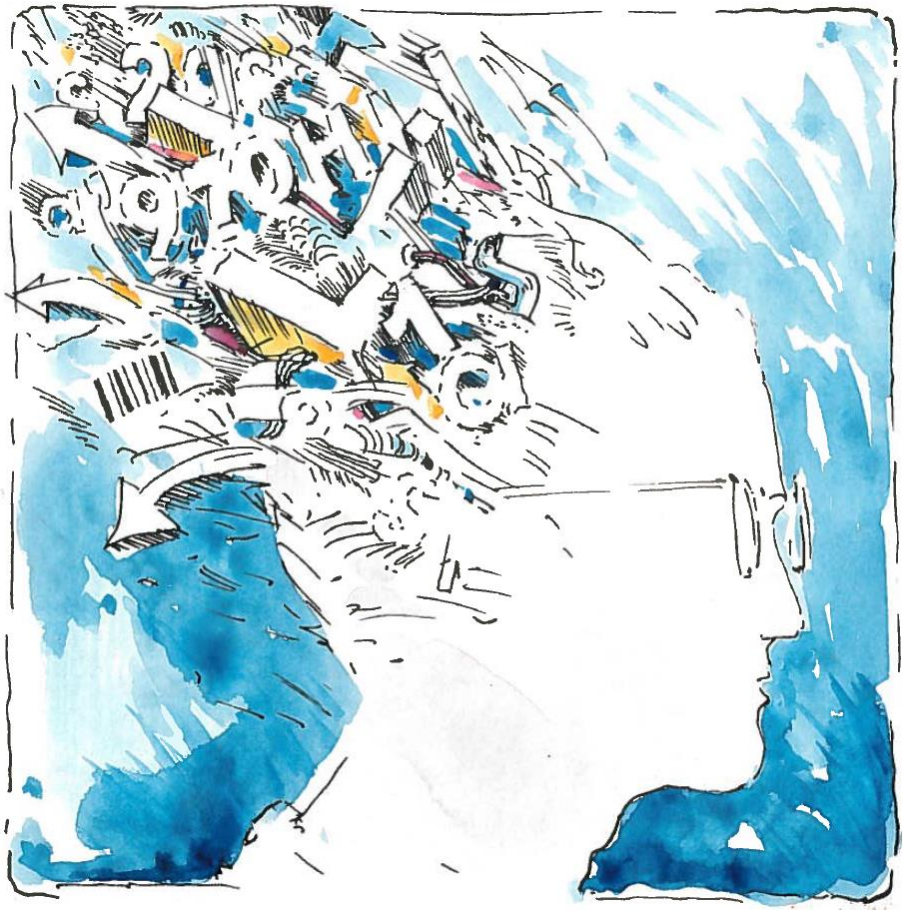
Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas

# IT-Grundlagen der Logistik



**2. Auflage, März 2017**

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

**IT-Grundlagen der Logistik**

Prof. Dr.-Ing. Frank Thomas
Erste Auflage, Karlsruhe, im Oktober 2016
Erweiterte 2. Auflage, Karlsruhe im April 2017

Die Informationen in diesem Buch werden ohne Rücksicht auf einen eventuellen Patentschutz veröffentlicht. Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt. Bei der Zusammenstellung von Texten und Abbildungen wurde mit größter Sorgfalt vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Verlag, Herausgeber und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.
Für Verbesserungsvorschläge und Hinweise auf Fehler ist der Herausgeber (info@tup.com) dankbar.

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Die gewerbliche Nutzung der in diesem Produkt gezeigten Modelle und Arbeiten ist nicht zulässig. Fast alle Produktbezeichnungen und weitere Stichworte und sonstige Angaben, die in diesem Buch verwendet werden, sind als eingetragene Marken geschützt.
Da es nicht möglich ist, in allen Fällen zeitnah zu ermitteln, ob ein Markenschutz besteht, wird das T-Symbol in diesem Buch nicht verwendet.

# IT-Grundlagen der Logistik

## INHALTSVERZEICHNIS

Seite

**Inhaltsverzeichnis ..... II**

**Abbildungsverzeichnis ..... IV**

**Einleitung ..... VI**

**1 Systemarchitektur für Materialfluss-Steuerungen ..... 1**

1.1 Denkschritte für die neue Systemarchitektur ..... 1
1.2 Applikationsspezifische Modularisierung von Förderanlagen mit SAIL ..... 2
1.2.1 Kernfunktionen ..... 2
1.2.2 Anlagenkomponenten einer Förderanlage ..... 4
1.3 Aufgabenzuordnung zwischen dem Transportsteuerungssystem und dem Material Flow Control System ..... 6
1.3.1 Anforderungen an die gewerkeübergreifende Kommunikation ..... 7
1.3.2 Vorteile der Systemarchitektur ..... 8

**2 Gestaltung und Einsatz innovativer Material- Flow-Control-Systeme (MFCS) ..... 9**

2.1 Die Materialflusssteuerung als Dienstleistung für ein Distributionszentrum ..... 9
2.2 Beziehungen zwischen Transportverwaltung, Transportdurchführung und Transportsteuerungssystemen ..... 9
2.3 Grundlagen der MFCS-Entwicklung ..... 11
2.3.1 Hierarchisches Abbild von Förderanlagen ..... 11
2.3.2 Rekursives Routing-Routengenerator ..... 12
2.4 Ergebnis durch Rekursives Routing am Praxisbeispiel eines Distributionszentrums ..... 13
2.4.1 Methoden zur Bildung von optimalen Fahraufträgen ..... 14
2.5 Fehler in der Planungsphase bei MFC-Systemen ..... 14
2.6 MFC-Systeme in der Praxis - Herausforderungen und Kostentreiber ..... 16
2.6.1 Vermeidung von Schnittstellenvielfalt im Projekt ..... 16
2.6.2 Hohe Effizienz und Transparenz bei Inbetriebnahme und Wartung ..... 16
2.7 Auf dem Weg zur Schaltschranklosen Fabrik ..... 17
2.7.1 Auf der Zielgeraden der „Schaltschranklosen Fabrik“ Industrie 4.0 ..... 19
2.7.2 Effizienzpotential bei elektrischen Antrieben ..... 19

**3 Warenidentifikation – Anwendung in der Logistik ..... 22**

3.1 Identifikation ..... 22
3.1.1 Identifikationssysteme mit optischen Datenträgern ..... 22
3.1.2 1 D-Code in Ausführung als OCL-Barcode ..... 22
3.1.3 Global Standard One (GS1) ..... 23
3.1.3.1 GS1 Complete ..... 24
3.2 Lesegeräte ..... 28
3.2.1 Strichcode-Laserscanner ..... 28
3.2.2 CCD-Sensoren ..... 30
3.3 RFID – Radio Frequency Identification Device ..... 31
3.3.1 RFID - Die Frequenz-Problematik ..... 31
3.3.1.1 RFiD-Systeme der Trägerfrequenz 13.56 MHz ..... 32
3.3.1.2 EPC: Electronic Product Code ..... 33
3.3.1.3 Electronic Printing von RFID-Tags ..... 34

**Literatur und Quellen ..... 36**

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1.1: Die Anlagenkomponenten nach SAIL ..... 1

Abbildung 1.2: Anlagenkomponenten einer Förderanlage ..... 4

Abbildung 1.3: Förderkomponenten, die Anlagefunktionen in wiederverwendbare Einheiten kapseln ..... 5

Abbildung 1.4: Aufgabenzuordnung zwischen dem Transportsteuerungssystem und dem MFCS (siehe Kapitel 2) ..... 6

Abbildung 1.5: Gewerkeübergreifende Kommunikation ..... 7

Abbildung 2.1: Aufgabenzuordnung des MFCS ..... 10

Abbildung 2.2: Anlagenabbild (Teilansicht). Mit Hilfe einer graphischen Oberfläche wird das Anlagenbild im MFCS abgelegt ..... 12

Abbildung 2.3: Praxisbeispiel: Groblayout eines Distributionszentrums ..... 13

Abbildung 2.4: Neue Funktionskonfiguration (MFCS ist über TP-RADT mit den Förderelementen verbunden) ..... 18

Abbildung 2.5: Die Vorteile der Schaltschranklosen Fabrik ..... 19

Abbildung 2.6: Adaptive MFC-Systeme ..... 20

Abbildung 2.7: Komponenten-Architektur adaptiver MFC-Systeme ..... 21

Abbildung 3.1: Applizierung des OCL im Wareneingang (inbound) ..... 23

Abbildung 3.2: GTIN/EAN 13 ..... 24

Abbildung 3.3: Prinzip GS1 ..... 25

Abbildung 3.4: Codeaufbau und Beschreibung eines SSCC (GS1-128) ..... 26

Abbildung 3.5: GLN, GTIN und SSCC im Verband GS1 ..... 27

Abbildung 3.6: Datenbezeichner-Tabelle (Ausriss) ..... 27

Abbildung 3.7: Stationärer Scanner an Verzweigepunkt an Fördertechnik ..... 28

Abbildung 3.8: Mobile Datenerfassung im Ersatzteilbereich Aviation ..... 29

Abbildung 3.9: Smart Mobile-Logistik ..... 29

Abbildung 3.10: Prinzipskizze eines CCD-Scanners mit 8k CCD-Zeile ..... 30

Abbildung 3.11: CCD-Kameras im Einsatz: Mehrseiten-Warenidentifikation, Wiegung und Vermessung von Paketen im Wareneingang ..... 31

Abbildung 3.12: Übersicht über die Frequenzbereiche ..... 32

Abbildung 3.13: Kompatibilität GS1 und EPC ..... 33

Abbildung 3.14: RFID-Einsatz entlang der Supply Chain ..... 34

Abbildung 3.15: Gedruckte Tags (Bildquelle: www.polyic.de, 2015)..... 34

# EINLEITUNG

Die rasante Weiterentwicklung der Informationstechnologie beeinflusst die Logistik-Geschäftsprozesse drastisch. Ohne ständige kritische Würdigung der weltweiten IT-Entwicklung (Halbwertzeit IT-Wissen: < 3 Jahre) ist eine strategische IT-Ausrichtung in Unternehmen gefährlich. Im Fokus steht dabei immer der Kostendruck.

Diese Gründe führen dazu, dass das vorliegende Skript jährlich überarbeitet wird, und die Einflüsse an Praxisbeispielen verdeutlicht werden.

# 1 SYSTEMARCHITEKTUR FÜR MATERIALFLUSS-STEUERUNGEN

Zielführend für eine neue Systemarchitektur für Materialflusssteuerungen ist die Überlegung, neue standardisierte Funktionsgruppen einer Wiederverwendbarkeit zugänglich zu machen. Wiederverwendbarkeit bei anlagentechnischen Komponenten heißt, dass abgeschlossene Förderkomponenten definiert und deren Schnittstellen und Funktionsweise beschrieben sind und diese nach dem Baukastenprinzip moduliert werden können.

