



DR. THOMAS + PARTNER
GmbH & Co. KG www.tup.com



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

Vorlesung:

IT-Grundlagen der Logistik 2016

Kapitel 2: Materialfluss-Steuerung (MFCS) /
Transportabwicklung

Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas

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

Karlsruhe, den 27.04.2016

www.tup.com

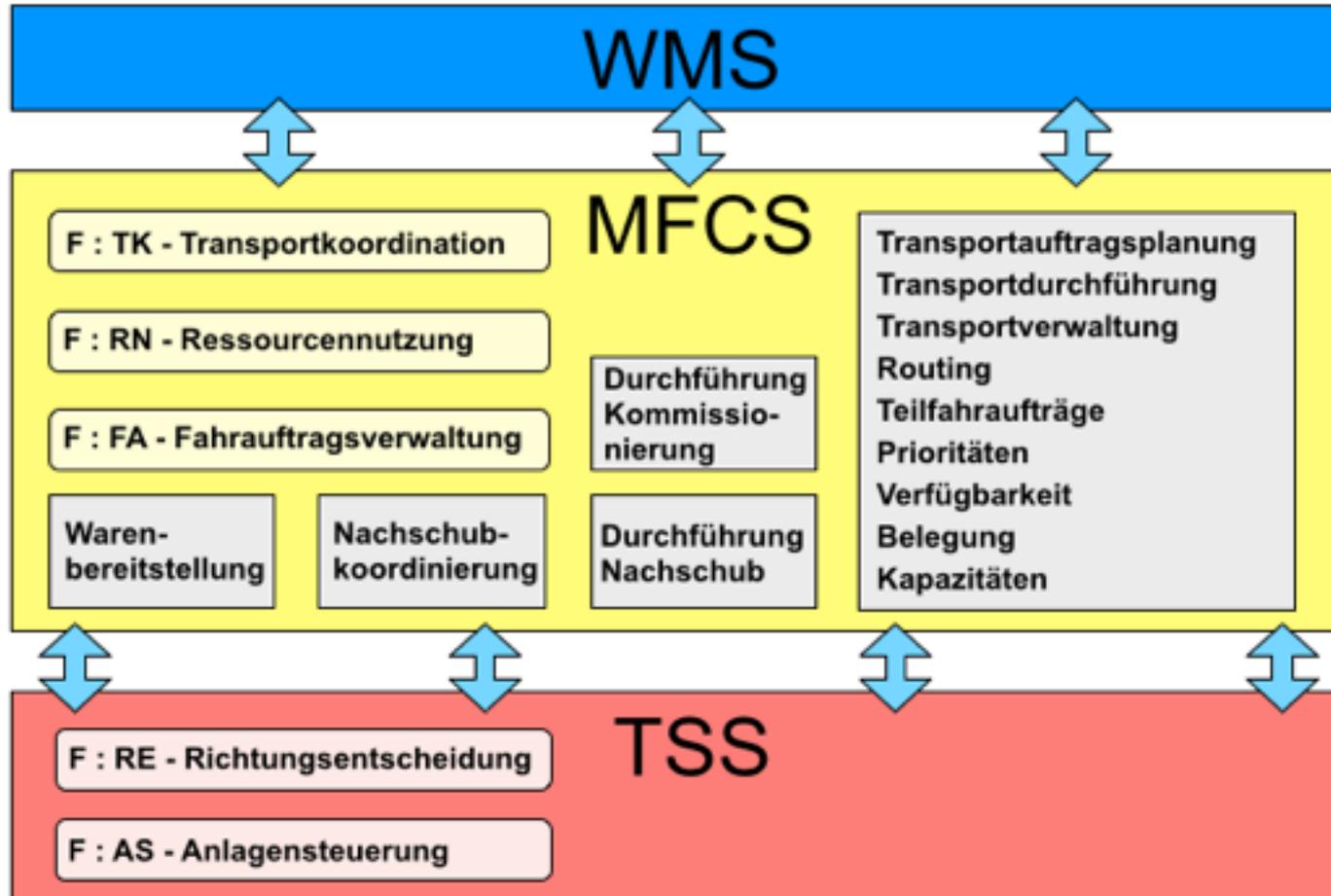


Aufgaben der Materialflusssteuerung

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.



Einordnung des MFCSystems in die Systemlandschaft



TSS: Transportsteuerungssystem MFCS: Material Flow Control System WMS: Warehouse Management System

Integriert

Realisiert

Geplant



Vorgaben für die Materialflusssteuerung

Führend ist der logistische Prozess:

- die termingerechte und vollständige Auslieferung der Ware
- daran orientiert sich die Gestaltung der Anlage als auch der Betrieb



MFCS (Material Flow Control System)

Was hat aus Kundensicht Priorität?

- ▶ Akzeptable Prozesszeiten im laufenden Betrieb:
Bei MFC-Systemen sind bei effektiver Nutzung aller Anlageressourcen Reaktionszeiten < 20 ms durchaus praktikabel
- ▶ Höchste Flexibilität bei späteren Erweiterungen
- ▶ Keine Schnittstellen-Vielfalt
- ▶ Kostenersparnis und Risikominimierung durch ein modulares System
- ▶ Hochwertige Basislösungen mit individuell erweiterbaren Softwarekomponenten (Standardisierte Plug-In-Technologie)
- ▶ Keine zusätzliche Hardware für MFC-Systeme
- ▶ Somit ist die Hochverfügbarkeit ist für das MFC-System gewährleistet!

→ MFCS in der Praxis

- Prämissen Hochverfügbarkeit und Real Time erfordern:
 - **Klare Aufgabenteilung**
 - **Ein** Ansprechpartner für Steuerungstechnik und
 - **Einen** für Strategie und Logik
 - "dumme" SPS, Logik beim MFCS
 - **Kurze Antwortzeiten**
 - Die Routingtabelle wird im Rechner tabellarisch im Hauptspeicher abgelegt
 - **Datenbankunabhängigkeit**
 - **Hohe Effizienz und Transparenz** bei Inbetriebnahme und Wartung
 - flexible Werkzeugen, Transparenz für Betreiber, Remote-Zugriff



→ MFCS in der Praxis

- Häufige Herausforderungen und Kostentreiber:
 - **Handlingprozesse** widersprechen existierender Anlage:
Möglichkeiten und Grenzen der Fördertechnik werden bei der Planung der Logistikprozesse falsch bewertet.
→ Beispiel: Leergutversorgung
 - **Schulung** des Bedienpersonals:
Häufig fehlendes Verständnis für Anlagen-IT.
→ Beispiel: Abscannen / Ausbuchen
 - **Schnittstellen-Vielfalt**:
Oft diverseste Anlagenlieferanten in einer Anlage mit unterschiedlichen Schnittstellen.
→ Standardisierung, z.B. TP-RADT
 - **Tests** erst im Rahmen des Hochlaufs bzw. Lastbetriebs mit vertretbarem Aufwand durchführbar.





MFCS - Material Flow Control System

Innovative Transportverwaltung

- ❑ Das MFCSystem ist die zentrale Instanz zur Überwachung, Beauftragung und Koordination aller Transportaufträge und Transportressourcen.
- ❑ Innovative MFCSysteme berechnen in Echtzeit den schnellsten Weg durch die Förderanlage und entscheiden - immer unter Berücksichtigung der verfügbaren Anlageressourcen - über die effektivsten Wege.



MFCS im Hochlastbetrieb

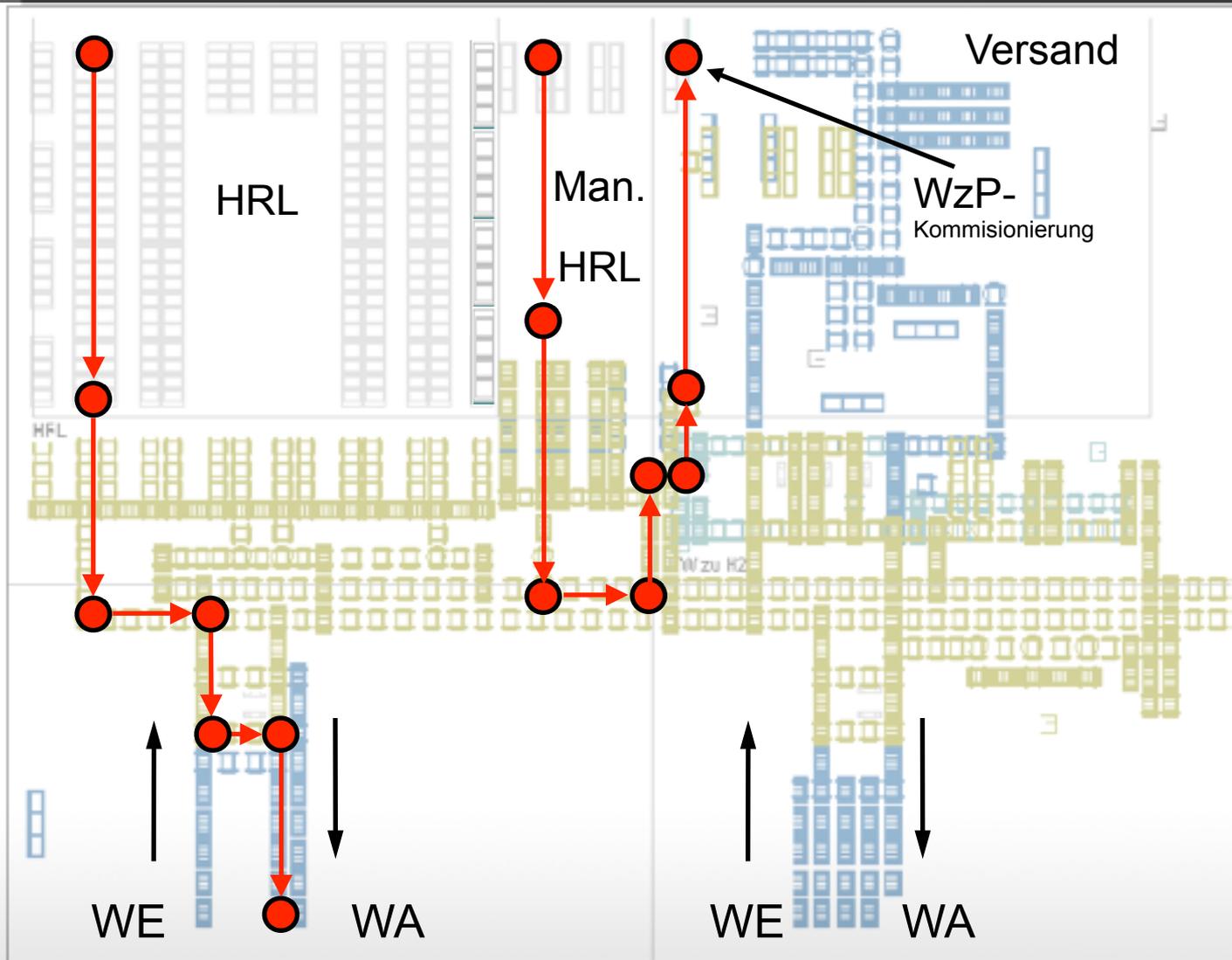
Die Grundregel heißt:

- 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.



