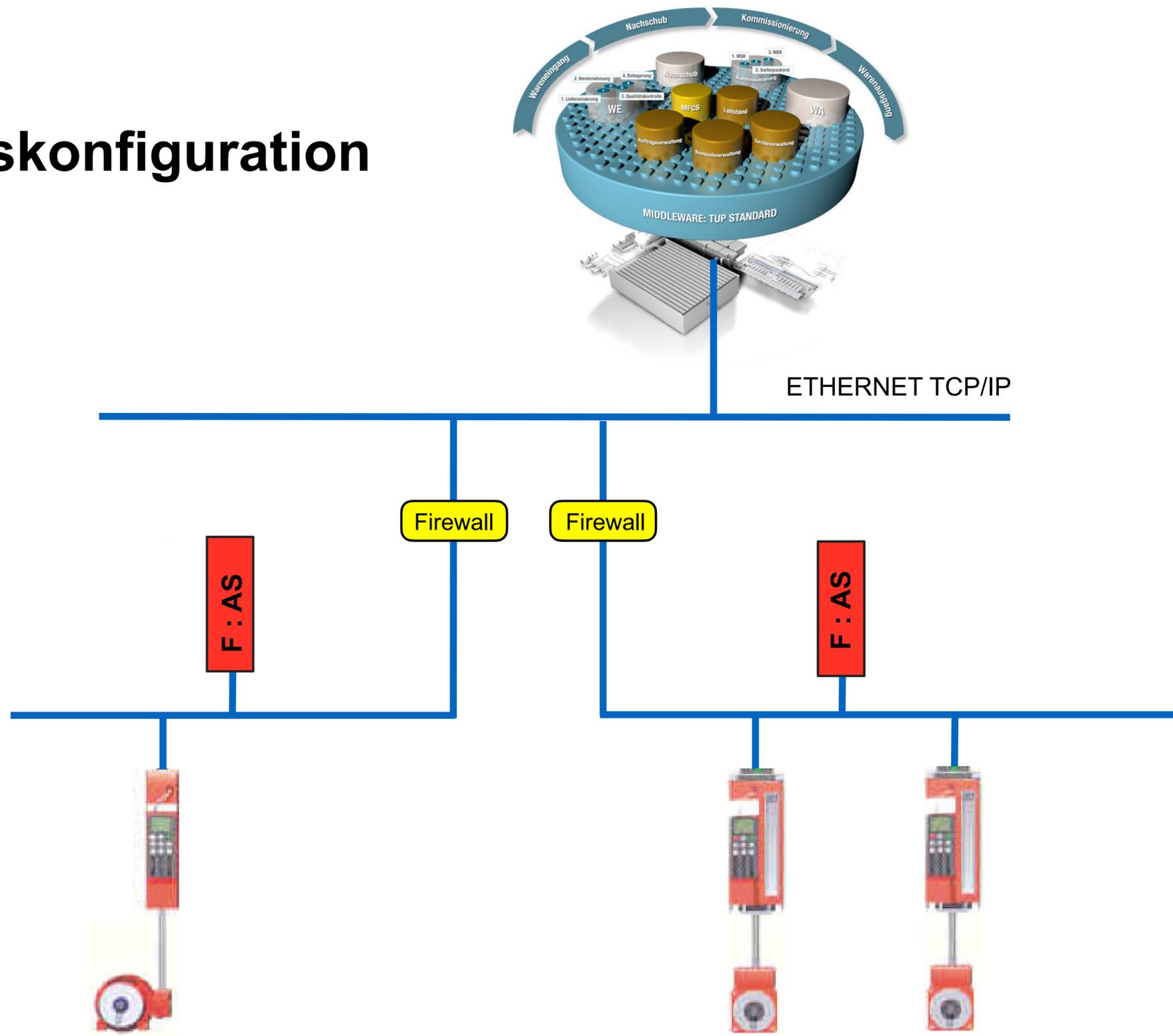


Nächster Schritt in Richtung „Schaltschrankloser Fabrik“



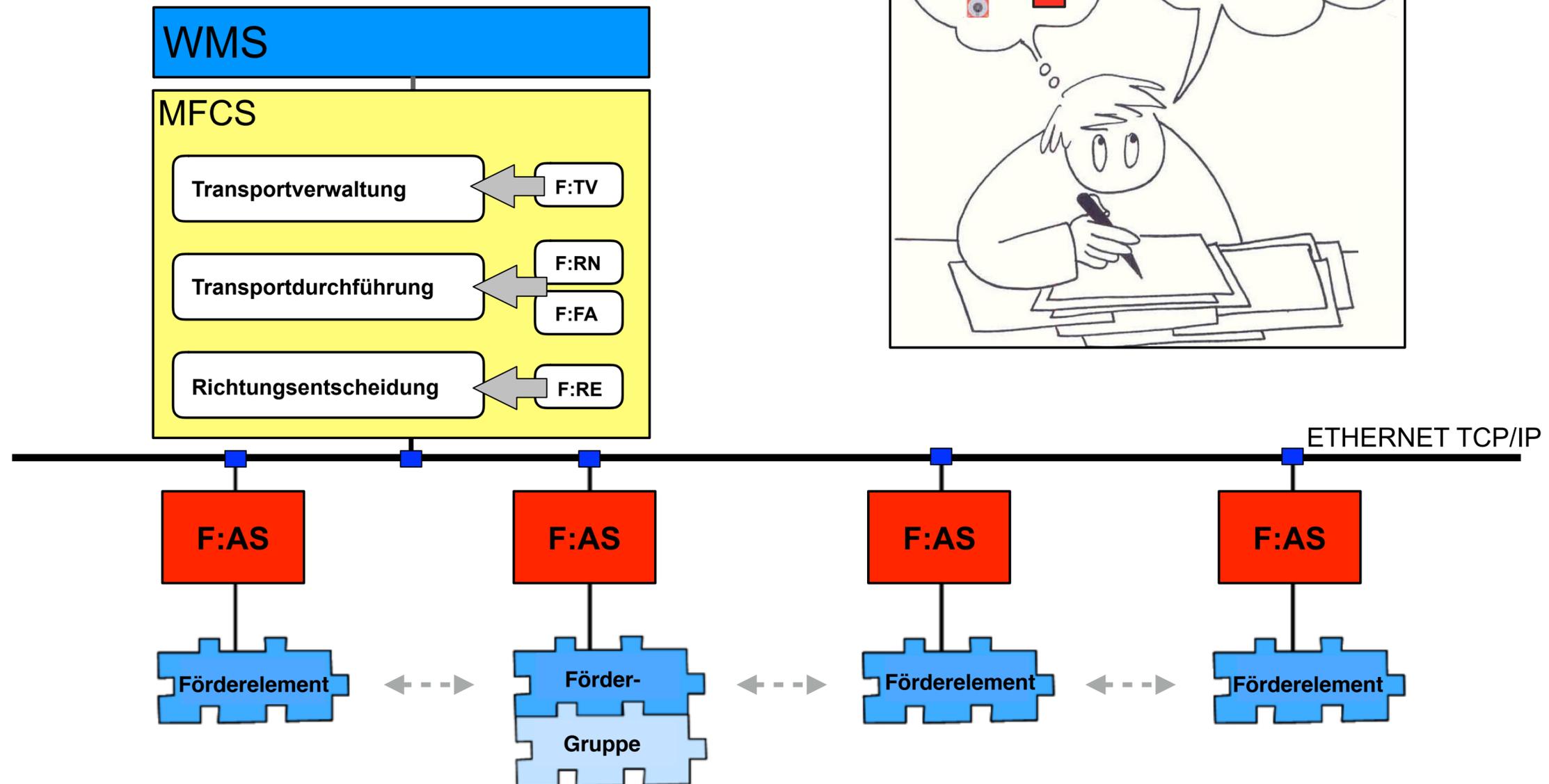
- Durch unsere stetige Weiterentwicklung des MFC erreichen wir heute Prozessreaktionszeiten <10 ms.
- Damit gelingt der neue Ansatz:
 - Die Steuerungslogik wandert aus dem Schaltschrank zur Physik
 - Jedes Conveyor-Element hat eine eigene Steuerungslogik
- Vorteil:
 - Im Schaltschrank bleibt nur die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