Bei Wiederverwendbarkeit der Funktionsebenen, die keinen Bezug mehr zu einzelnen fördertechnischen Komponenten haben, führen objektorientierte Ansätze weiter (siehe Kapitel 1.3 und Kapitel 6).

Über mehrere Jahre haben führende Köpfe der Industrie in Zusammenarbeit mit Verbänden und Branchenspezialisten gearbeitet, um diese Welten in Einklang zu bringen. Die Lösung liegt in einer segmentierten Standardisierung. Nicht das System als solches wird standardisiert, sondern dessen Funktionen, Komponenten und Schnittstellen (siehe VDI/VDMA 5100).

Verbunden mit dem Paradigmenwechsel - von einer bereichsorientierten Top-Down-Zerlegung (Ebenen-Modell, siehe VDI 15276) zu einer Systemarchitektur (SAIL VDI/VDMA 5100) mit standardisierten Funktionsgruppen - wird das Potenzial für die Intralogistik sichtbar.

## 1.1 Denkschritte für die neue Systemarchitektur

Um die Potenziale sowohl aus Kunden- als auch aus der Betreibersicht darstellen zu können, sind folgende Denkschritte für eine neue Systemarchitektur notwendig:

1. Primäre Anlagenzerlegung nach fördertechnischen Funktionen

2. Kapselung der gefundenen Funktionen in Komponenten

3. Standardisierung der Komponenten

4. Standardisierung der Schnittstellen der Komponenten

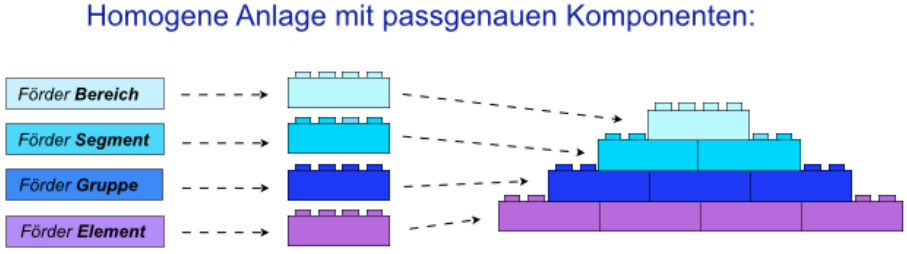



**Abbildung 1.1: Die Anlagenkomponenten nach SAIL**

**Die Ziele** dieser neuen Systemarchitektur mit einer funktionszentrierten Anlagenmodulierung sind:

- Eine gesteigerte Planungsintelligenz durch eine modulare Baukastensicht der Anlage in der Planungsphase
- Einheitliche und eindeutige Begriffsdefinitionen
- Eine transparente Funktionsbewertung in der Beschaffungsphase:
  „Kunde sagt, was er will - Lieferant sagt, was er liefert“
- Projektpartner verständigen sich auf derselben Basis; damit wird eine klare Funktionsabgrenzung bei der interdisziplinären Zusammenarbeit während der Realisierungsphase gewährleistet

**Daraus resultiert,** dass die neue Systemarchitektur als Kostenbremse bei der Modulierung von intralogistischen Materialfluss-Steuerungen wirkt.

## 1.2 Applikationsspezifische Modularisierung von Förderanlagen mit SAIL

Inspiriert wurde die standardisierte Systemarchitektur für Intralogistik-Anlagen durch die objektorientierte Programmierung, die bereits vor einigen Jahren in der industriellen Software-Entwicklung zu einem Perspektivenwechsel geführt hat. Durch die Schaffung der Richtlinie VDI/VDMA 5100 „SAIL“ (Systemarchitektur für die Intralogistik) erfolgte eine Übertragung dieser erfolgreichen Ansätze auf die Modellierung von Intralogistik-Systemen. Großes Augenmerk wurde dabei auf die Wiederverwendbarkeit der Komponenten gerichtet, die völlig neue Perspektiven bei der Systemmodellierung ermöglicht.

Die folgenden Funktionen und Komponenten wurden von einem Expertenkreis identifiziert und definiert, um eine systemübergreifende Modularisierung zu ermöglichen.

### 1.2.1 Kernfunktionen

Der aktuelle Entwicklungsstandard von SAIL abstrahiert fünf automatisierungstechnische Kernfunktionen einer Förderanlage. Die vorgeschriebenen gekapselten Funktionen sind nach außen in ihren Schnittstellen definiert, die interne Steuerungs- und Datenstruktur ist jedoch dem jeweiligen Hersteller freigestellt. Funktionen erhalten den Präfix ' F ' (Function).

**Funktion Anlagensteuerung F:AS (Facility Control F:FC)**

Die Anlagensteuerung bedient direkt die Anlage, d.h. die F:AS empfängt Signale von Sensoren, sendet Signale an die Aktoren und steuert damit die Antriebe. Sie realisiert alle Entscheidungen, die für die Eigensicherheit der Anlage und für die Durchführung eines Transportschrittes notwendig sind. Hier fällt die Entscheidung ob gefördert werden kann.

Die F:AS bekommt nach Anfrage die Förderrichtung von der Funktion Richtungsentscheidung (F:RE)

**Funktion Richtungsentscheidung F:RE (Direction Control F:DC)**

Die Richtungsentscheidung F:RE ermittelt aus den eingestellten Betriebsparametern des jeweiligen Punktes und den ggf. vorhandenen Fahrauftragsdaten des sich an diesem Punkt befindlichen Förderobjektes, ob und in welcher Richtung gefördert werden soll. Ein Transportauftrag (TA) bezieht sich immer auf genau ein identifizierbares Förderobjekt und untergliedert sich in einzelne Fahraufträge (FA) an Fördersysteme, die den Transport dann tatsächlich durchführen. Der FA gilt immer nur bis zum Erreichen der Fördersystemgrenze.

Für identifizierbare Förderobjekte mit Transportauftrag wird die erforderliche Richtungsinformation aus dem Fahrauftrag bei der Funktion Fahrauftragsverwaltung F:FA ermittelt. Ein Schwarzfahrer ist ein identifizierbares Förderobjekt ohne Transportauftrag. Da kein Transportauftrag vorliegt und somit auch keine Förderrichtung, muss diese aufgrund festgelegter Regeln in der F:RE entschieden werden.

**Funktion Fahrauftragsverwaltung F:FA (Mission Management F:MM)**

Die Fahrauftragsverwaltung stellt für die Richtungsentscheidung F:RE die relevanten Daten des Fahrauftrags zur Verfügung. Über die Identifikation eines Förderobjektes und eines Entscheidungspunktes muss die Fahrauftragsverwaltung F:FA die Information liefern, ob eine Richtungsanweisung vorliegt und welche Ausprägung diese hat. Dieser Vorgang stellt hohe Anforderungen an die Reaktionszeit. Außerdem ist F:FA dafür verantwortlich, Fahraufträge anzulegen, zu verändern und zu löschen wenn dies von der beauftragenden Funktion Ressourcennutzung verlangt wird.

**Funktion Ressourcennutzung F:RN (Ressource Utilisation F:RU)**

Die Ressourcennutzung kennt den aktuellen Belegungszustand der Transportsysteme, deren mögliche Transportkapazitäten und Struktur, die vorliegenden Transportaufträge und die notwendigen Parameter für die Strategien zur Nutzung der freien Ressourcen. Hier wird entschieden, welches von mehreren konkurrierenden Transportobjekten eine freie Ressource nutzen darf. Daraus resultiert die Vergabe oder Veränderung eines Fahrauftrages an die Fahrauftragsverwaltung F:FA. Die F:RN bedient sich zur Verfolgung ihrer Betriebsstrategien der Parameter des jeweiligen Entscheidungspunktes bei der F:RE.

**Funktion Transportkoordination F:TK (Transport Coordination F:TC)**

Die Funktion Transportkoordination F:TK ist die Schnittstelle vom MFCS zu den beauftragenden Systemen, sprich dem WMS bzw. dem Host. Die F:TK wird mit Transporten beauftragt und sorgt dafür, dass diese zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort fertiggestellt werden.

Aufgaben der F:TK sind die Ermittlung von passenden Betriebsstrategien sowie beispielsweise die Organisation der Nachschub-Koordination oder die Durchführung der Kommissionierung mit Rundgängen, Batchbildung und Batchpuffer. Es werden die Verfügbarkeiten aller Bereiche und Systeme betrachtet und die Laststeuerung für die einzelnen Transportsysteme berücksichtigt.

### 1.2.2 Anlagenkomponenten einer Förderanlage

Aufbauend auf den fünf abstrahierten Anlagenkernfunktionen, sind die Komponenten einer Förderanlage nach dem Baukastenprinzip für Materialflussanlagen definiert. Die Idee dahinter ist, dass die Elemente des Baukastens Förder-Komponenten sind, welche die Kernanlagenfunktionen in abgeschlossene wiederverwendbare Einheiten kapseln.

Eine Förderanlage wird aus verschiedenartigen Anlagenkomponenten modelliert, sie erhalten den Präfix ' A ' (in der englischen Nomenklatur Präfix 'C' für Component).
Die Komponenten dienen zur Kapselung der Funktionen bei der Modellierung.