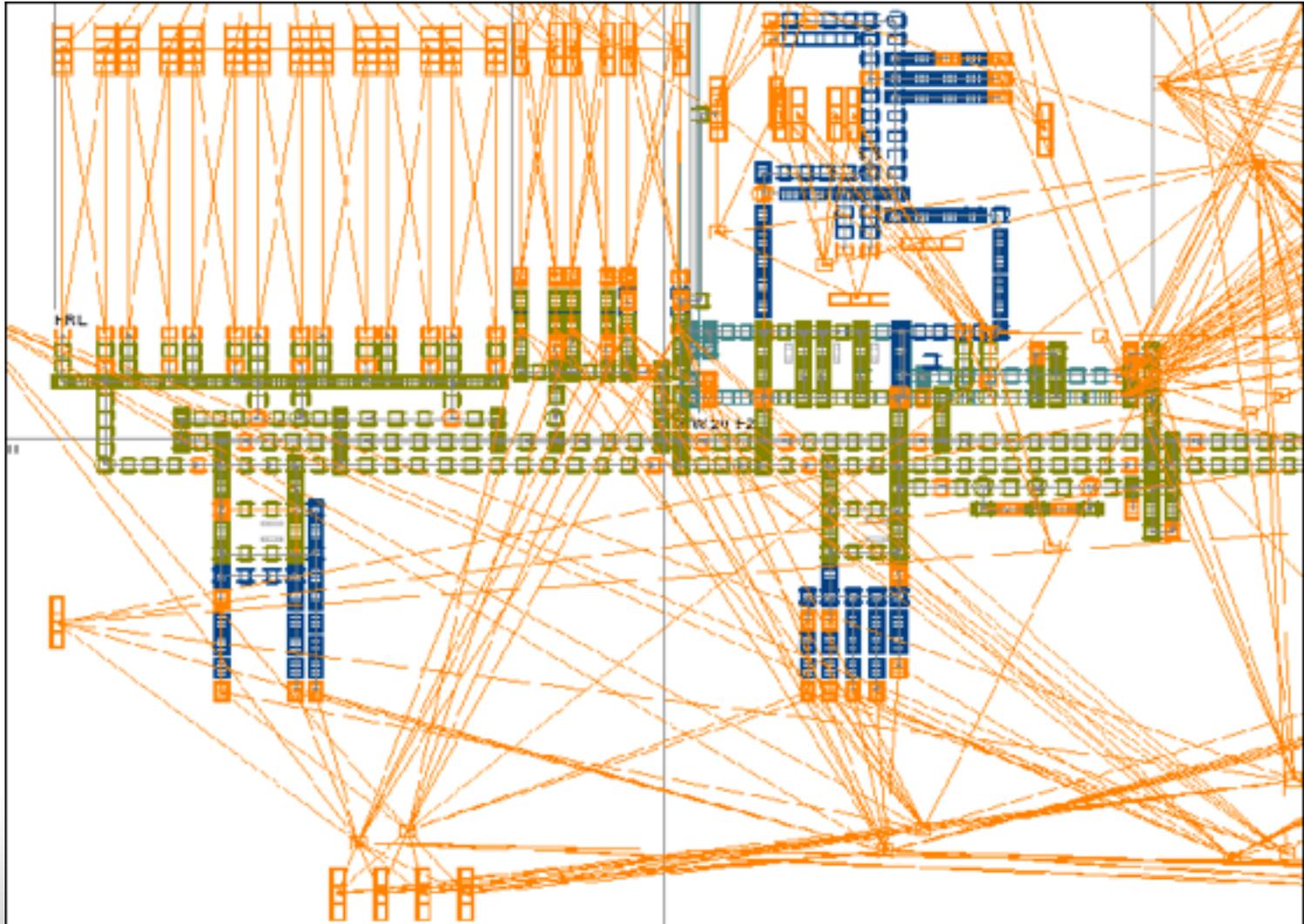
Anlage (Teilansicht)



Integriert
Realisiert
Geplant



Anlage mit Wegen (Teilansicht)



Integriert

Realisiert

Geplant



Abbild der Förderanlage in der MFCS

Hierarchisches Konzept:

1 Modellentwicklung

Fördertechnik wird als Netz von Wegen und Punkten abgebildet

2 Rekursives Routing

Aus den statischen Daten wird durch Routing der kürzeste mögliche Weg zum Endziel berechnet

3 Die **Routentabelle** wird im Rechner als Tabelle im Hauptspeicher abgelegt



Modellentwicklung

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

Kursbuch verfolgen

Transport
Standort: KR04
Endziel: WM11
Transportgutttyp: ALLE - alle Transportgutttypen

Sto	EndZ	TgTyp	=>	Zwzr	TTyp	Ekst	QaC	ZaC	SWg
KRD4	WM11	-	über	P112	PFST-P	80	1	1	N
KRD4	WM11	-	über	P111	PFST-P	80	1	1	J
KRD4	WM11	-	über	P113	PFST-P	83	1	1	J
KRD4	WM11	-	über	P114	PFST-P	85	1	1	J
KRD4	WM11	-	über	KD11	PFST-P	191	1	1	J

Weg ändern

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

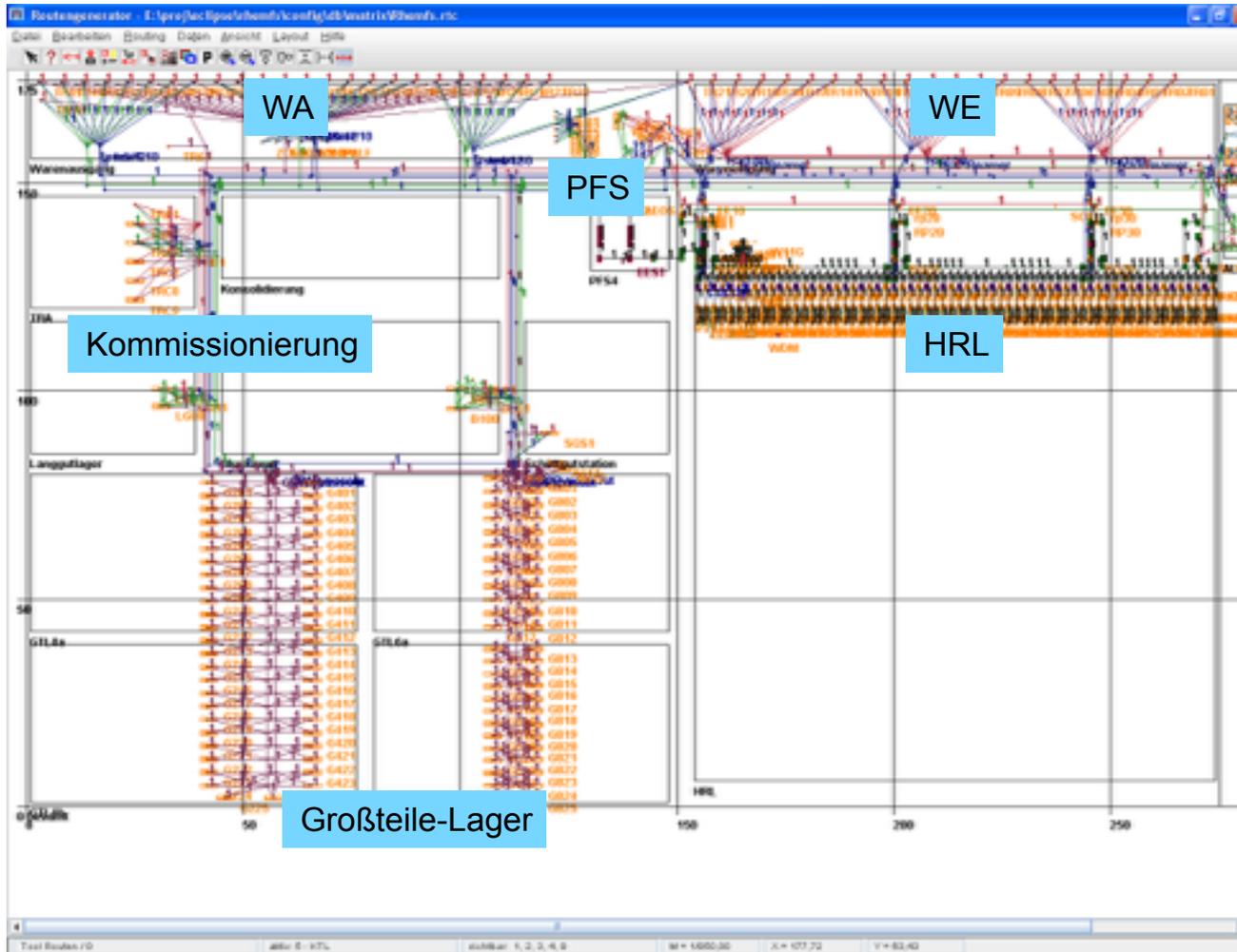
Wegdaten
Transportertyp: PFST-PFS - PFS
Transportgutttyp: ALLE - alle Transportgüter

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



Rekursives Routing - Routengenerator

Aus den statischen Daten wird durch Routing der kürzeste Weg zum Endziel berechnet.