Neue Funktionskonfiguration



Kommunikation über Industrial ETHERNET

Neue Funktionskonfiguration

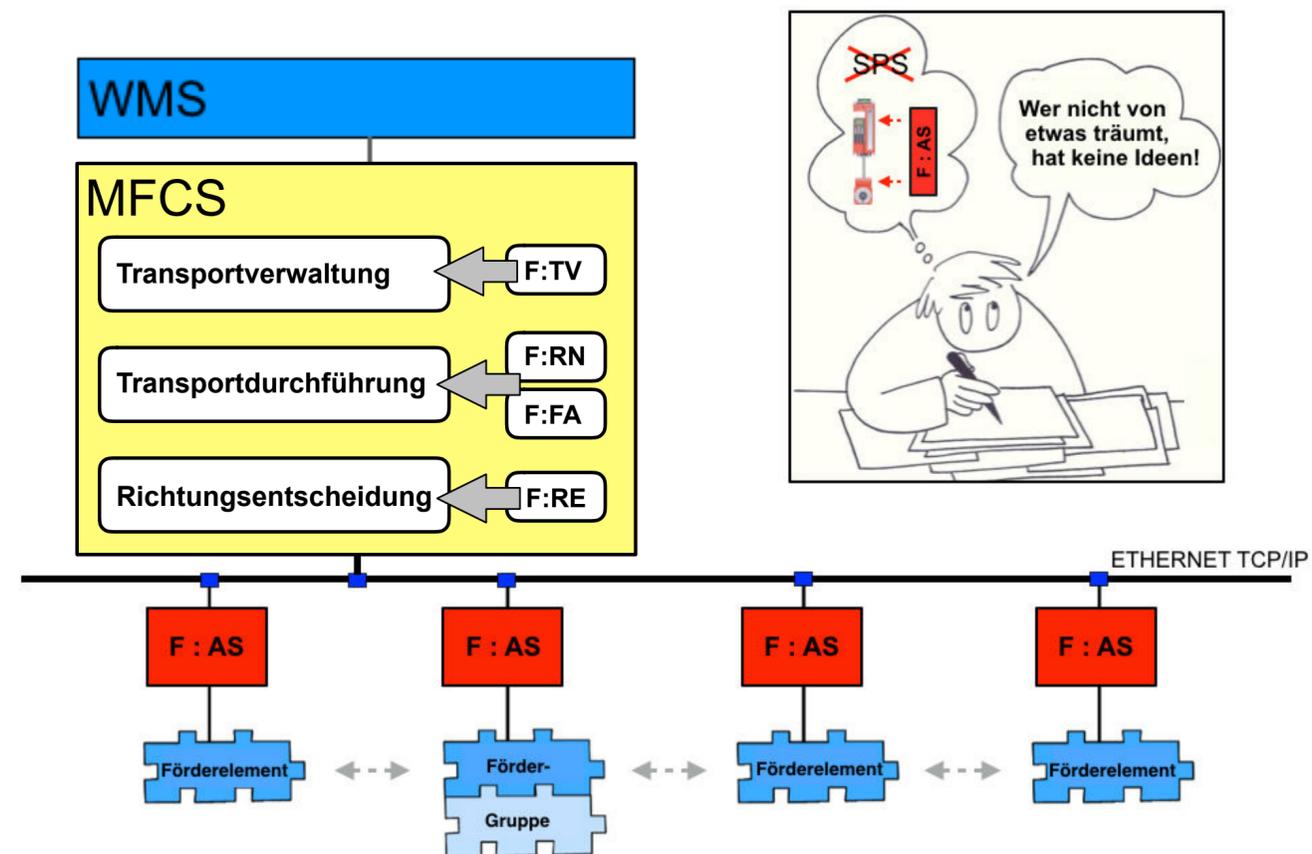


Nächster Schritt in Richtung „Schaltschrankloser Fabrik“

→ Weiterentwicklung MFC:
Reaktionszeiten < 10 ms