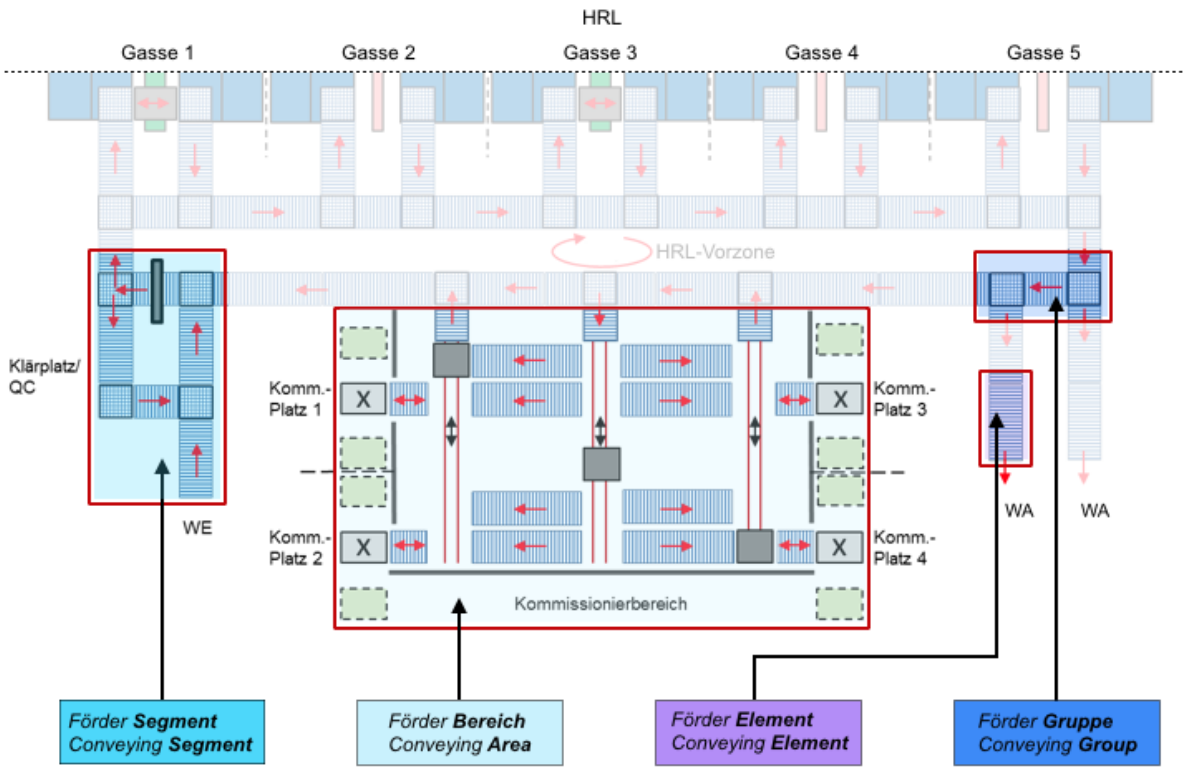



**Abbildung 1.2: Anlagenkomponenten einer Förderanlage**

#### Förderelement A:FE (Conveying Element C:CE)

Ein Förderelement ist die kleinste Komponenten-Einheit. Es besteht aus einem Antrieb für die Hauptförderrichtung, den Antrieben für die abzweigenden Förderrichtungen sowie der zugehörigen Sensorik. Es beinhaltet nur die Funktion Anlagensteuerung F:AS *(bzw. Facility Control F:FC)*. Die Ausprägung ist unmittelbar von der technischen Ausführung der Förderelemente und der Informationsgeber abhängig.

### Fördergruppe A:FG (Conveying Group C:CG)

Eine Fördergruppe ist dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Gruppe von Förderelementen betreibt. Sie ist also eine Zusammenfassung von Förderelementen, die zusammen ein mehr oder weniger komplexes Anlagengebilde darstellen, das nach außen als ein Verzweigungspunkt erscheint. Dementsprechend besitzt die Fördergruppe eine Richtungsentscheidungsinstanz F:RE *(bzw. Direction Control F:DC)* mit deren Betriebsparametern.

### Fördersegment A:FS (Conveying Segment C:CS)

Ein Fördersegment ist ein Zusammenschluss mehrerer Fördergruppen und bildet so eine Einheit. In der Folge entsteht ein zunehmend komplexerer Materialfluss. Das Fördersegment stellt daher für diese Gruppe die Funktion Fahrauftragsverwaltung F:*FA (bzw. Mission Management F:MM)* bereit.

### Förderbereich A:FB (Conveying Area C:CA)

Ein Förderbereich wiederum besteht aus einer Gruppe von Fördersegmenten. Innerhalb dieses Bereichs wird die koordinierende Funktion der Ressourcennutzung F:RN *(bzw. Ressource Utilisation F:RU)* bereitgestellt.

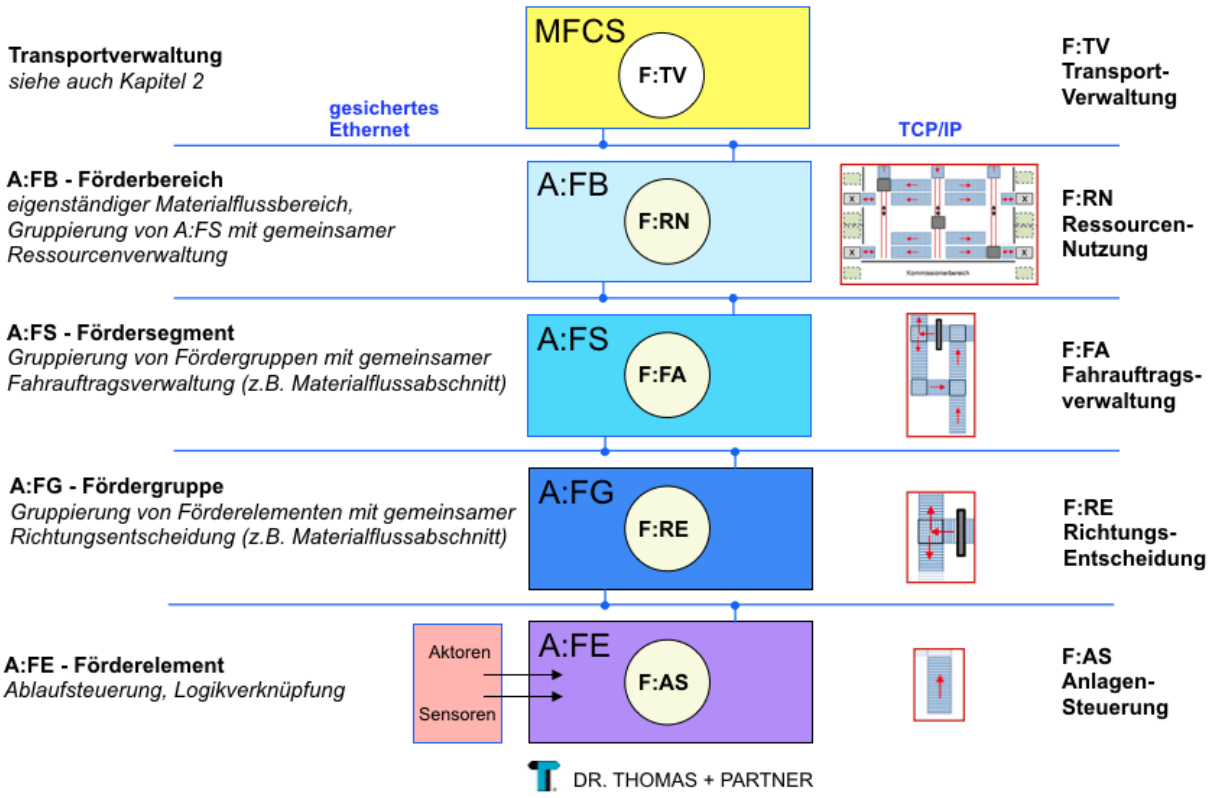



**Abbildung 1.3: Förderkomponenten, die Anlagefunktionen in wiederverwendbare Einheiten kapseln**

## 1.3 Aufgabenzuordnung zwischen dem Transportsteuerungssystem und dem Material Flow Control System

Die Aufgabenzuordnung zwischen dem Transportsteuerungssystem (TSS) und dem Material Flow Control System (MFCS) wird zum einen durch die rasante Hardware-Entwicklung vorangetrieben und zum anderen durch die objektorientierte Programmierung. Die Anlagen-nahen Förderkomponenten, welche die beschriebenen Anlagenfunktionen F:AS und F:RE in wiederverwendbare Einheiten kapseln, bilden die Grundlage für die Modulierung des TSS. Die Modellierung dieser gekapselten Einheiten zu einem TSS wird positiv unterstützt durch die rasante Hardware-Entwicklung bei den MFCS, die Prozessreaktionszeiten < 15 ms garantieren. Passend zu dieser Aufgabenzuordnung werden die Funktionsebenen F:FA, F:RN, F:TV, die keinen Bezug mehr zu den fördertechnischen Komponenten haben, auf dem MFCS abgebildet.

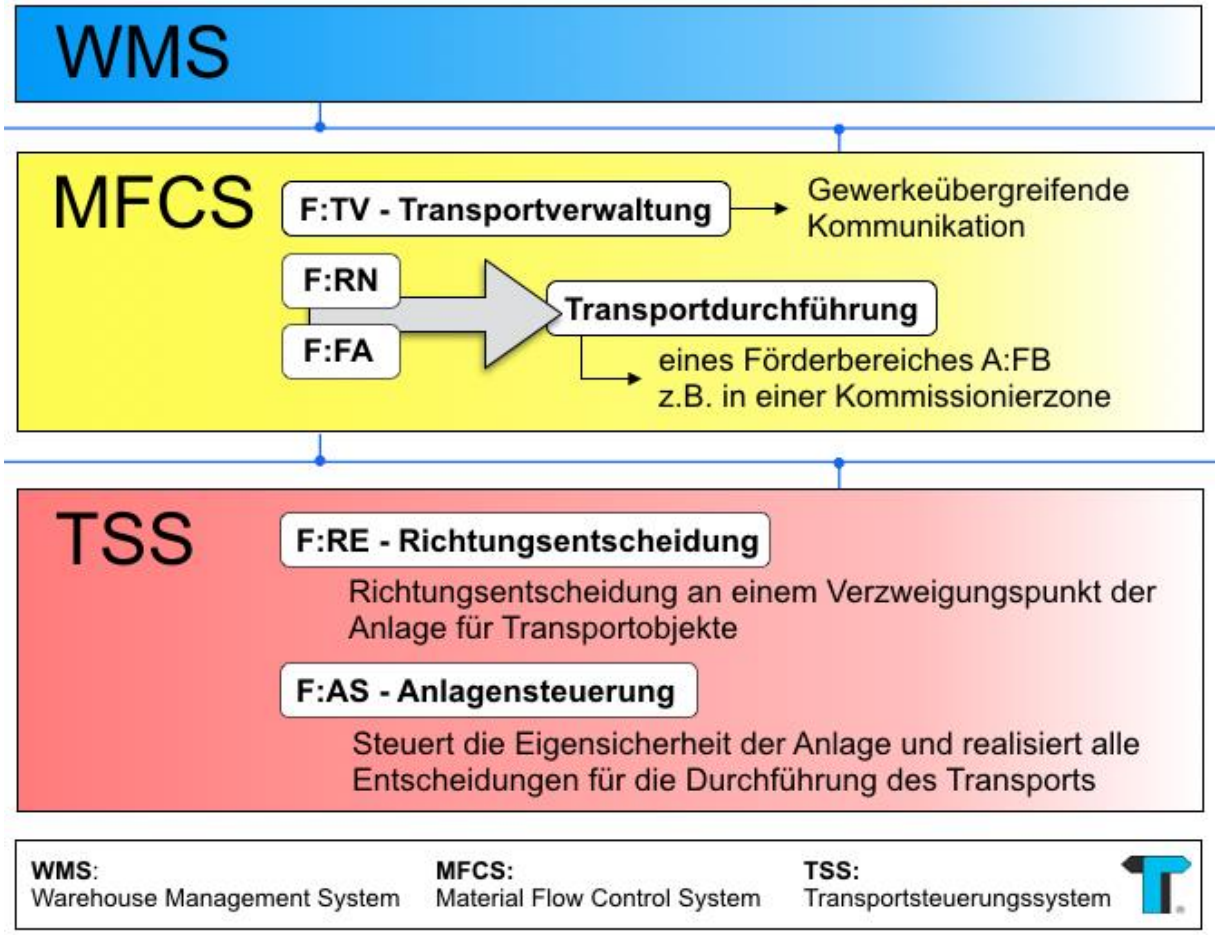



**Abbildung 1.4: Aufgabenzuordnung zwischen dem Transportsteuerungssystem und dem MFCS (siehe Kapitel 2)**

Damit wird auch das eigentliche Ziel, die Wiederverwendbarkeit dieser MFCS-Komponenten, erreichbar. Die industrielle Software-Entwicklung des MFCS mit dem Ansatz der objektorientierten Programmierung, hier als Beispiel durch ein programmiertechnisches Verfahren, dem Entwurfsmuster “die Brücke“ (siehe Kapitel 2.1).