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 < 20ms erreicht, d.h. ein MFCS bedient online:**
100 Stapler, 18 RGBs, 4 Palettenfördersysteme,
1 Leichtförderanlage und 1 Sorter-Anlage

- ❑ **siehe Folie 62, 63 und 65**



Zuteilung von Fahraufträgen an die MFCS

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



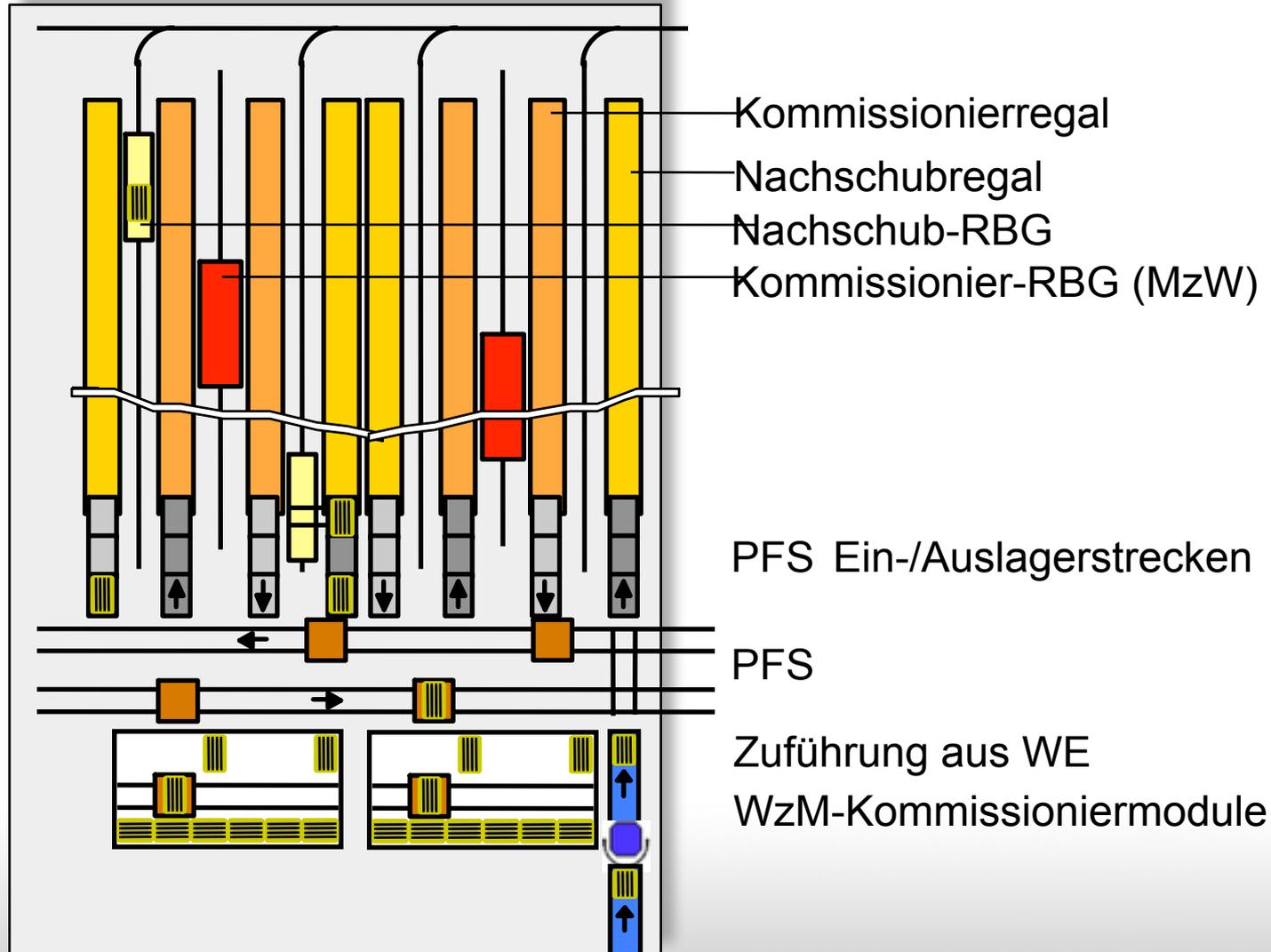
Methoden zur Bildung von optimalen Fahraufträgen

- ❑ **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



Konfliktsituation Kommissionierung / WE



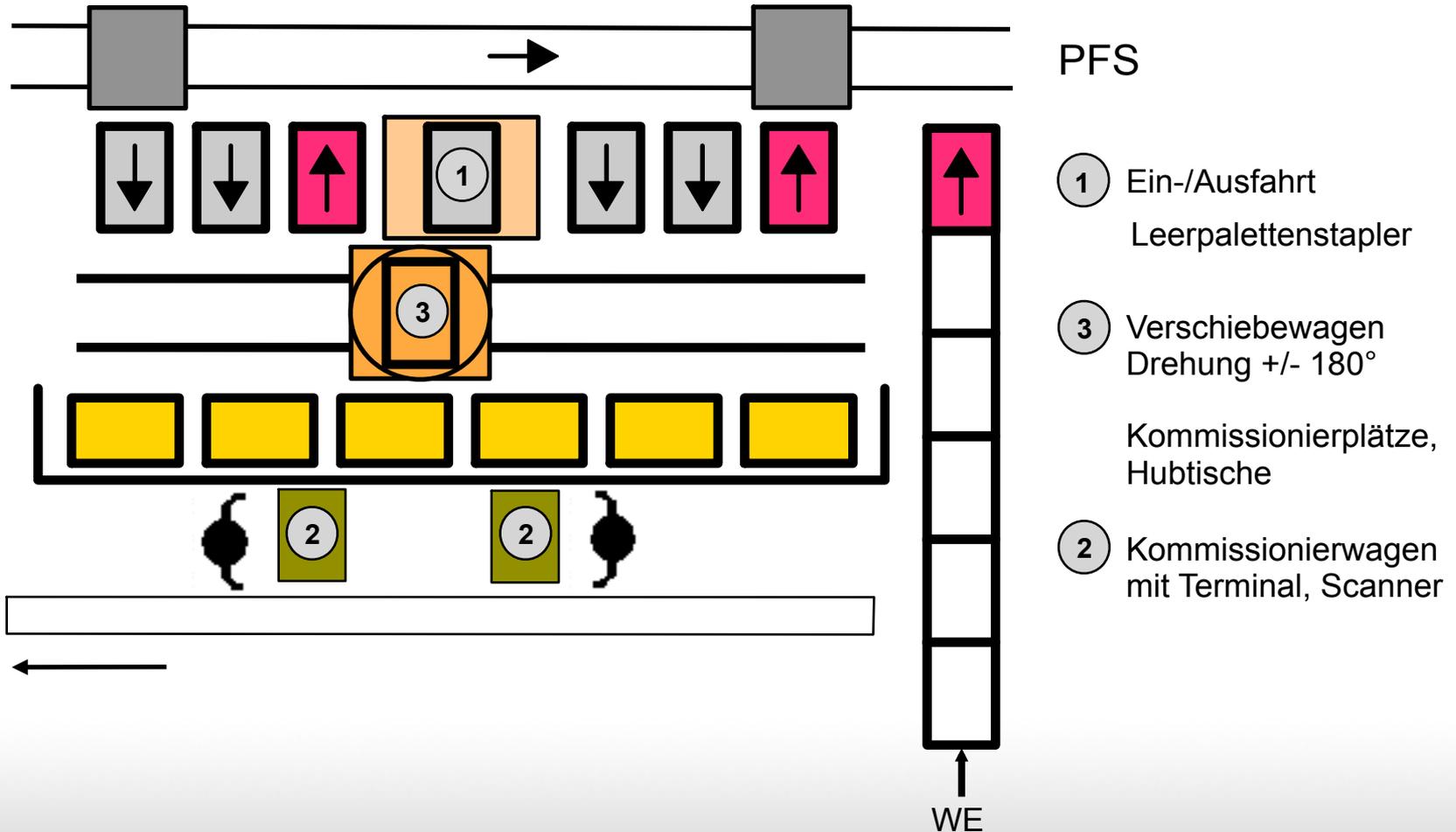
Integriert

Realisiert

Geplant



Konfliktsituation Kommissionierung / WE





Fehler in der Planungsphase 1

Parametrierbarkeit

in welchem Betriebszustand wird welche Zuteil-Strategie für Aufträge auf freien Ressourcen verwendet?

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

Erfahrung:

Ein komplexes MFS ist auch von geübten Leitstands-personal nicht steuerbar.



Fehler in der Planungsphase 1

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 2

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 Fragestellung



Fehler in der Planungsphase 2

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

Abhilfe:

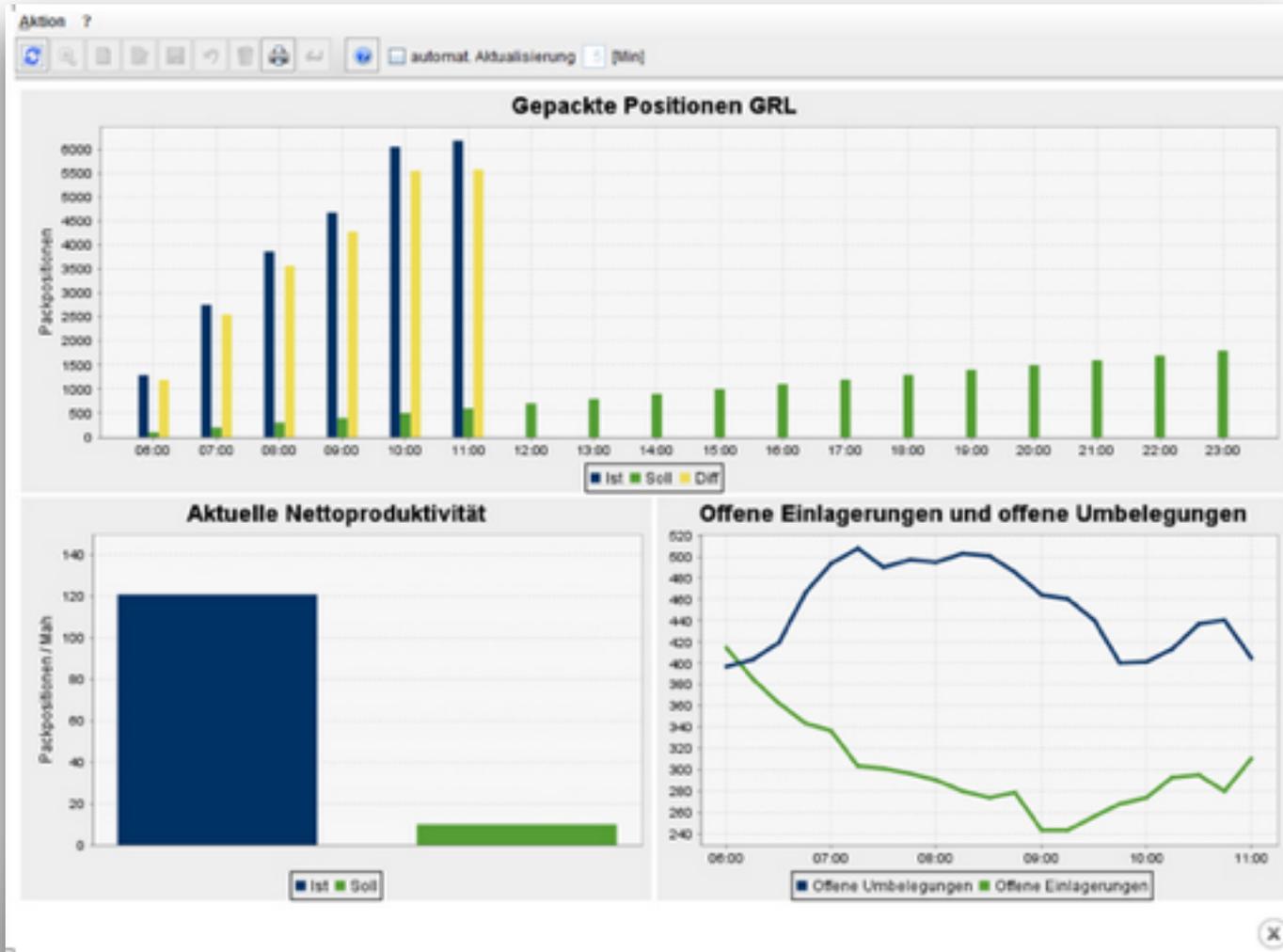
Logins aller Arten von Ereignissen, die stattfinden.

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



Beispiel Leitstands-Maske

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



Integriert

Realisiert

Geplant



Fehler in der Planungsphase 3

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



MFC-Systeme in der Praxis - Herausforderungen und Kostentreiber

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)



Hohe Effizienz und Transparenz bei Inbetriebnahme und Wartung

- Gewerke-Lieferanten vermeiden Kostentreiber durch homogene Integration
- Geforderte Transparenz für den laufenden Prozess ist somit erfüllt, und ein Remote-Zugriff mit den Einsatz von flexiblen Werkzeugen ist möglich (Kapitel 1.3.1)



Im Vorgriff auf Kapitel 6: Aspekte der Wiederverwendbarkeit bei der Softwareentwicklung moderner Materialfluss-Systeme

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:

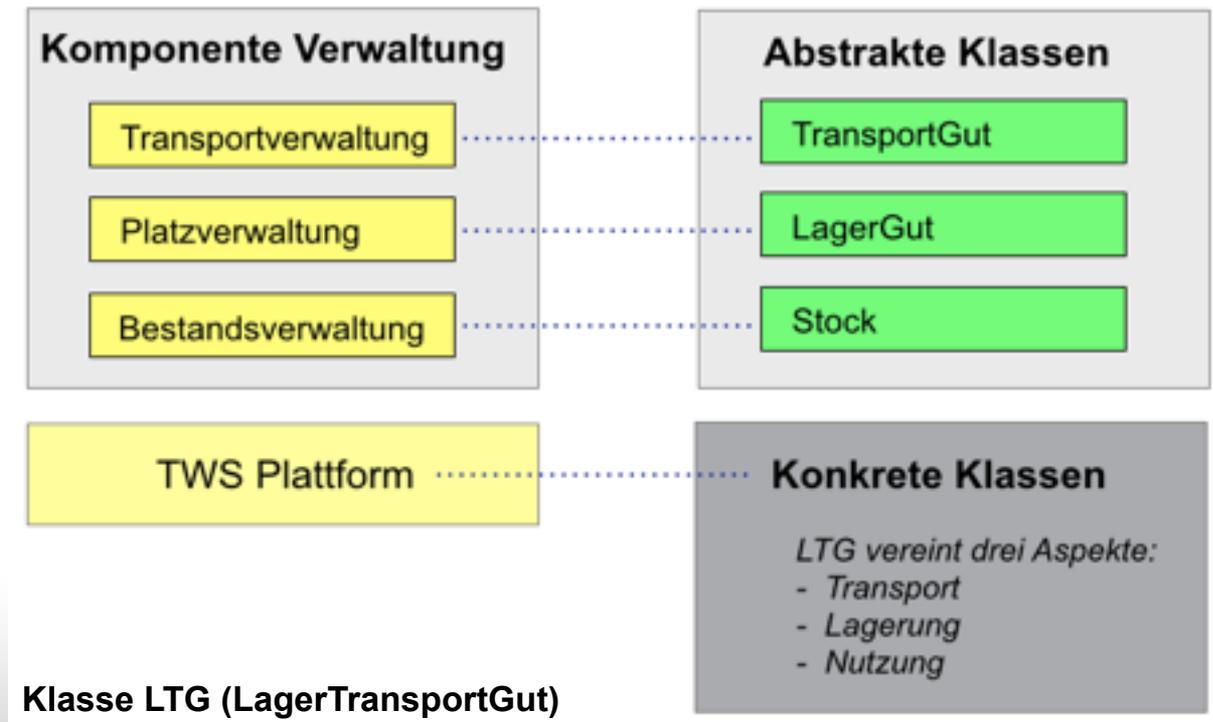
- Programmtechnische Verfahren und
- Datentechnische Verfahren.

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. Siehe **Kapitel 6**.



Innovative MFCS-Entwicklung

- Unter Zuhilfenahme des **Entwurfsmusters “Brücke”** - einem objektorientierten Strukturmuster - lässt sich die konkrete Klasse “Lager-Transport-Gut (LTG)” mit der abstrakten Klasse in Verbindung bringen

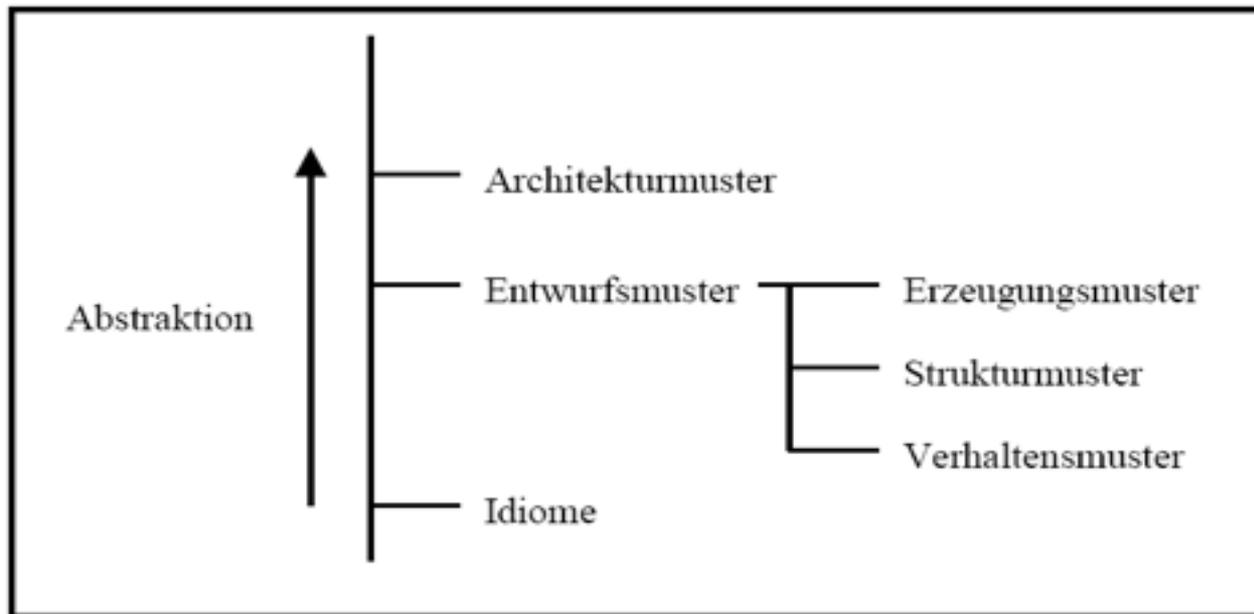




Innovative MFCS-Entwicklung

- Ein Muster beschreibt ein beständig wiederkehrendes Problem und erläutert den Kern der Lösung für dieses Problem, so dass diese Lösung **beliebig oft angewendet werden kann.**“