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

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

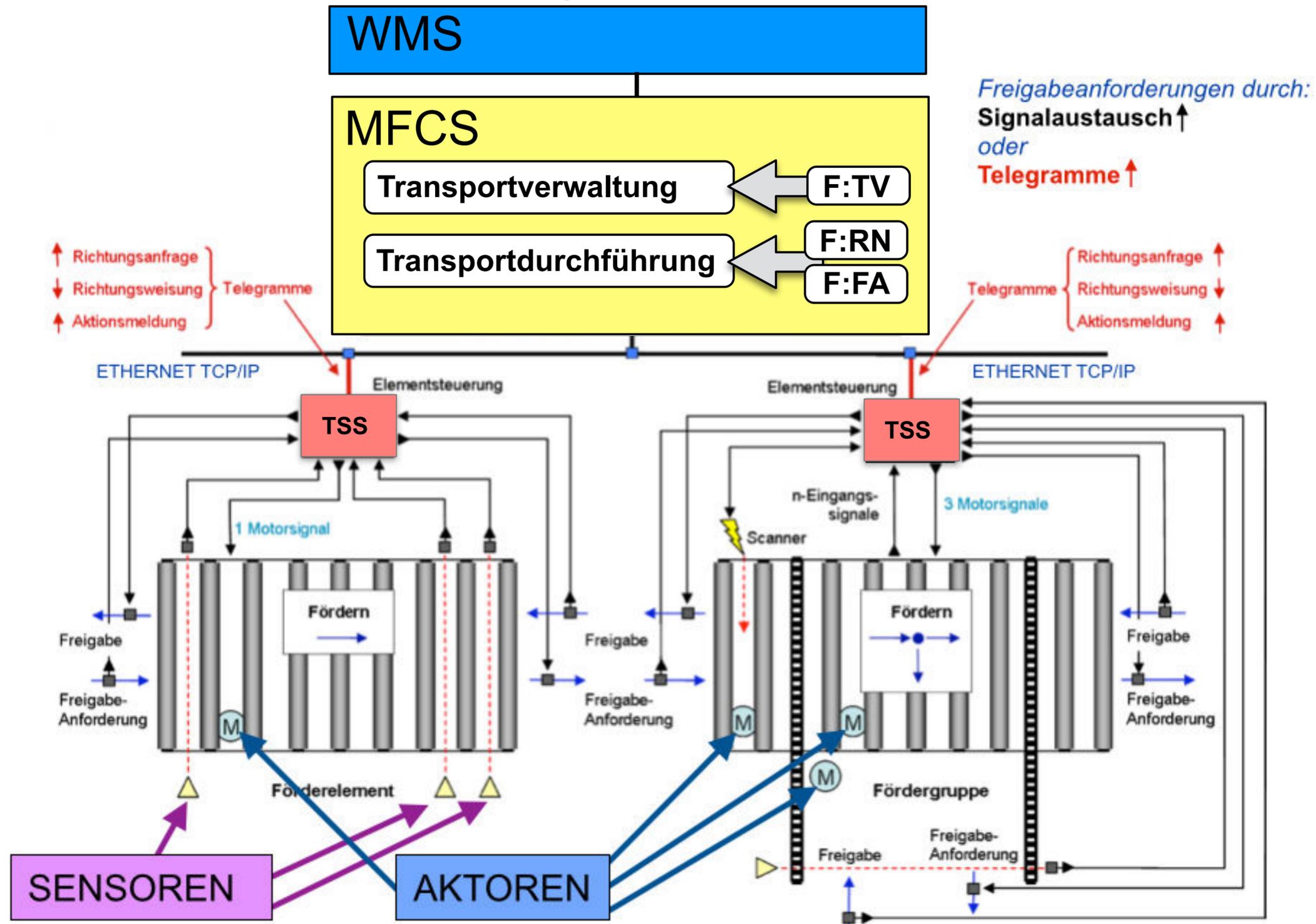


Funktionsmodularisierung - Industrie 4.0

Applikationsansatz: keine doppelte Datenhaltung



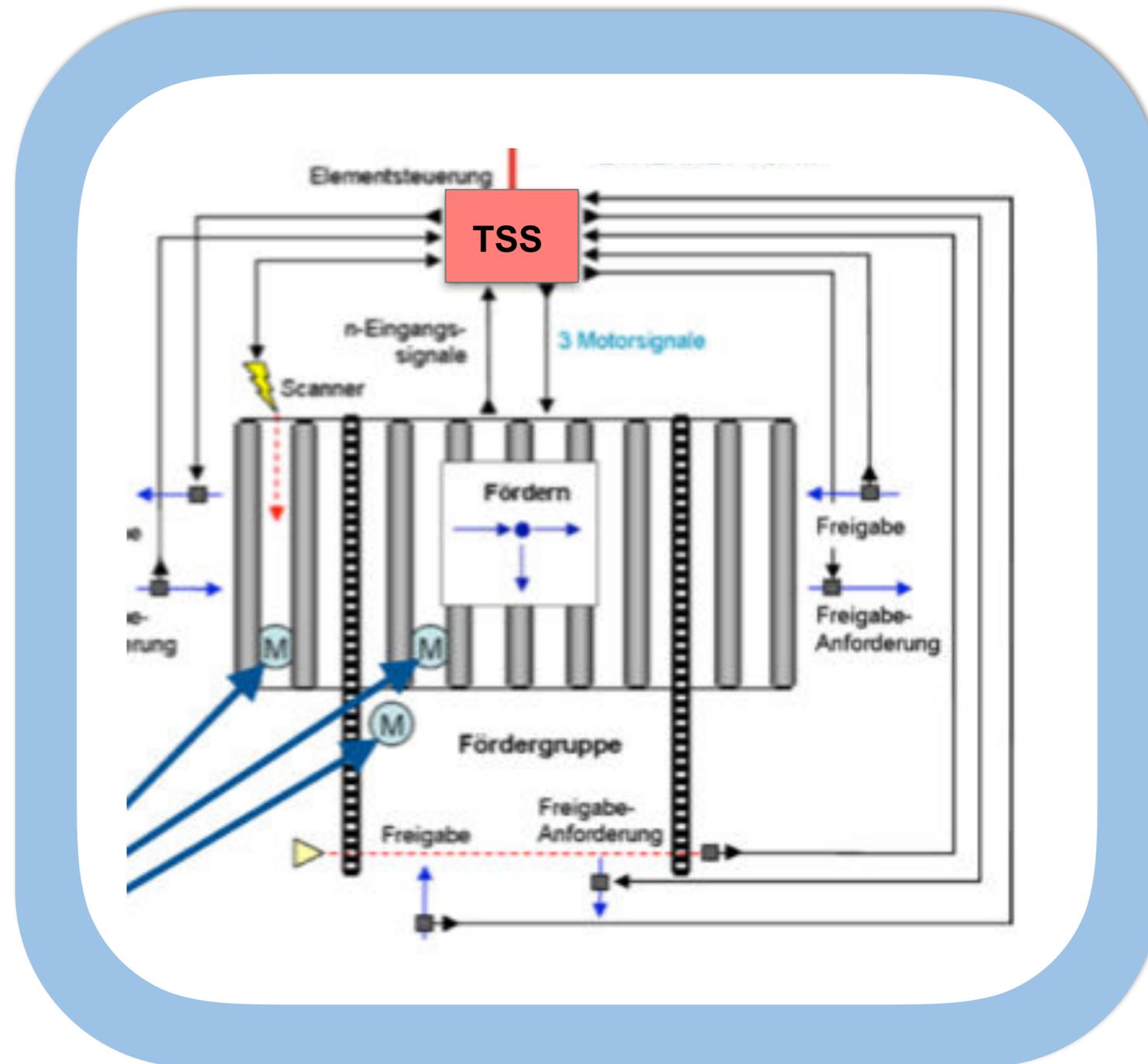
TUP.COM