Mit dieser Aufgabenzuordnung wird darüber hinaus eine Reduzierung der Komplexität erreicht, was wiederum deutlich mehr Transparenz in der Software-Architektur schafft (siehe Kapitel 2.1).

### 1.3.1 Anforderungen an die gewerkeübergreifende Kommunikation

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ist es heute oftmals der Fall, dass bei einem Neu- oder Umbau eines Distributionszentrums verschiedene Gewerke-Hersteller unter einem Dach zusammenarbeiten. Diese Heterogenität der Lieferanten und deren Systeme bringt jedoch gleichzeitig auch zusätzliche Reibungspunkte mit sich. So sind zwar die Mindestanforderungen für den Informationsaustausch zwischen den SAIL-Komponenten in VDI/VDMA 5100 dargestellt. Die Anforderung an eine Gewerke übergreifende Kommunikation, zum Beispiel zwischen einem Hochregal-Lager (HRL), der HRL-Vorzone und der Kommissionier-Anlage, sind jedoch nicht Gegenstand der Richtlinie.

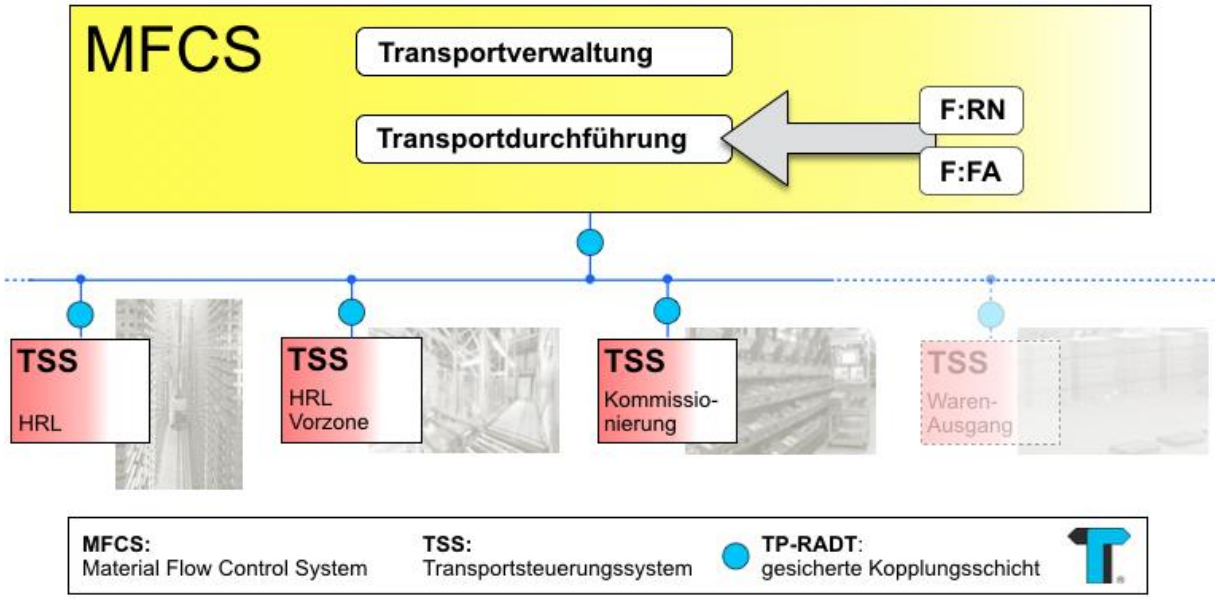



**Abbildung 1.5: Gewerkeübergreifende Kommunikation**

Eine Integration verschiedener Lösungen der jeweiligen Gewerke-Hersteller in das Gesamtgefüge erfordert ein gemeinsames Lösungsverständnis, denn die unkoordinierte Funktions-Modulierung führt zur **informellen Fraktionsbildung**. Der Schlüssel sind **klar definierte Schnittstellen**, sowohl zwischen den Gewerken als auch von den einzelnen Gewerken zum übergeordneten MFCS. Eine heterogene Individualität in der Umsetzung der Kopplung von Fremdsystemen wäre ein Rückschritt und verbunden mit einem extrem hohen Engineering-Aufwand, der dann zur **Kostenfalle** werden kann.

Sind die Schnittstellen genau definiert, bringt das Vorteile für den Hersteller und den Anlagenbetreiber. Der Lieferant kann seine Komponenten bereits bei der Herstellung ausgiebig testen, lange bevor sie tatsächlich im Lager verbaut werden.

Auch die Fernwartung im After-Sales wird möglich, wenn alle Komponenten zentral angesprochen und überprüft werden können.

Die Kopplung zu Fremdsystemen - z.B. zwischen dem HRL und einem Kommissionier-System - wird über eine **gesicherte Kopplungsschicht TP-RADT** (= **R**eliable **A**pplication **D**ata **T**ransfer by Dr. **T**homas + **P**artner) realisiert, die einen geblockten Telegrammaustausch über Streamsocket auf TCP/IP (siehe Kapitel 4.2.4) ermöglicht.

### 1.3.2 Vorteile der Systemarchitektur

Die Vorteile der Systemarchitektur für Intralogistik-Anlagen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Eine modulare Baukastensicht der Anlage in der Planungsphase
- Eine transparente Funktionsbewertung in der Beschaffungsphase
- Eine klare Funktionsabgrenzung bei der interdisziplinären Zusammenarbeit während der Realisierungsphase
- Eine eindeutige Schnittstellendefinition an den Bausteingrenzen während der Realisierungsphase.
- Der Hersteller ist innerhalb der Funktionen an keine Konventionen gebunden.
- Eine hohe Verfügbarkeit durch klare Funktionsabgrenzung in der Betriebsphase.
- Eine risikoarme Austauschbarkeit funktional abgegrenzter Teilgewerke oder Komponenten in der Modernisierungsphase.
- Eine Wiederverwendbarkeit der gekapselten Einheiten

# 2 GESTALTUNG UND EINSATZ INNOVATIVER MATERIAL-FLOW-CONTROL-SYSTEME (MFCS)

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

## 2.1 Die Materialflusssteuerung als Dienstleistung für ein Distributionszentrum.

Als Materialflusssteuerung, auch Material Flow Control System (MFCS), wird sehr häufig eine direkt einer Förderanlage zugeordnete Auftragsverwaltung bezeichnet. Diese Sicht aber wird der Aufgabe nicht gerecht, wenn in einem Distributionszentrum eine gewachsene heterogene Struktur an Förderanlagen existiert, die erst in ihrem koordinierten Zusammenwirken das optimale Betriebsergebnis ermöglicht.

Das MFCS erfüllt im engeren Sinne in der Welt der IT-Systeme von Distributionszentren, eine zentrale Funktion, die jederzeit den optimalen Durchsatz der Anlage gewährleistet. Dabei werden seine Funktionen einerseits von einer in der Regel Investitionskosten-optimierten Anlage oder einem Konglomerat verschiedener Anlagen und Ausbaustufen genutzt, andererseits von den Funktionen des operativen Betriebs mit unterschiedlichen Nutzungsstrategien. Dabei muss das MFCS in seinem Verhalten berechenbar und stabil sein und jederzeit zur Laufzeit an neue Strategien, erweiterte Anlagen und neue Ideen angepasst werden können. Dies setzt in der Materialflusssteuerung eine standardisierte Lösung voraus, die flexibel genug ist, mit allen Anforderungen fertig zu werden oder die leicht auf neue Anforderungen angepasst bzw. erweitert werden kann.

## 2.2 Beziehungen zwischen Transportverwaltung, Transportdurchführung und Transportsteuerungssystemen

Erinnern sie sich daran, dass die Transportverwaltung als Aufgabenschicht direkt über der Transportdurchführung liegt (siehe Kapitel 1.3, Abbildung 1.4).

Während der **Transportverwaltung** die zentrale Instanz zur Überwachung Beauftragung und Koordination aller Transportaufträge und Transportressourcen ist, realisiert die Transportdurchführung die erzeugten Transportaufgaben zwischen Transportverwaltung und dem Transportsteuerungssystemen (TSS). Es wird deutlich die wichtigste Funktion innerhalb eines MFC-System ist die Beauftragung von Förderanfragen in einer Weise, die die Anlage optimal auslastet und die logistischen Prozesse bestmöglich bedient.

Beide Ziele können nicht unabhängig voneinander erreicht werden, manchmal entstehen Zielkonflikte. Führend ist immer der logistische Prozess: Die termingenaue und vollständige Auslieferung von Ware ist das Primärziel, an dem sich sowohl die Gestaltung der Anlage als auch deren Betrieb zu orientieren hat. Die optimale Auslastung der Anlage durch das MFCS ist diesem Ziel untergeordnet.

Es wird sichtbar: Die **Transportverwaltung** ist die zentrale Instanz zur Überwachung, Beauftragung und Koordination aller Transportaufträge und Transportressourcen (Abbildung 2.1).