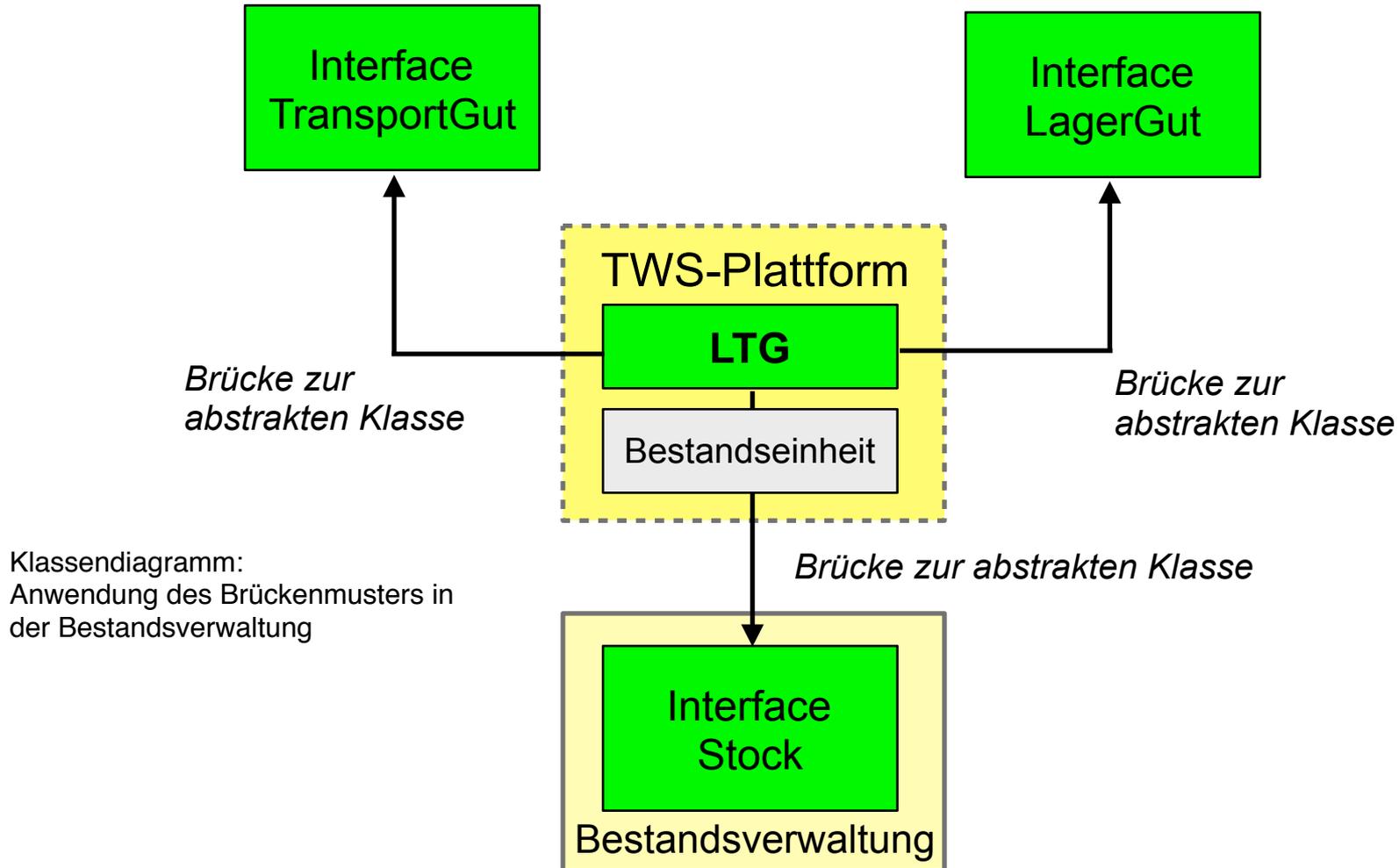
[Gamma, Erich: Entwurfsmuster: ...- Addison Wesley Verlag 2004]



Zweck: Hilfsmittel für die Softwareentwicklung



Verbindung von Transportverwaltung und Platzverwaltung über die Klasse LTG



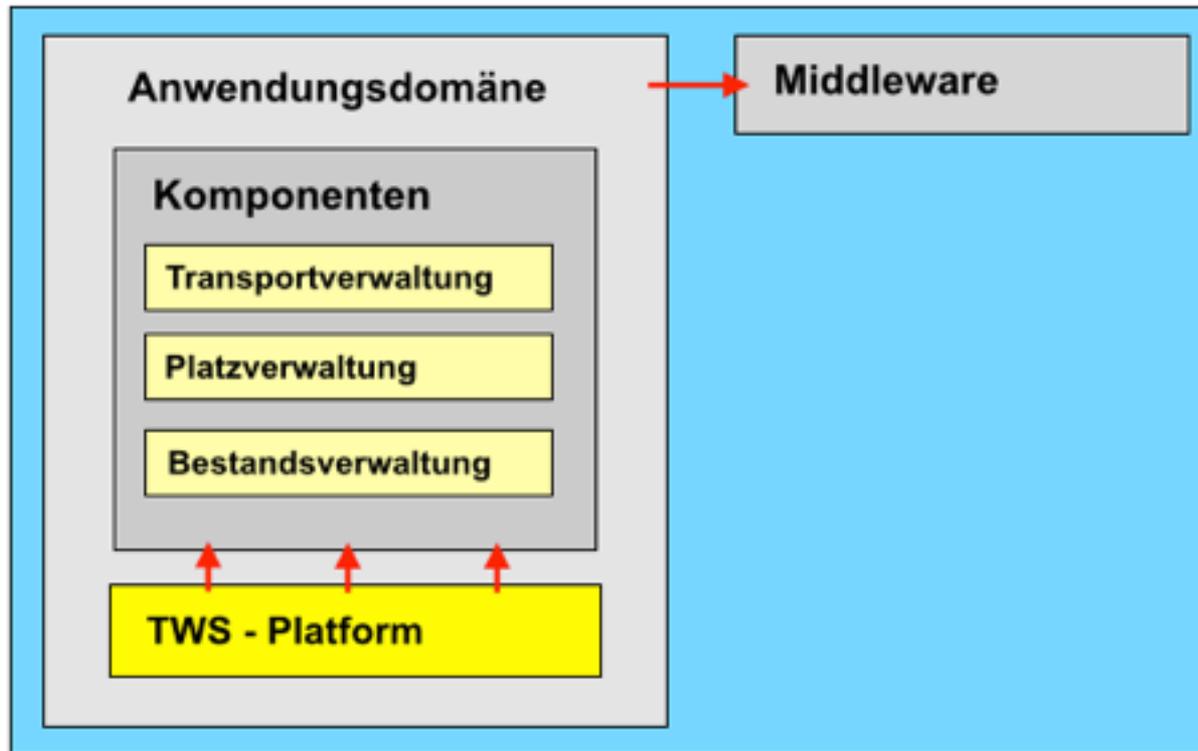
Klassendiagramm:
Anwendung des Brückenmusters in
der Bestandsverwaltung



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



Teilaspekte einer Anwendungsdomäne





Vorteile beim Einsatz neuer MFCS-Technologien

Die Software-Entwicklung nach industriellen Maßstäben:
MFCS als IT-Baustein ...

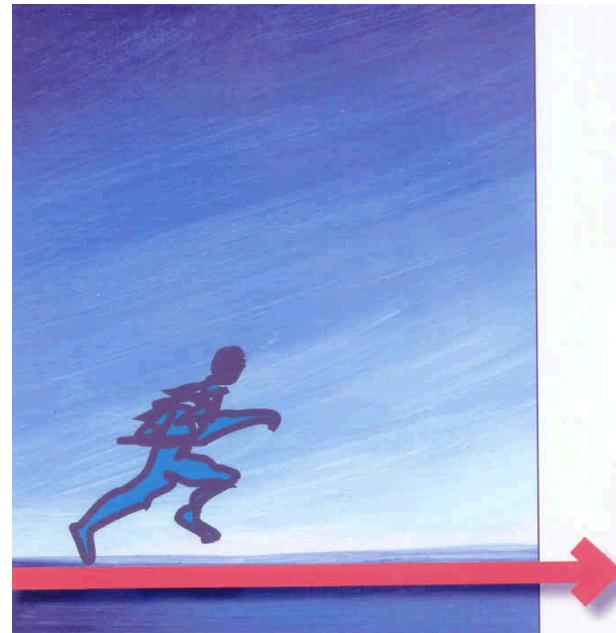
- ... erhöht die Planungsintelligenz bei intralogistischen Systemen
- ... führt zu Best-Practice-Lösungen
- ... ermöglicht Kosteneinsparungen und Risikominimierung durch den Gewerke übergreifenden Einsatz der neuen MFCS-Technologie



DR. THOMAS + PARTNER
GmbH & Co. KG www.tup.com

Auf der Zielgeraden zur „Schaltschranklosen Fabrik“ - Industrie 4.0

Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas



integriert

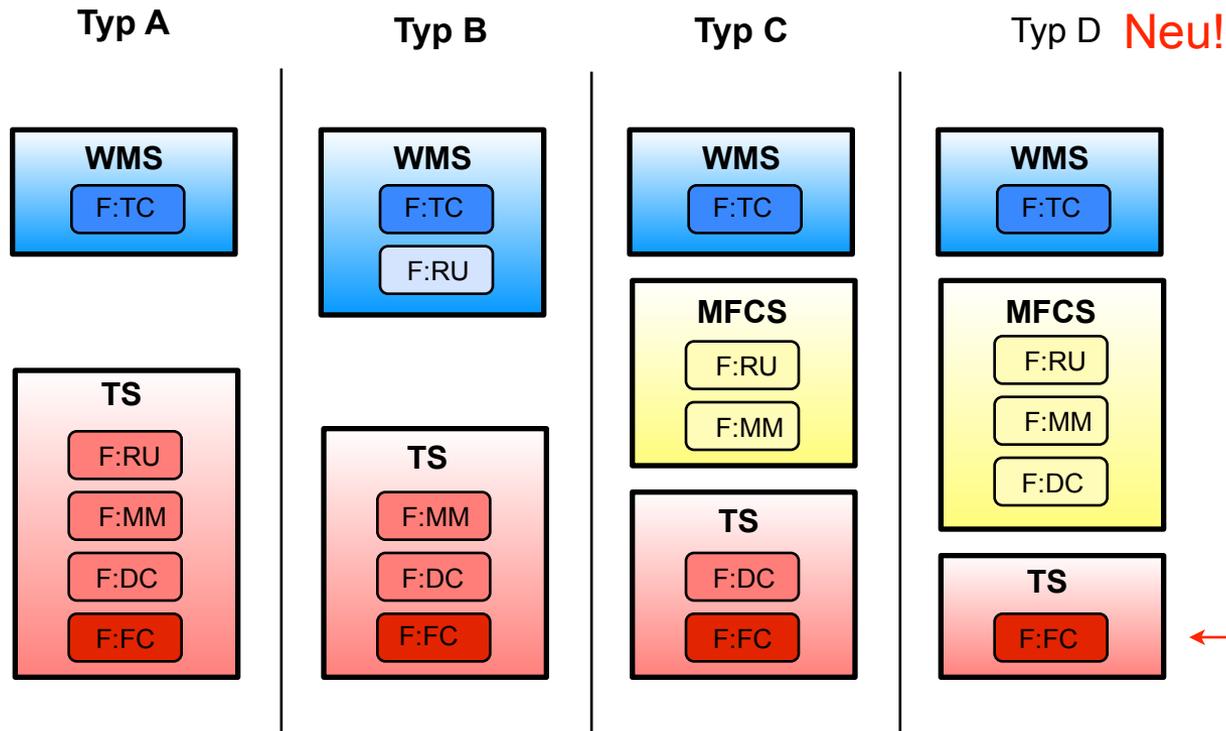
realisiert

geplant





Neue Systemkonfiguration



← **Trend: keine doppelte Datenhaltung!**

Typ

- A:** Typisch für völlig selbständige Transportsysteme (z.B. Fahrerlose Transporeinheit- FTE).
- B:** Sehr häufig verwendet in allen Arten von Anlagen (z.B. Staplerleitsystem - SLS, Palettenfördersystem - PFS oder Regalbediengerät - RBG).
- C:** Klassische Anwendung eines Materialflussrechners (MFCS).