Richtungsentscheidung



TUP.COM

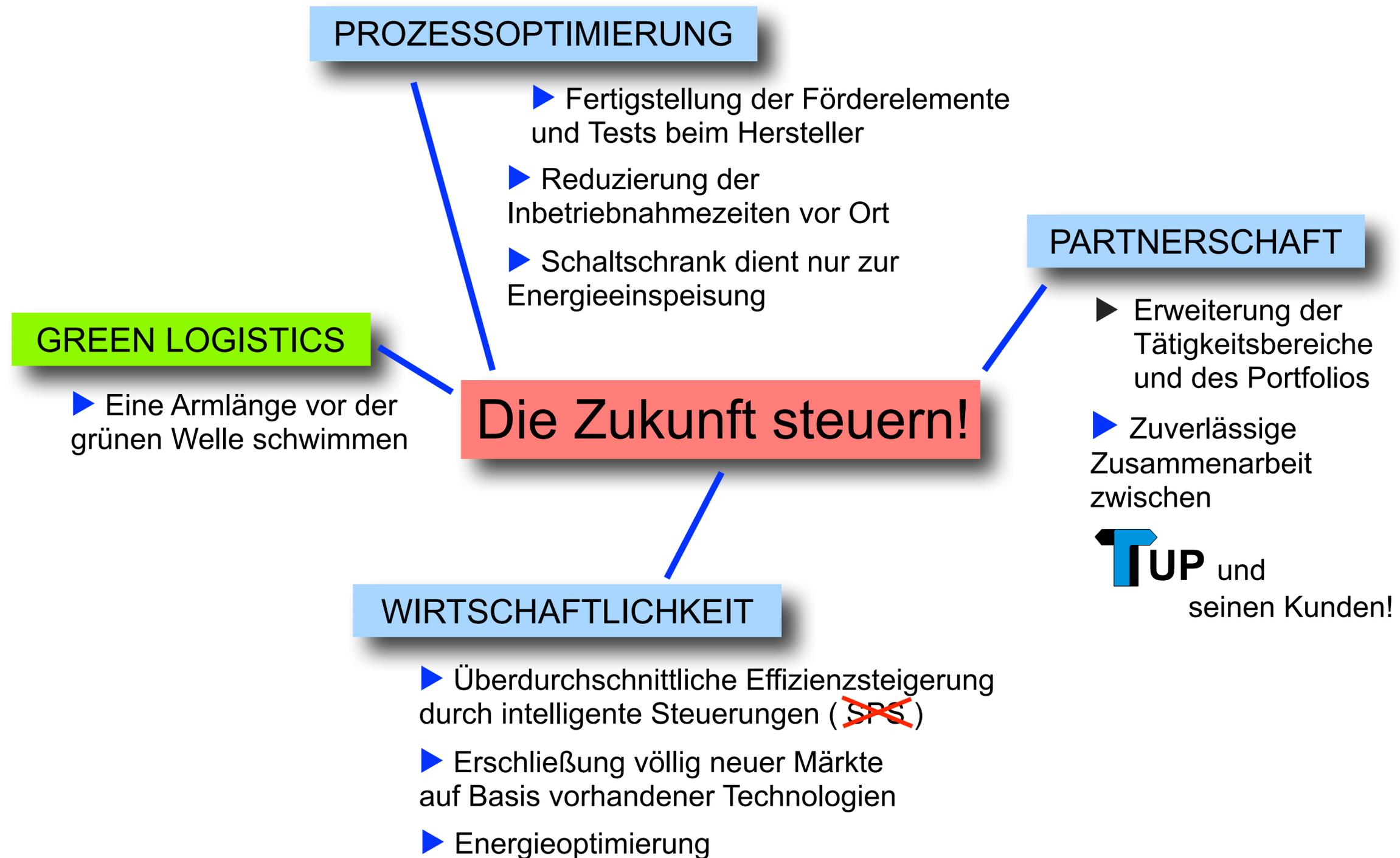


Minimalistische SPS

Auf der Zielgeraden zur „Schaltschranklosen Fabrik“ - Industrie 4.0



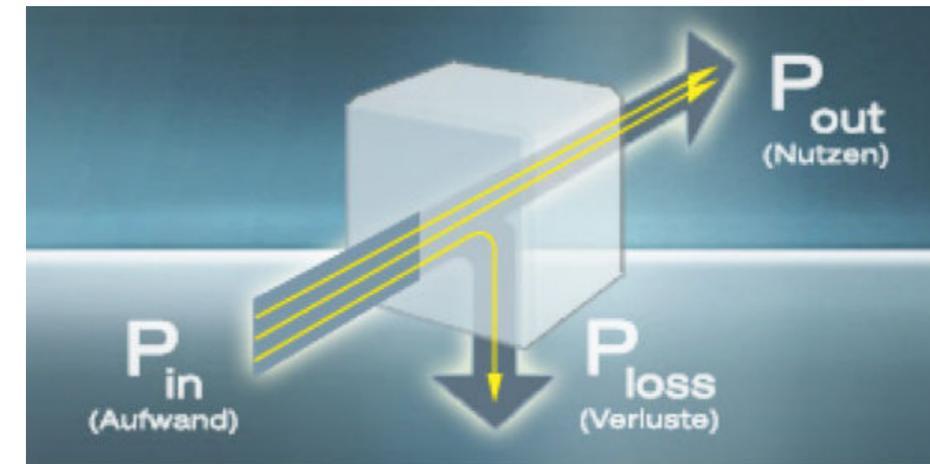
TUP.COM



- ▶ 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.