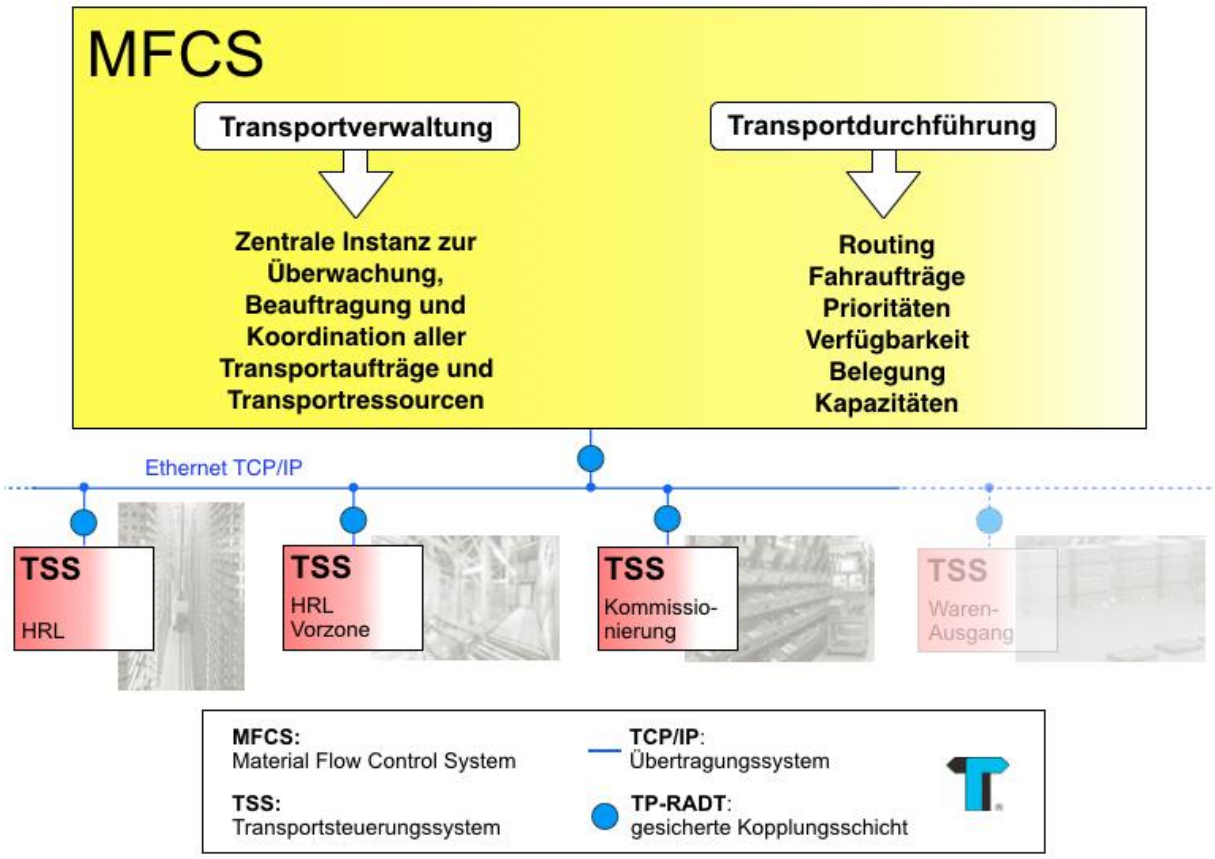



**Abbildung 2.1: Aufgabenzuordnung des MFCS**

Die **Transportdurchführung-Schicht**, hat primär die Aufgabe, bestehende Transportaufgaben so durchzuführen, dass die Anlage nicht blockiert wird. Hierzu hat es den Betriebszustand der Anlage und den Belegungszustand von Strecken, Punkten und Transportressourcen zu beachten und die vorhandenen verfügbaren Fördermittel mit entsprechenden Fahraufträgen zu beauftragen. Die Durchführung der Fahraufträge selbst ist nicht Aufgabe des MFCS, sondern die der unterlagerten Steuerungen. Insbesondere muss bei der Transportkoordination die Tatsache berücksichtigt werden, dass die Belastungssituation aller Förderbereiche gemeinsam berücksichtigt wird. So werden durch „standardisierte Module“ für Regalbediengeräte, Palettenfördersysteme Taxibetrieb für fahrerlose Transportsysteme usw., gemeinsam gesteuert.

## 2.3 Grundlagen der MFCS-Entwicklung

Es gibt ein paar interessante Ansätze bei der Modellentwicklung für eine **standardisierte Lösung**:

a) Aus logistischer Sicht gilt die Prämisse:
Das MFC-System berechnet in Echtzeit (real-time) den schnellsten Weg zum Zielpunkt und entscheidet immer unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit der Anlagenressourcen über die effektivsten Wege. Aus logistischer Sicht gelingt die Vorgabe durch die Abbildung der Förderanlagen in einem hierarchischen Konzept.

b) Aus Aspekten der Wiederverwendbarkeit sind Entwurfsmuster eine bewährte Schablone für die wiederverwendbare Vorlage zur Problemlösung (objektorientiertes Strukturmuster, vgl. Kapitel 6.3.1 „Objektorientiertes Strukturmuster“).

### 2.3.1 Hierarchisches Abbild von Förderanlagen

Erinnern wir uns: das MFCS ist die zentrale Instanz zur Überwachung, Beauftragung und Koordination aller Transportaufträge und Transportressourcen. Innovative MFCS berechnen in Echtzeit den schnellsten Weg durch eine Förderanlage und bestimmen immer unter Berücksichtigung der verfügbaren Anlagenressourcen, die effektivsten Wege.

❍ Dem MFCS liegt ein **statisches Abbild der Förderanlagen zugrunde**, das **unabhängig** auf einem Konfigurationssystem erstellt bzw. gepflegt wird (Abbildung 2.2).
Die Förderanlagen werden als Netz von Wegen- und Anlagenpunkten abgebildet.
Mit diesem Ansatz wird die **Anlagenmatrix** 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 sind.
- Außerdem ist hier festgelegt welcher „Bereichsverwalter“ für die Zuteilung zu einem konkreten Transporter (standardisiertes Modul) zuständig ist.

**Diese Anlagenmatrix** wird im Hauptspeicher des MFC-System abgelegt. Damit liegt dem produktiven System ein statisches Abbild der Förderanlagen zugrunde, das unabhängig auf dem Konfigurationssystem erstellt bzw. gepflegt wird.

**Abbildung 2.2: Anlagenabbild (Teilansicht). Mit Hilfe einer graphischen Oberfläche wird das Anlagenbild im MFCS abgelegt**

### 2.3.2 Rekursives Routing-Routengenerator

Mit den statischen Daten wird durch ein rekursives Routing der kürzest mögliche Weg zum Zielpunkt berechnet. Der Routengenerator erzeugt das Kursbuch:

- Quelle / Ziel-Beziehungen
- Die Routentabelle wird im MFCS im Hauptspeicher abgelegt
- Durch den Einsatz der Routingtabelle, unterstützt durch stetige Softwareoptimierung und immer potenterer Hardware werden in der Praxis Prozessreaktionszeiten < 15 ms erreicht.

Es sollte jetzt deutlich geworden sein, wie mit den statistischen Daten (Anlagenmatrix) und den momentan vorliegenden Betriebszustand, Dynamisches Abbild der Anlagenressourcen (Routingtabelle) einer freien Ressource (Förderstrecke, Stellplatz, Fördermittel, Stapler, etc.) der Weitertransport eines Transportguts beauftragt wird.
Die Aufnahmekapazität der Ressource wird bestimmt durch den Typ des Bereichsverwalter bzw. des Transporteurs (Fördermittel) bzw. durch die Aufnahmefähigkeit des Endpunktes des aktuellen Weges.

**Dabei gelten die Grundregeln:**

- Ein Fahrauftrag wird vergeben, wenn auf der Strecke bis zum nächsten Zielpunkt die Anlagenkapazität ausreicht.
- Mit der Beauftragung wird der Quellplatz entlastet, der jetzt wieder neu belegt werden kann, indem ein wartender Transportauftrag zu diesen Anlagenpunkt aktiviert wird.

Die Funktion des Bereichsverwalters ermöglicht es mit wenigen standardisierten Modulen auch inhomogene, komplexe Anlagen zu bedienen. Vorhanden sind Module der Regalbediengeräte (mehrfachtiefe Einlagerung), Palettenfördersysteme, Taxibetrieb für Bereiche mit fahrerlosem Transportsystem (siehe Übung „Fahrerloses Transportsystem“), Elektrohängebahnen oder Elektropalettenbodenbahn, Direktbetrieb von Behälterfördersystemen und Sortern, sowie Shuttle-Systemen.

## 2.4 Ergebnis durch Rekursives Routing am Praxisbeispiel eines Distributionszentrums

Nachdem wir im vorigen Abschnitt Rekursives Routing behandelt haben, wollen wir uns am Praxisbeispiel Distributionszentrum das Ergebnis der damit **erzeugten Routentabelle darstellen**.

In der folgenden Abbildung 2.3 ist das Groblayout dargestellt.
Zur Abbildung der logistischen Prozesse sind folgende Fördermittel im Einsatz:

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

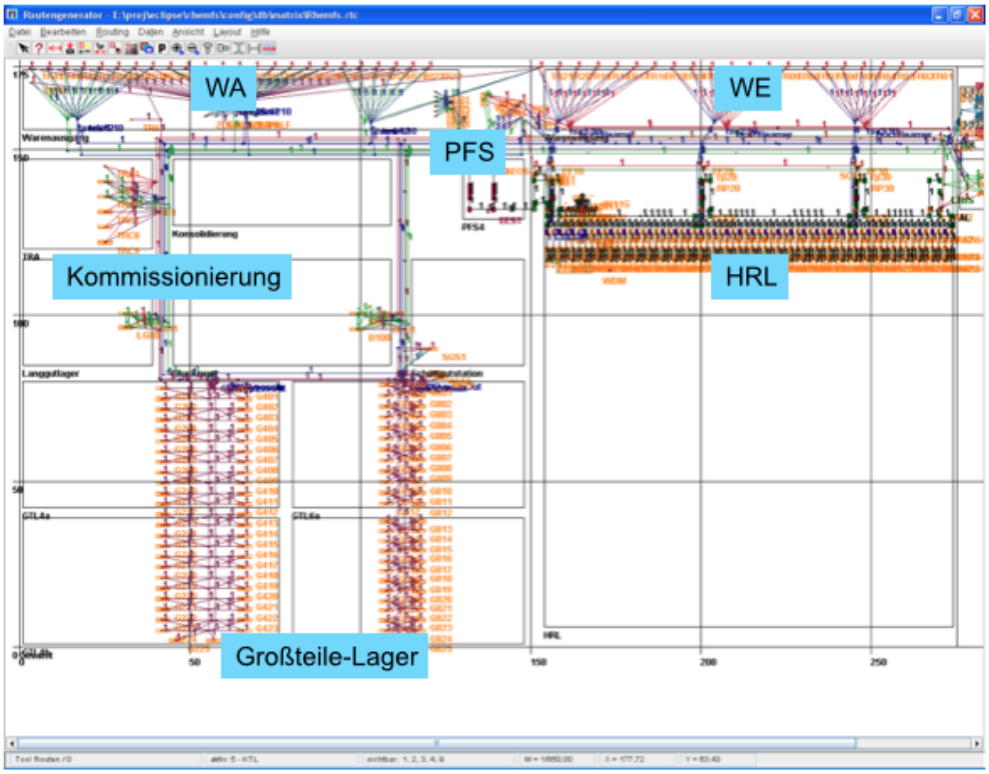



**Abbildung 2.3: Praxisbeispiel: Groblayout eines Distributionszentrums**

Die auf der Basis erzeugte **Routingtabelle** arbeitet mit:

- 510 Punkte → Quelle/Ziel
- 26.000 Punkte Wegebeziehungen
- 88.000 Quelle-Senke-Beziehungen

Zusammenfassend kann als Ergebnis gezeigt werden:
In diesem Distributionszentrum bedient **ein MFC-System online** den Materialfluss vom Wareneingang bis zum Warenausgang.