Typ Neu:
D: Das TS enthält nur die Elementsteuerung. Die Funktion F:DC übernimmt das MFCS. Mit Reaktionszeiten < 10 ms ist der Trend "keine doppelte Datenhaltung" realisierbar.

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



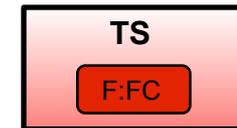
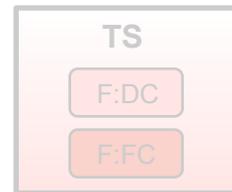
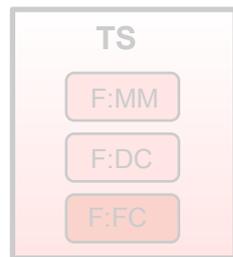
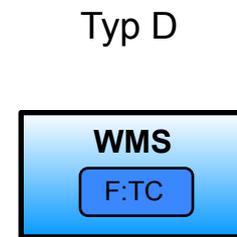
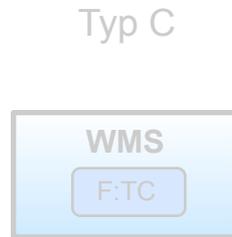
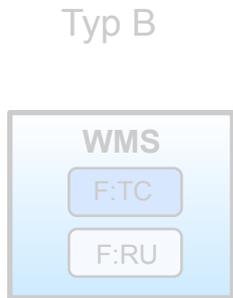
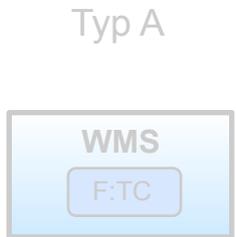
Der Stand der Technik heute:

- 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



Funktionskonfigurationen (Neuer Ansatz Typ D)

Neuer Ansatz:



Trend: keine doppelte Datenhaltung!

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

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

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

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



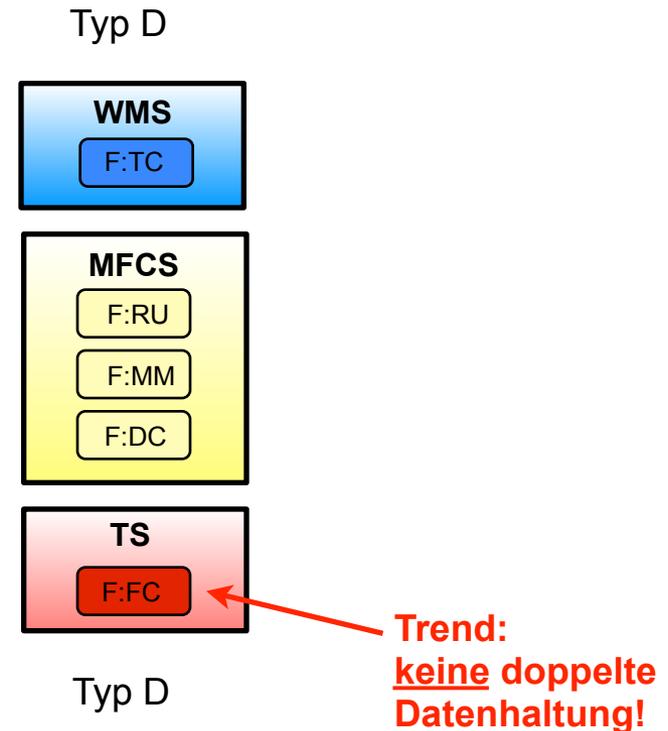
Nächster Schritt in Richtung „Schaltschrankloser Fabrik“

- 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



Nächster Schritt in Richtung „Schaltschrankloser Fabrik“

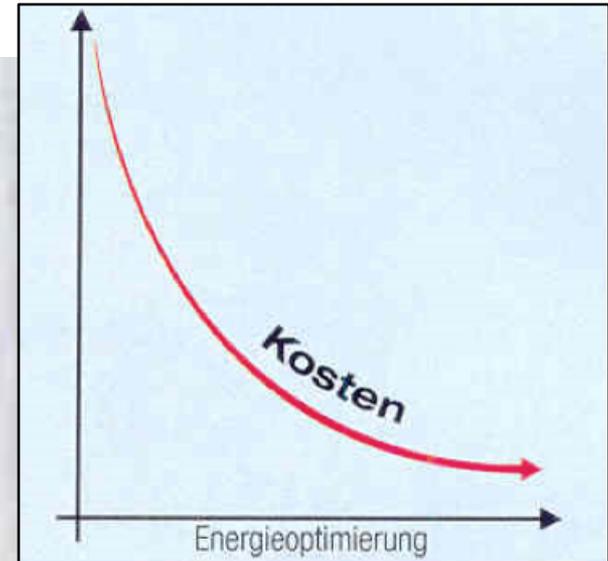
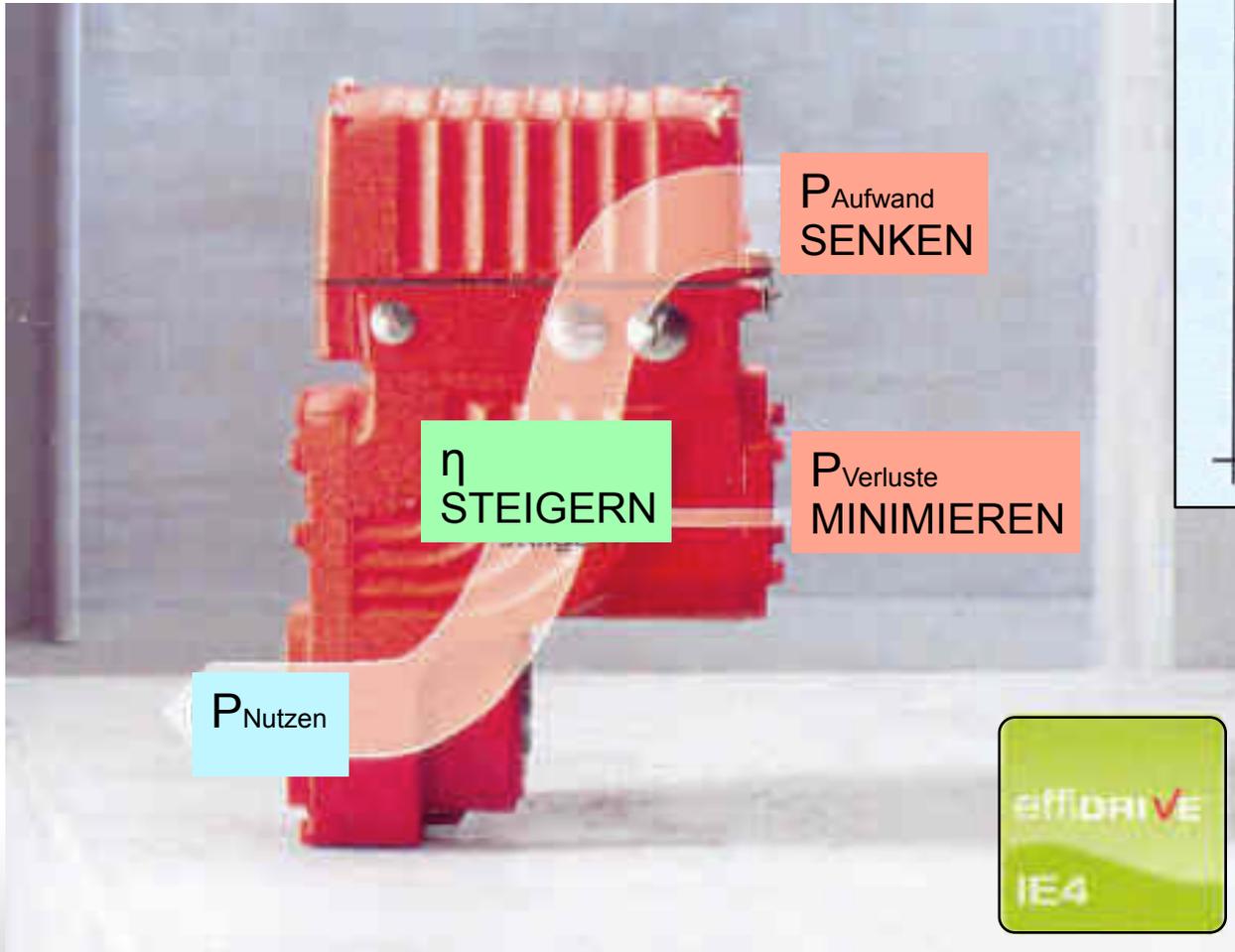
- Weiterentwicklung MFC: Reaktionszeiten < 10 ms
- **Neuer Ansatz:**
MFC + ~~SPS~~ + F:FC
- F:FC?
F:FC ist Bestandteil jedes Conveyor Elements





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



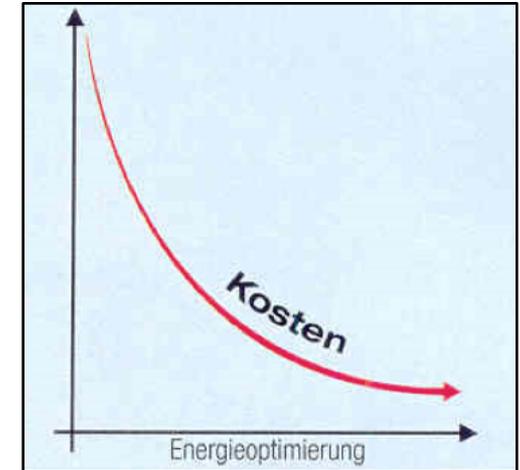
Energiekosten senken durch mehr Energieeffizienz