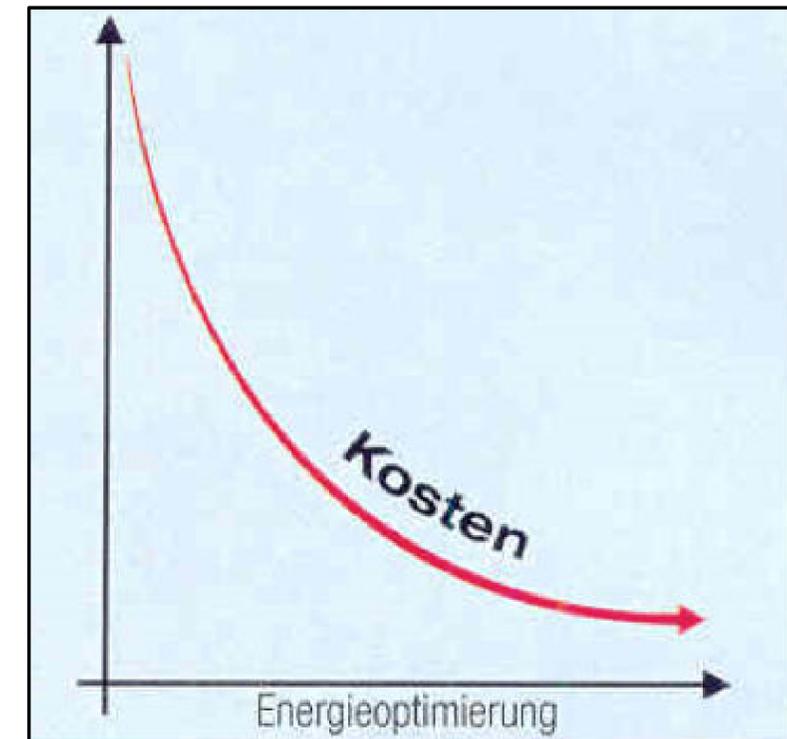
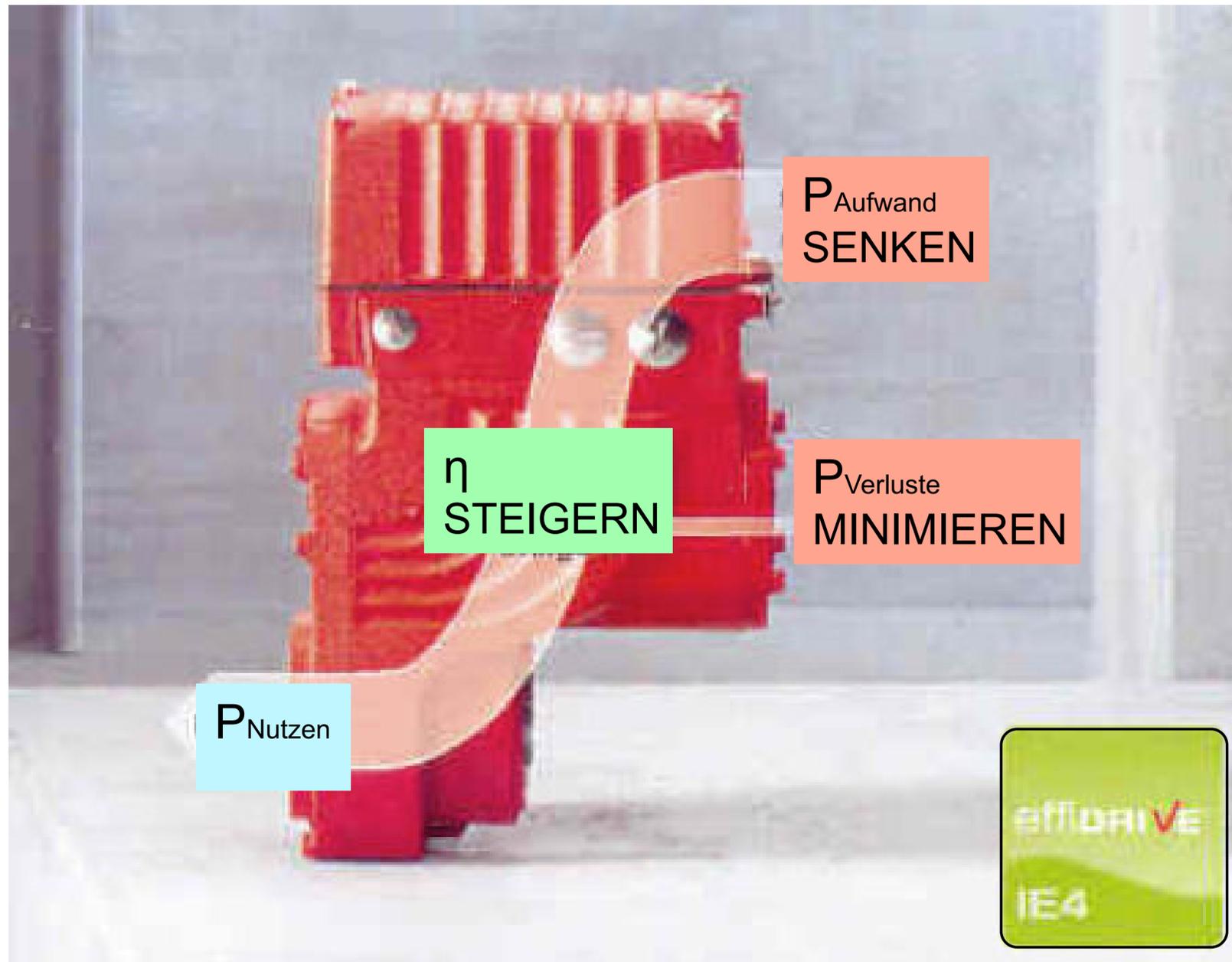
Quellen: IEC, DENA, DKE, SEW, ZVEI

Gesamtwirkungsgrad - Motor, Getriebe, Regelung



TUP.COM

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



Gesamtwirkungsgrad ist abhängig vom Motor, Getriebe und Regelung.