Durch den Einsatz der Routingtabelle, der stetigen Software-Optimierung und immer potenterer Hardware werden heute in der Praxis Prozessreaktionszeiten <15 ms erreicht.

**Im Hochlastbetrieb gelten dabei die Grundregeln:**

- 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 werden kann, indem ein wartender Transportauftrag zu diesem Punkt aktiviert wird.

### 2.4.1 Methoden zur Bildung von optimalen Fahraufträgen

Was hilft das beste Routing, wenn keine planbaren Aufträge vorhanden sind? Abgeleitet aus der Praxis eignen sich die folgenden Methoden zur Bildung von optimalen Fahraufträgen (siehe Kapitel 5.3):

- Mithören am Bestelltopf
  → frühzeitig Nachschub auslösen und an das MFCS weiterleiten
- Batchkommissionierung
  → Raffen von Kundenaufträgen, Mehrfachzugriff auf einen Artikel
- Zeitscheibenbildung
  → termingerechte Tourenbereitstellung im Warenausgang
- Reservierung von Eilbatches
  → zeitgesteuertes Einschleusen in den Tagesablauf

## 2.5 Fehler in der Planungsphase bei MFC-Systemen

Das Material Flow Control System ist das Herzstück eines komplexen Warehouse Management Systems. Erst ein optimiertes und störungsfreies Routing ermöglicht die Wirtschaftlichkeit eines Lagers. Genau deshalb sind eine saubere Planung und Umsetzung des MFCS eine unverzichtbare Voraussetzung für ein erfolgreiches WMS-Projekt. Leider wird genau an dieser Stelle oft versäumt, den Kunden bereits im Vorfeld auf den richtigen Weg zu leiten (Konfliktsituation: Planer / Gewerke-Lieferant / IT-Realisierung).

Häufige **Fehler in der Praxis** sind unter anderem:

- für einen einfachen, geradlinigen Materialfluss wird zu wenig Zeit verwendet
- hochkomplexe Sonderwünsche werden hochgespielt
- aus Planungsunsicherheit werden viele Funktionen für wenig Geld angestrebt
- für systemverbessernde Maßnahmen nach der Hochlaufphase ist kein Budget mehr eingeplant

### Betriebszustände

Über die Diskussion der möglichen Parametrierbarkeit des MFCS wird oftmals die Frage gestellt: In welchem Betriebszustand wird welche Zuteil-Strategie für Aufträge auf freie Ressourcen verwendet? Mögliche Strategien sind beispielsweise:

- FIFO-Steuerung (First-in-first-out-Steuerung)
- PRIO-Steuerung (Prioritätssteuerung)
- FIFO in der Prioritätssteuerung
- Ressourcensteuerung

Die Erfahrung zeigt: Ein komplexes MFCS ist auch von bestausgebildetem Leitstandpersonal nicht manuell steuerbar. Daher hat sich eine Mischlösung bewährt:
**Auf der Förderstrecke FIFO-Steuerung, bei der Auslagerung vom HRL PRIO-Steuerung.**

### Kennzahlen

Bei der Definition und Zielvorstellung, mit welchen Kennzahlen das MFCS bewertet werden soll, kommt oft der Wunsch nach einer Vielzahl von Statistiken auf. Dies birgt bei der Planung verschiedene Probleme:

- Langwierige Diskussionen in der Pflichtenheft-Phase und der anschließenden Anforderungsanalyse.
- Die Logistiker und Entwickler vergeuden wertvolle Zeit, die dann in der Konstruktions- und Implementierungsphase fehlt (siehe Kapitel 5 „Geschäftsprozesse“).
- Nach der Hochlaufphase ändert sich die Fragestellung häufig erneut.

### Auswertung und Datenverdichtung

Hier gilt, dass aus dem Analysemodell für die Geschäftsprozesse von WE bis WA, durch eine industrielle Planung (Software Follows Funktion) alle Arten möglicher Ereignisse definiert sein sollten. Damit erfolgt als Zielvorstellung die Auswertung und Datenverdichtung dezentral auf PC-Basis (siehe Kapitel 5 und Kapitel 6).

## 2.6 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.

### 2.6.1 Vermeidung von Schnittstellenvielfalt im Projekt

Bei unterschiedlichen Gewerkelieferanten im Projekt, bei dem jeder Lieferant seine Schnittstelle zu den Fremdgewerken durchsetzen will, herrscht eine heterogene Individualität, die schnell zum Kostentreiber werden kann. Die homogene Integration erfordert ein gemeinsames Lösungsverständnis (wie in Kapitel 1.3.1 „Anforderungen an die gewerkeübergreifende Kommunikation“ erläutert wird).

Nach heutigem Stand der Technik wird die Kopplung zu Fremdgewerken, auch zu SPSen, über eine gesicherte Kopplungsschicht realisiert, die einen geblockten Telegrammaustausch über Streamsockets auf TCP/IP abwickelt. Der Nachrichtenaustausch und der Quittungsverkehr erfolgen dabei über einen einzigen Socket (Kapitel 4.2.4).

Die Vorteile liegen auf der Hand:

Ein Streamsocket auf TCP/IP ist weltweit problemlos nutzbar und auf jeder Plattform einsetzbar.

Die Administration ist einfach (Firewall, Tunneling, siehe Kapitel 4.2.3).

### 2.6.2 Hohe Effizienz und Transparenz bei Inbetriebnahme und Wartung

Zwei der großen Herausforderungen in Intralogistik-Projekten, die Inbetriebnahme und die Wartung, werden entschärft, wenn alle Gewerke-Lieferanten ein gemeinsames Lösungsverständnis entwickeln und sich auf gemeinsame Schnittstellen verständigen. Mit dieser Maßnahme wird auch die geforderte Transparenz des Betreibers für den laufenden Prozess erfüllt. Darüber hinaus erwartet der Betreiber einen Remote-Zugriff und den Einsatz von flexiblen Wartungstools (vgl. Kapitel 1.3.1 Anforderungen an die gewerkeübergreifende Kommunikation).

## 2.7 Auf dem Weg zur Schaltschranklosen Fabrik

Der Trend zur Schaltschranklosen Fabrik entwickelte sich langsam in den 90er Jahres des vorherigen Jahrhunderts.

- Die digitalen I/O wurden durch die Einführung von Bus-Systemen (z.B. Interbus, Phoenix, u.a.) dezentralisiert
- Die Power-Elektronik wanderte aus dem Schaltschrank zu den Antrieben. Übrig blieb die Steuerungslogistik und die Einspeisung

**Der Stand der Technik heute:**

- Ein Teil der Steuerungselektronik ist im MFC (Server) angelegt
- Die Richtungsentscheidung F: RE und die Anlagensteuerung F: AS sind Teil des Transportsteuerungssystem (TSS) und damit integrierter Bestandteil der SPS bzw. PC (Speicherprogrammierbaren Steuerung / PC) im Schaltschrank
- Die überlagerte SPS führt die Fahraufträge aus Verbunden mit dem Nachteil der doppelten Datenhaltung innerhalb MFC-Systeme und der SPS (vergleiche auch Abbildung 2.1 in Kapitel 2.2).
  Neuer Ansatz durch stetige Software-Optimierung und immer potenterer Hardware werden heute in der Praxis bei MFC-System Prozessreaktionszeiten <10 ms gewährleistet. Damit gelingt ein neuer Ansatz in der Materialflusstechnik.

**Innovativer, neuer Ansatz in der Materialflusstechnik:**

- Die Steuerungslogik wandert aus dem Schaltschrank zur Physik, jedes Förderelement hat seine eigene Steuerungslogik
- Das MFC-System ist jetzt direkt über eine Fremdsystemkopplung (gesicherter TP-RADT) mit den Förderelementen im Lager verbunden, wenn jedes Förderelement seine eigene Anlagensteuerung F:AS besitzt (vergleiche auch Kapitel 4.2.3.2 und 4.2.4).
  Durch den gesetzlich vorgeschriebenen Einsatz von Energiesparmotoren seit 2011 ist die Integration der Anlagensteuerung F:AS in die Antriebssteuerung ein logischer Schritt (international harmonisierte Wirkungsgradnorm (DIN EN 60034-30:2009). Der technologische Hintergrund dabei ist, die vorgegebenen Wirkungsgradklassen werden durch digital geregelte Drehstrom-Asynchronmotoren erreicht.
  Wie in Abbildung 2.4 erläutert, ist die Anlagensteuerung in die Antriebssteuerung integriert. Überträgt man diese Idee in die Praxis, ist es leicht vorstellbar, welches Potenzial sich dahinter verbirgt. Im Schaltschrank bleibt letztlich nur noch die Energieeinspeisung übrig
- Damit entfallen beträchtliche Verkabelungsaufwände zu den Sensoren und Aktoren
- Die einzelnen Förderelemente werden online vom MFC-System über LAN-Kommunikation (TP-RADT) angesprochen
- Gleichzeitig wird ein großer Vorteil sichtbar, es findet keine doppelte Datenhaltung mehr statt. Vereinfacht die Synchronisierung der Bestandsdaten und Fahrauftragsdaten nach einer Fehlerbehebung