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

Integriert

Realisiert

Geplant

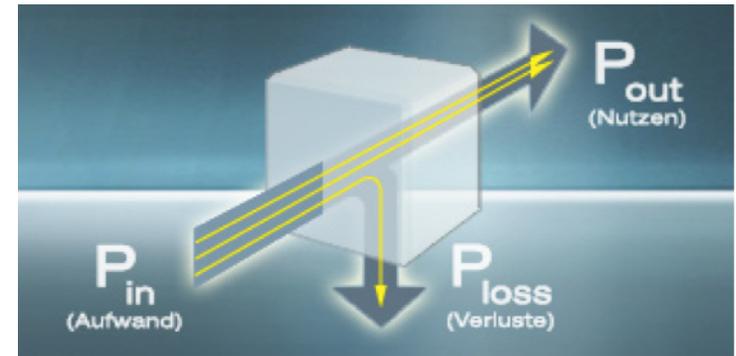


Effizienzpotential bei elektrischen Antrieben

- ▶ 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

Integriert

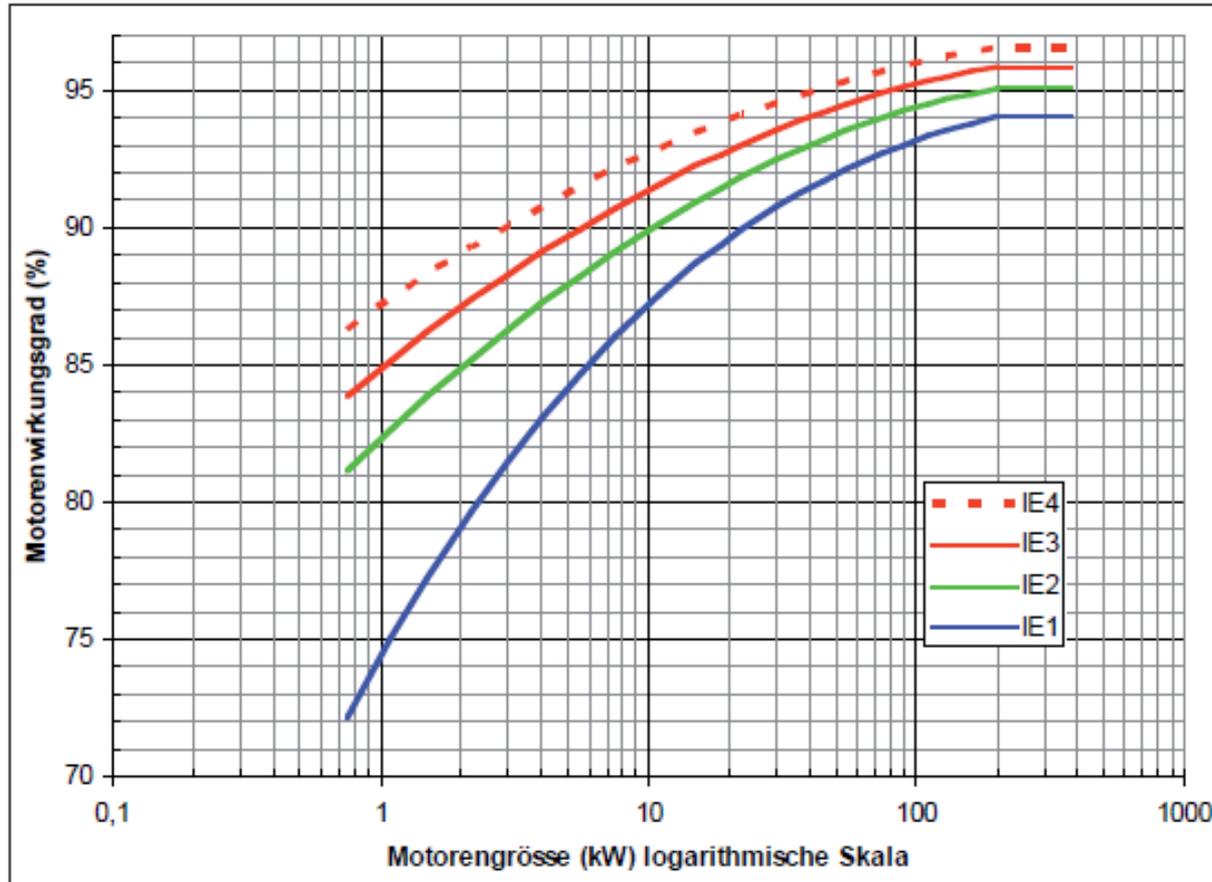
Realisiert

Geplant

47



Weltweit gültige Wirkungsgradkurven



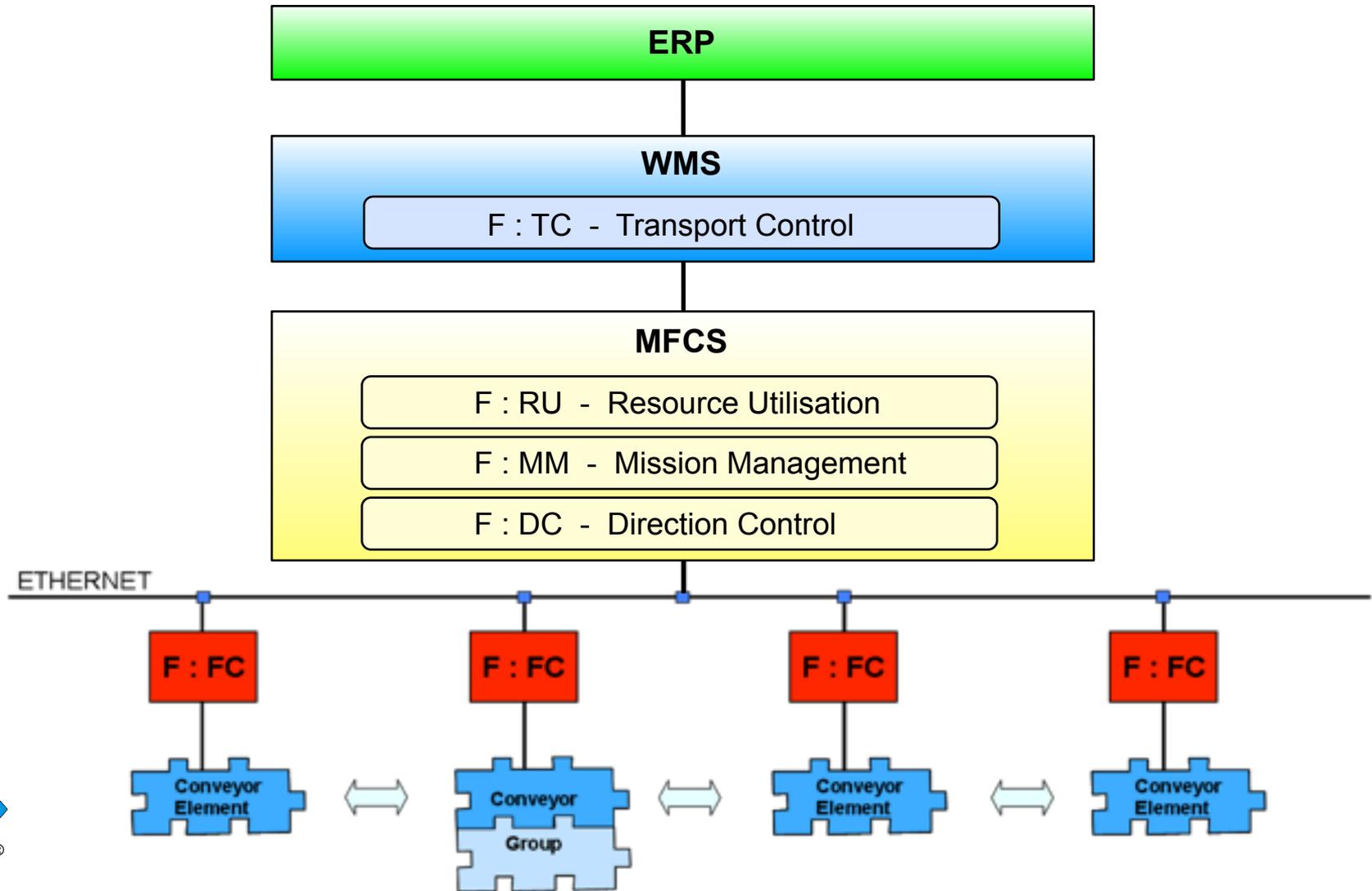
Quellen: IEC, DENA, DKE, SEW, ZVEI

Integriert

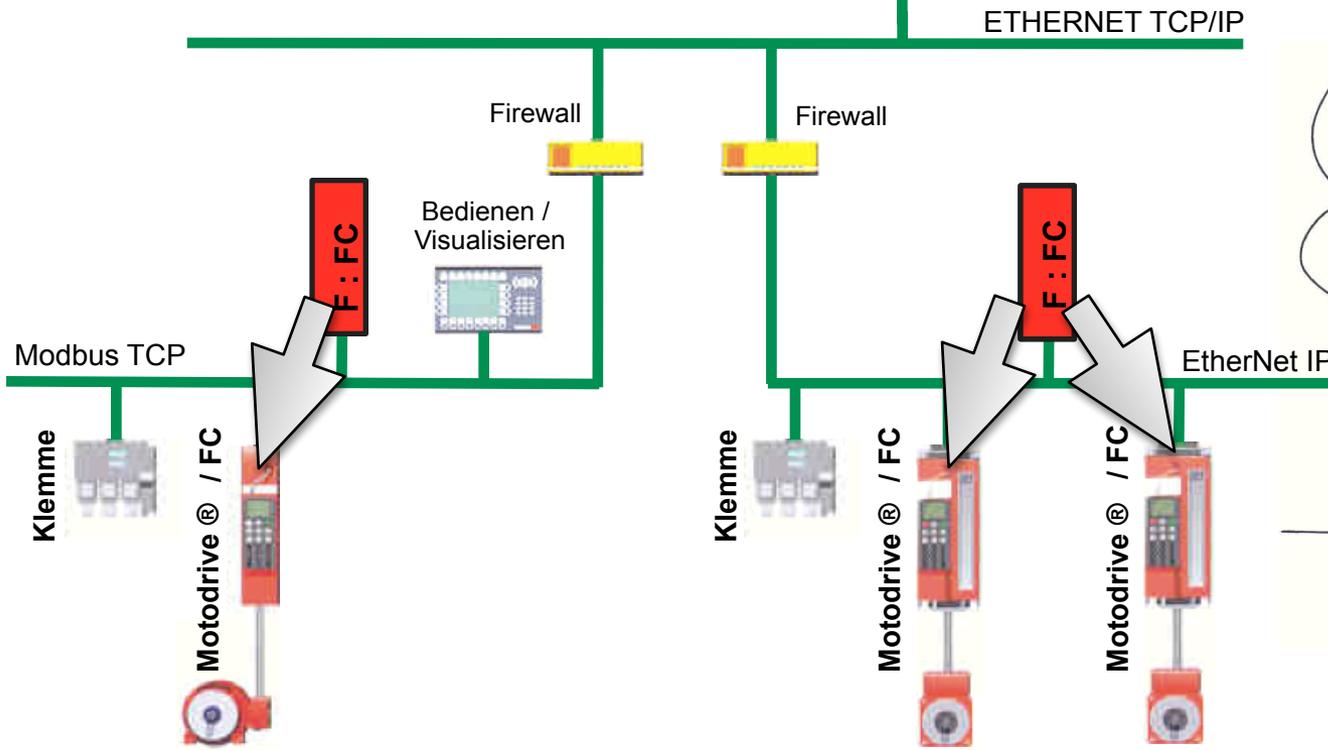
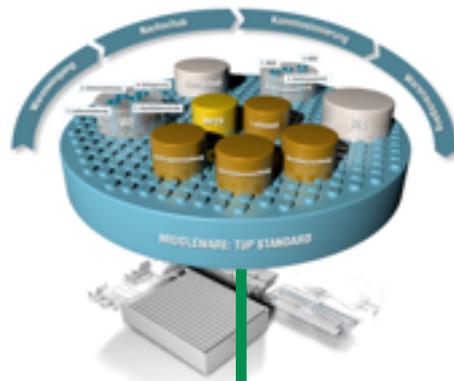
Realisiert

Geplant

Neue Funktionskonfiguration