Energiekosten reduzieren durch gesteigerten Gesamtwirkungsgrad.

Quelle: SEW

Energiekosten senken durch mehr Energieeffizienz

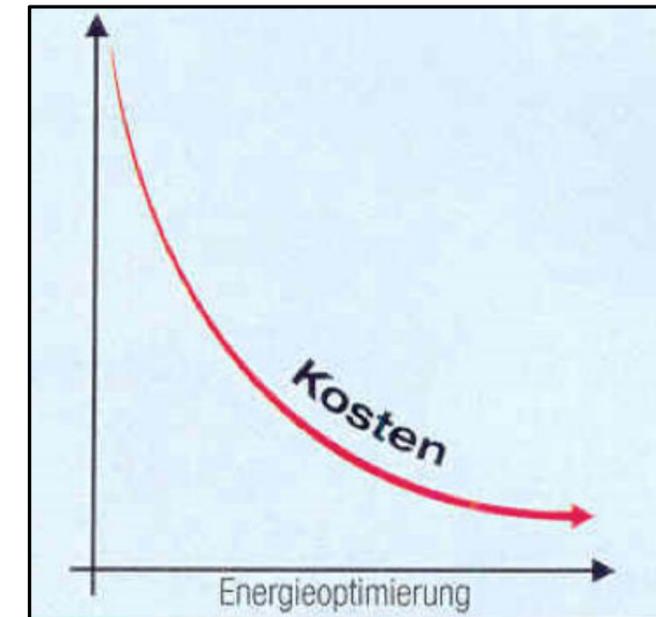
Beispiel:

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



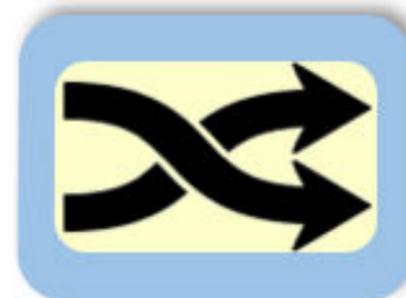
Testbarkeit

Hochverfügbarkeit



Transparenz

Flexibilität



Folien zur Vorlesung und Skript 2020



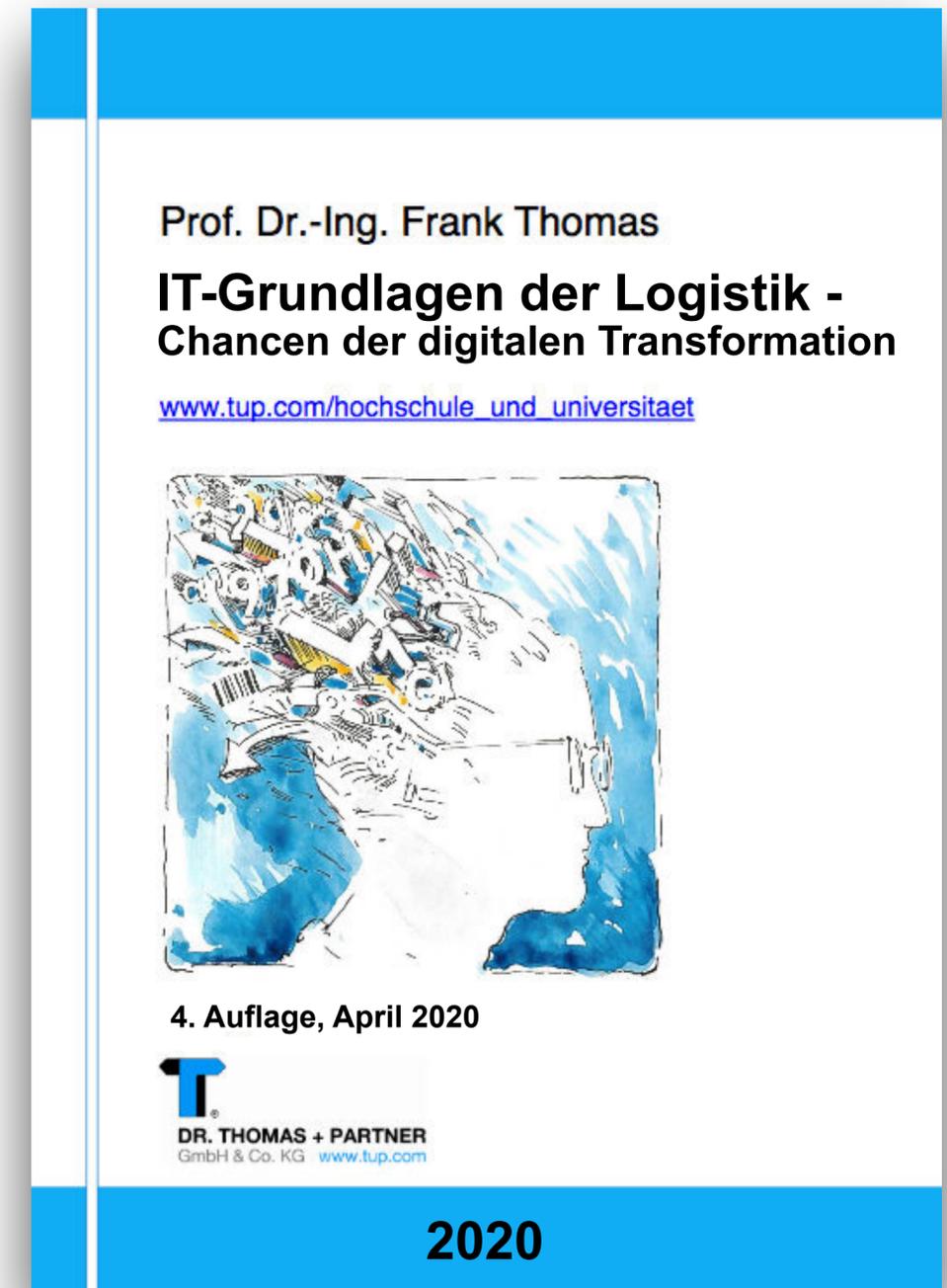
TUP.COM

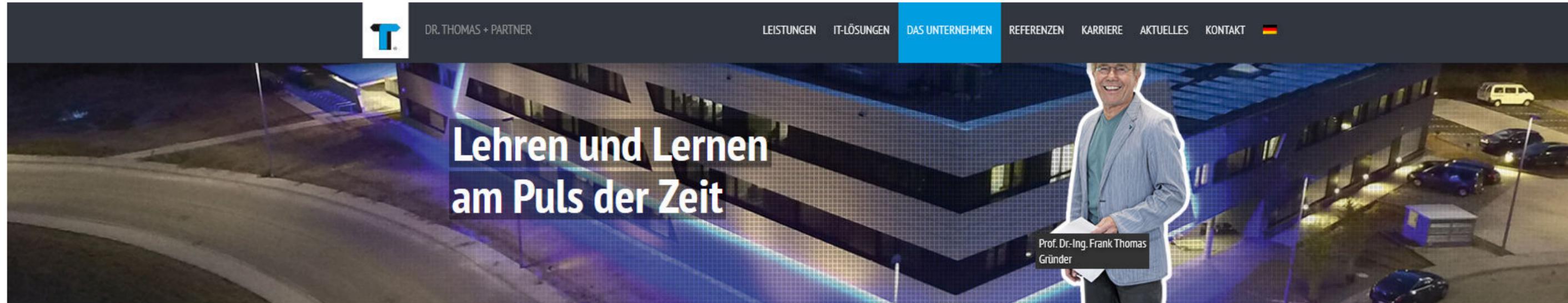
Die **Folien zur Vorlesung** und **das Skriptum 2020**



können im Internet immer begleitend zur Vorlesung unter

www.tup.com heruntergeladen werden.





Vorlesung 2020 "IT-Grundlagen der Logistik – Chancen der digitalen Transformation" am KIT
Beginn am 22.04.2020, 14 Uhr über das Meeting-Tool Zoom

Die Einwahl erfolgt über <https://kit-lecture.zoom.us/j/91619933545>
oder über die Meeting-ID: 916 1993 3545

Vorlesungsinhalte der Universität (KIT) 2020 / Inhalte werden vorlesungsbegleitend aktualisiert

- + Präsentationen 2020
- + Skript zur Vorlesung 2020

Die Informatik sorgt nicht für das Verständnis des Problems sondern gibt Methoden an, auf die dann die Ingenieure angewiesen sind, um ihre ablaufbedingten Probleme zu Lösen. Die Lösung ist: Das Team ist der Star.

 Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas

Aktiv in Forschung und Lehre

Bereits seit 1976 ist Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas an der Ausbildung von Studenten der Universität „Karlsruher Institut für Technologie“ beteiligt. Auch in diesem Jahr ist die Vorlesung "IT-Grundlagen der Logistik" am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme (IFL) unter seiner Leitung. Viele Inhalte vermittelt er persönlich, spezielle Bereiche werden von Kollegen und Fachspezialisten übernommen.

Ziel dieser Lerneinheit ist es, einen umfassenden Einblick in die Welt der Intralogistik zu vermitteln und dabei auf die Technologie am Puls der Zeit zu setzen. Aufgrund seiner langjährigen Branchenerfahrung kann Prof. Dr. Thomas auf einen großen Fundus an Erfahrung zurückgreifen, der eine praxisnahe und vielseitige Ausbildung ermöglicht.

Professor Dr. Thomas [betreut auch Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten.](#)

Nicht unwichtig: Einen digitalen Einblick in die Welt der Logistik bietet das hauseigene Portal [Logistik KNOWHOW](#). Dort werden beispielsweise Themen wie Bestandsverwaltung, Kennzahlen, Codiertechnik und Materialfluss und Transport behandelt.