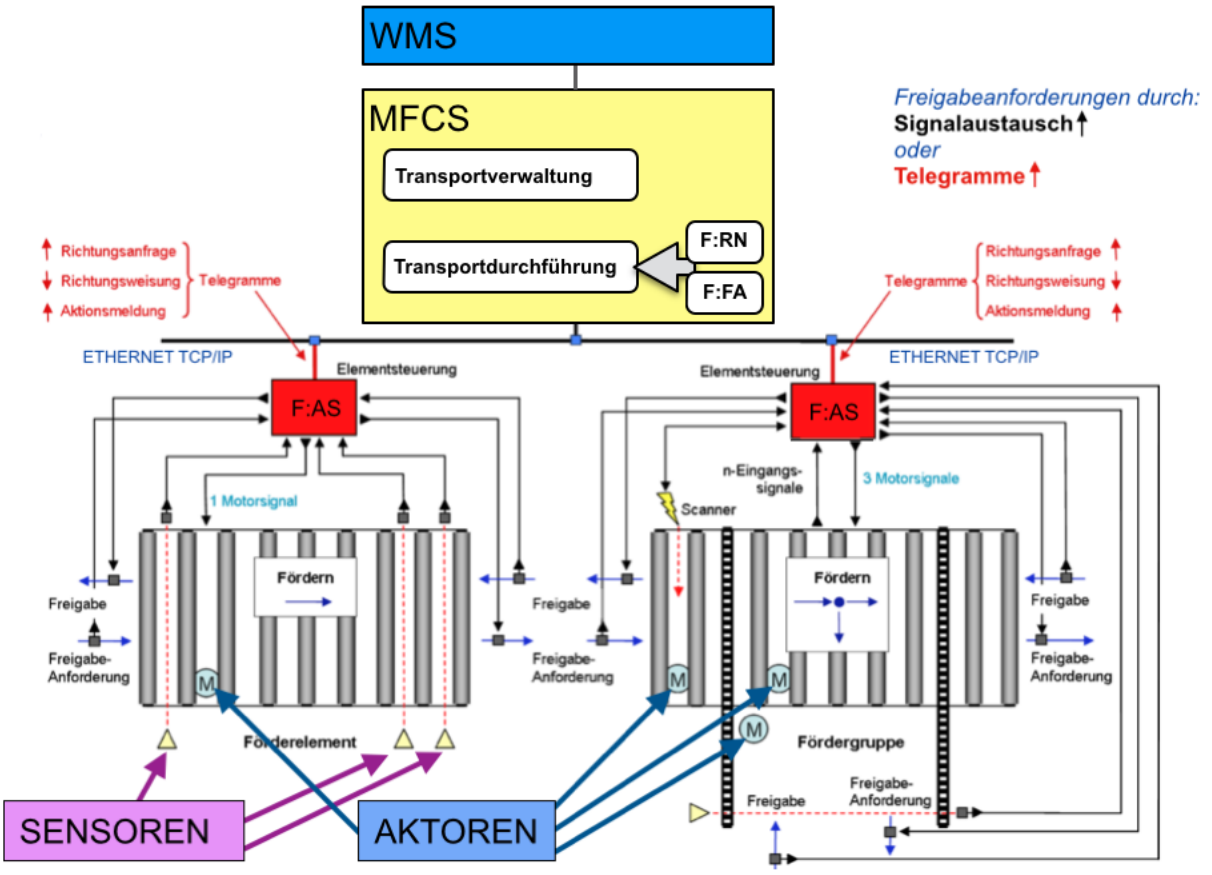



**Abbildung 2.4: Neue Funktionskonfiguration (MFCS ist über TP-RADT mit den Förderelementen verbunden)**

Die Förderelemente können direkt beim Hersteller gefertigt und getestet werden, inklusive der Anlagensteuerung F:AS, so erklärt sich die Bedeutung des Satzes *„Die Steuerungslogik wandert aus dem Schaltschrank zur Physik“*. Die Montage und Inbetriebnahme beim Kunden ist dann nur noch die Kür, da die Elemente auf Grundlage des SAIL-Standards gefertigt und bereits getestet sind. Die Förderelemente können jetzt problemlos vor Ort installiert werden, und über das Übertragungssystem TCP/IP - TP-RADT mit dem Materialflussrechner verknüpft werden (siehe Kapitel 4.2.4). Auch nach der Erstinstallation können so Förderelemente und Lagerleistung umgehend und komplikationslos den aktuellen Marktanforderungen angepasst werden. Komplexe und starre Förderanlagen mit aufwendigen SPS-Steuerungen könnten dann schon in absehbarer Zukunft der Vergangenheit angehören (Abbildung 2.4).

### 2.7.1 Auf der Zielgeraden der „Schaltschranklosen Fabrik“ Industrie 4.0

In der folgenden Abbildung 2.6 sind die Vorteile der beschriebenen Technologie einer Schaltschranklosen Fabrik graphisch aufbereitet.

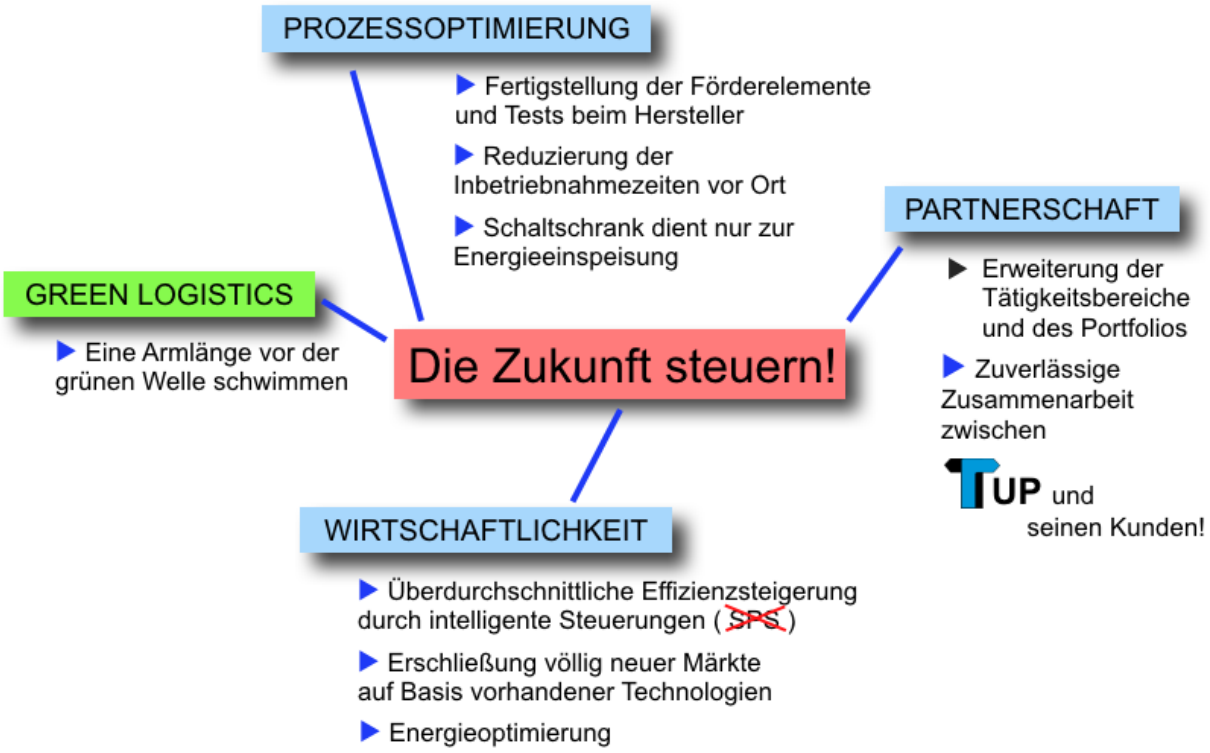



**Abbildung 2.5: Die Vorteile der Schaltschranklosen Fabrik**

### 2.7.2 Effizienzpotential bei elektrischen Antrieben

Ein interessantes Merkmal von Energiesparmotoren der Wirkungsgradklassen:

- IE2 - für gehobenen Wirkungsgrad
- IE3 - für Premienwirkungsgrad
- IE4 - für Super Premiumwirkungsgrad

ist, dass mit dem Wirkungsgrad die Effizienz von Elektromotoren bei der Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie beschrieben wird.
Der Gesamtwirkungsgrad ist abhängig vom Motor, Getriebe und Regelung (weltweit gültige Wirkungsgradkurven; Quelle: IEC, DENA, DICE, SEW, ZVEI).

**Energiekosten senken durch mehr Energieeffizienz** (Quelle: SEW-Eurodrive, 2012):

Die Energiekosten werden reduziert durch den gesteigerten Gesamtwirkungsgrad. Diese Energieoptimierung soll am Beispiel für einen horizontalen Transport dargestellt werden.

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 2.391 kg je Antrieb pro Jahr
- Energiekosten-Ersparnis von 536 € je Antrieb pro Jahr

## 2.8 Aspekte der der Wiederverwendbarkeit bei der Software-Entwicklung moderner Materialflusssysteme

Im Rahmen der Wiederverwendbarkeit sind die Verfahren um die Standardsoftware und Standardsoftwarebausteine 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 (Kapitel 6.1.1).