Neue Funktionskonfiguration

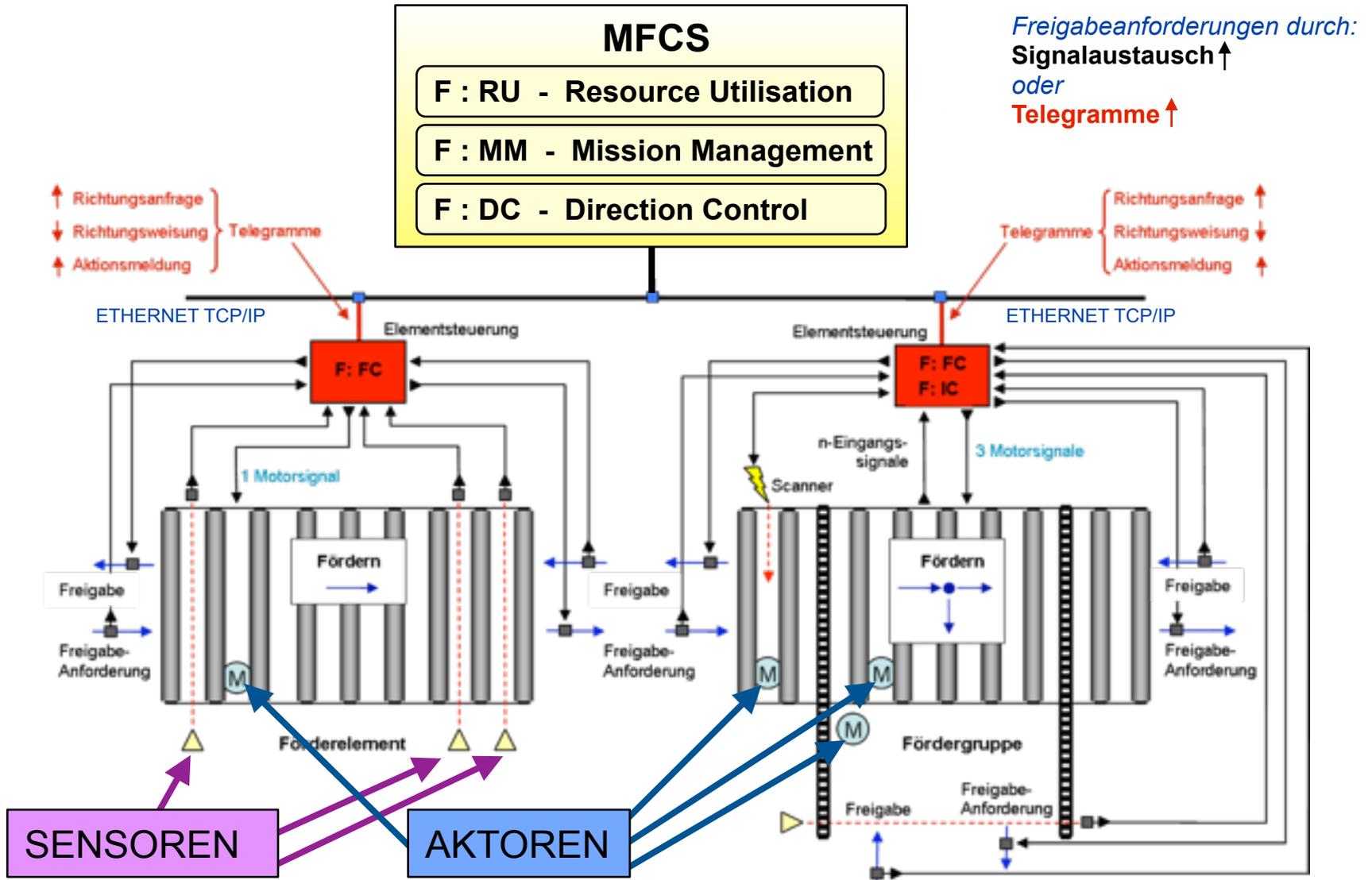


Kommunikation über Industrial ETHERNET (Quelle SEW)

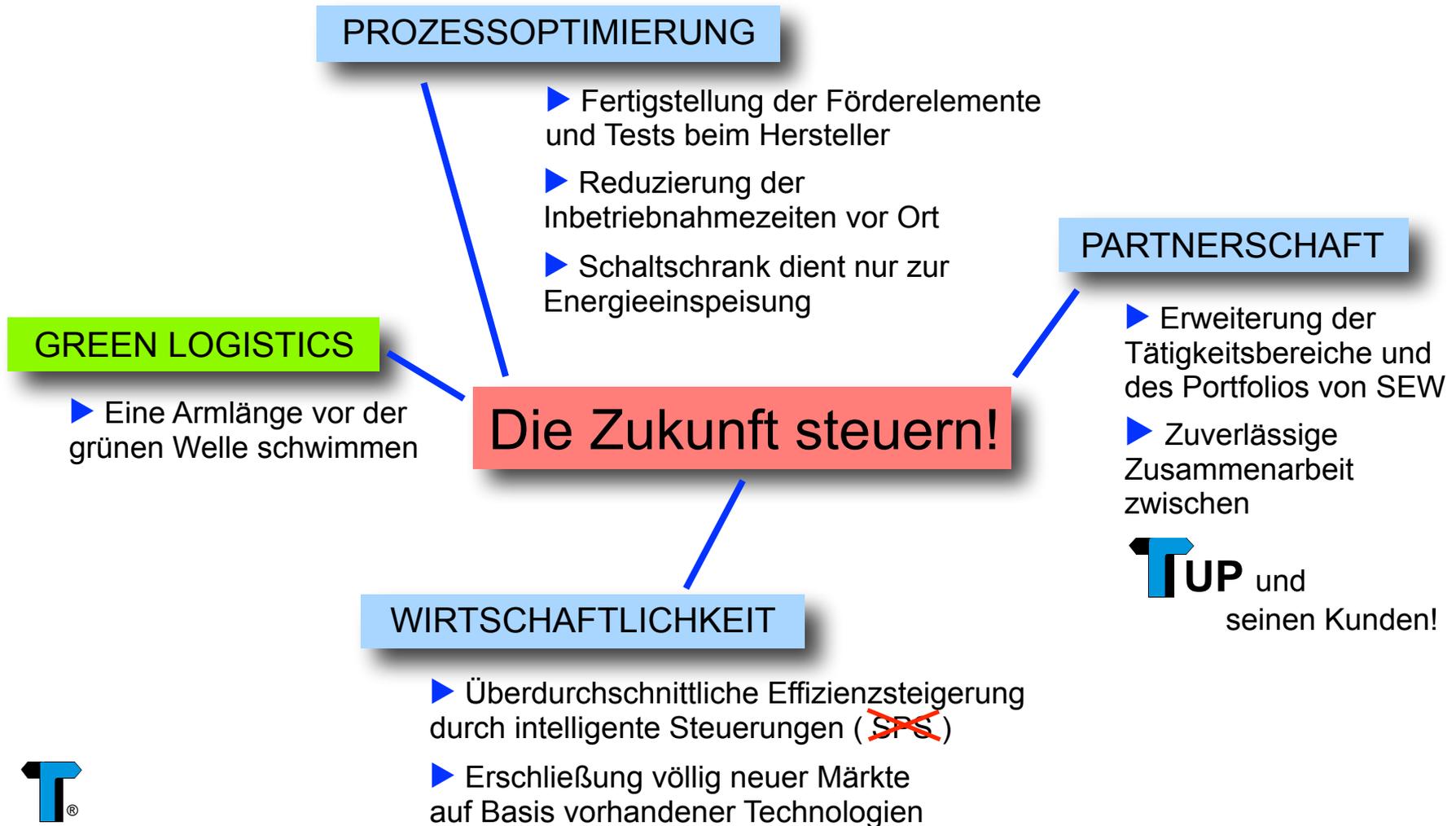


Funktionsmodularisierung - Industrie 4.0

Applikationsansatz: keine doppelte Datenhaltung



Auf der Zielgeraden zur „Schaltschranklosen Fabrik“ - Industrie 4.0





Ausblicke

Was hat Electronic Commerce mit Materialflusststeuerung zu tun?

Über das Web wird der Umsatz generiert

Die bestellten Waren werden „gebeamt“

soweit Science-fiction



Ausblicke

- 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.“