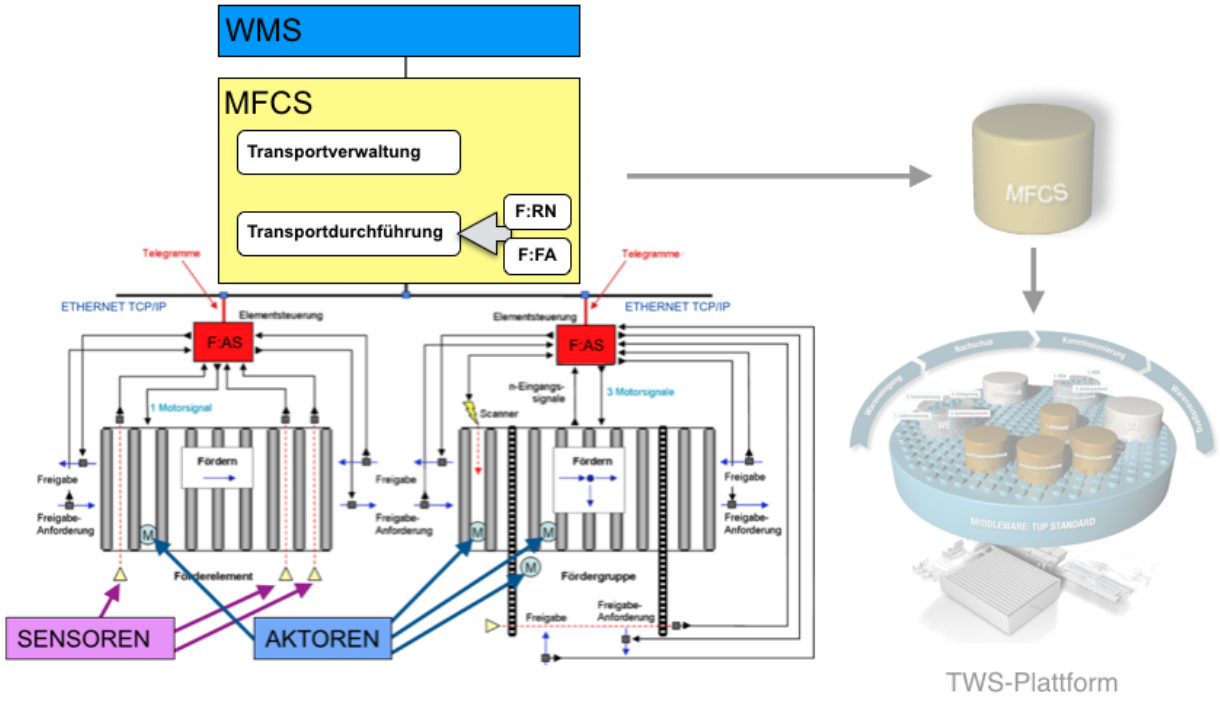



**Abbildung 2.6: Adaptive MFC-Systeme**

### 2.8.1 Komponenten-Architektur adaptiver MFC-Systeme

Für ein lauffähiges Kundensystem spielt die in Abbildung 2.7 dargestellte TWS-Plattform die zentrale Rolle. Sie ist quasi das Bindeglied der abstrakten und unabhängigen Komponenten und konkretisiert deren Teilaspekte. Die TWS-Plattform adressiert immer alle Aspekte einer intralogistischen Anwendungsdomäne und ist in sich nach Aspekten strukturiert.
Die TWS-Plattform macht architektonische und strukturelle Vorgaben (Frameworks) und unterstützt verschiedene Customizing-Technologien (siehe Kapitel 6). Mit diesem Ansatz wird das MFC-System als IT-Baustein auf die TWS-Plattform mit den Basisdiensten aufgesetzt. Damit gelingt ein weiterer innovativer Ansatz:

- Die Schnittstelle „Warehouse Management System“ WMS über ein LAN Kommunikation (Ethernet – TCP/IP – TP-RADT) entfällt.
- WMS und MFCS sind auf einer Hardware-Plattform vereint;
  damit kann das Konzept eines Clusters mit automatischer Fehlererkennung und Fehlerbeseitigung zum Einsatz kommen.
- Diese Entwicklung erhöht die Planungsintelligenz bei intralogistischen Systemen
- Führt zu Best-Practice-Lösungen und
- emöglicht Kostenersparungen und Risikominimierung durch den gewerkeübergreifenden Einsatz der neuen MFCS-Technologie

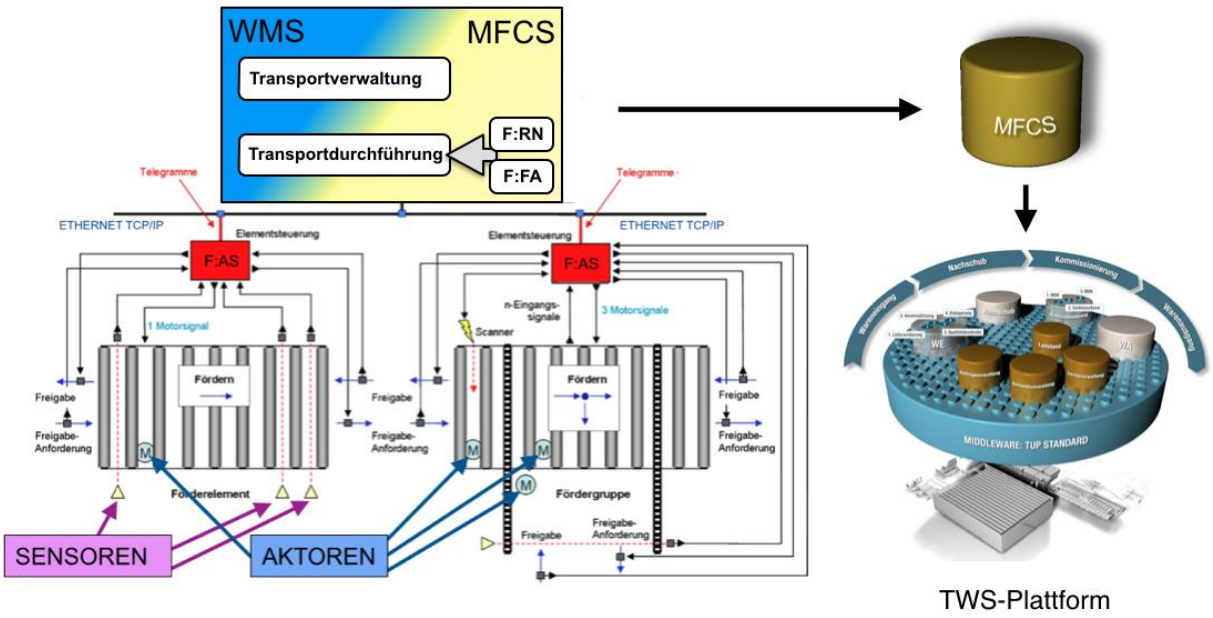



**Abbildung 2.7: Komponenten-Architektur adaptiver MFC-Systeme**

# 3 WARENIDENTIFIKATION – ANWENDUNG IN DER LOGISTIK

## 3.1 Identifikation

Unter Identifizierung versteht man das eindeutige, zweifelsfreie Erkennen eines Objektes. Dies entspricht der Formulierung der DIN 6763 in der die Identifikation definiert ist.
Zur eindeutigen Identifikation jedes Objektes wird einem Objekt ein Datenträger bzw. Informationsträger (Barcode oder RFID) angebracht, der bei Bedarf ausgelesen und beschrieben werden kann. Entlang der Geschäftsprozesse ist die codierte Information das Bindeglied zwischen dem Informationsfluss und dem Materialfluss und trägt bei der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine zur Fehlervermeidung bei.

### 3.1.1 Identifikationssysteme mit optischen Datenträgern

Noch werden die meisten Identifikationsaufgaben in der Logistik und Distribution mit optischen Datenträgern gelöst. Die Gründe dafür sind, dass sich die optischen Datenträger sehr günstig herstellen lassen und das für die Codiertechnik weltweit gültige Standards existieren, z.B. der GS1-Standard, ein 1 D-Code (Strichcode bzw. Barcode). Barcodes bzw. Strichcodes basieren auf dem Binärsystem, welches durch eine bestimmte Anzahl von parallelen, abwechselnd schwarzen Balken (Bars) und weißen Lücken (Spaces) in unterschiedlichen Modulbreiten dargestellt werden.

Vorteile von Strichcodesystemen in der Logistik:

- Berührungslose Datenerfassung im Prozessverlauf
- Trägt bei der Mensch-Maschine-Kommunikation zur Fehlervermeidung bei (siehe Kapitel 5.3.2.3 „Mensch-Maschine-Kommunikation“)
- Flexible und schnelle Erstellung von Etiketten
- Mit Klarschrift zusammen auf einem Datenträger kombinierbar
- Kostengünstiges Datenträgermedium (bedrucktes Stück Papier)

### 3.1.2 1 D-Code in Ausführung als OCL-Barcode

Werden im WE eines Distributionszentrum LEs mit SSCC-Labels unterschiedlicher Hersteller ausgeliefert und sollen im Durchlauf automatisch erfasst werden, muss mit folgenden Einschränkungen gerechnet werden (siehe Kapitel 5.2.1, Abbildung 5.6):

a) Die aufgebrachten SSCC-Labels müssen omnidirektional erfasst werden (unabhängig von der Ausrichtung der Ware)

b) Eine mangelhafte Druckqualität in Verbindung mit Transportschäden des SSCC-Labels führen im laufenden Förderfluss zu unkalkulierbaren Leseraten

c) Die omnidirektionale Lesung im laufenden Förderfluss mittels CCD-Kameras, kann durch den Einsatz durch Applizieren eines vorgefertigten Over-Corner-Label (OCL) preisgünstiger gestaltet werden (Vermeidung von Kostentreibern).

Der nächste Schritt im Prozess- und Datenfluss ist, die erfassten SSCC-Daten und die vom WMS ermittelten Zielkoordinaten mit dem OCL zu verknüpfen und auf einer Datentabelle des MFCS zu hinterlegen. Mit diesem vorgedruckten datenreduzierten OCL wird im Förderfluss eine hohe Lese-Rate erreicht – egal ob das Fördergut längs oder quer gefördert wird (siehe Kapitel 5.2.1 „Lieferavis mit automatischer Datenerfassung im WE“).

**Abbildung 3.1: Applizierung des OCL im Wareneingang (inbound)**

### 3.1.3 Global Standard One (GS1)

Standards sind heutzutage in jeder Branche, in jedem Unternehmen, unabdingbar. Entlang der unternehmensübergreifenden Geschäftsprozesse ist der GS1-Standard, als codierte Information das Bindeglied zwischen dem Informationsfluss und Materialfluss.

Bereits 1977 wurde die dazu notwendige Grammatik einer einheitlichen „Sprache“ gemeinsam von der internationalen Artikel Numbering Association (EAN international) in Brüssel und dem Uniform Code Council (UCC) heute GS1 in den USA verbindlich festgelegt und ist mittlerweile in über 100 Ländern akzeptiert.

#### 3.1.3.1 GS1 Complete

Alle Beteiligten entlang der Supply Chain sollten der Organisation GS1 angehören, welche weltweit einheitliche Vorraussetzungen der Warenidentifikation garantieren kann:

GS1 Complete stellt hierfür die weltweit gültigen, branchenübergreifenden GS1 Standards für Identifikation, Datenträger, elektronische Kommunikation und Prozessgestaltung komplett in einem Leistungspaket zur Verfügung.

Am Anfang steht der Erwerb des Herstellers einer **GTIN** (Globale Trade Item Number) welche die **GLN** (Global Location Number) beinhaltet. Beide Nummern - GTIN und GLN - sind im 13-stelligen GTIN/EAN-Code kombiniert, und gewährleisten, daß jedes Produkt exakt zurückverfolgt werden kann:

**Abbildung 3.2: GTIN/EAN 13**

Durch die Einmaligkeit der Ziffernfolge dieses Barcodes kann an jeder Lokation entlang der Versorgungskette die Information, **wann**, **wo** und **von wem** ein Artikel hergestellt wurde, einfach ermittelt werden (siehe Kapitel 5.2.1, Abbildung 5.5).

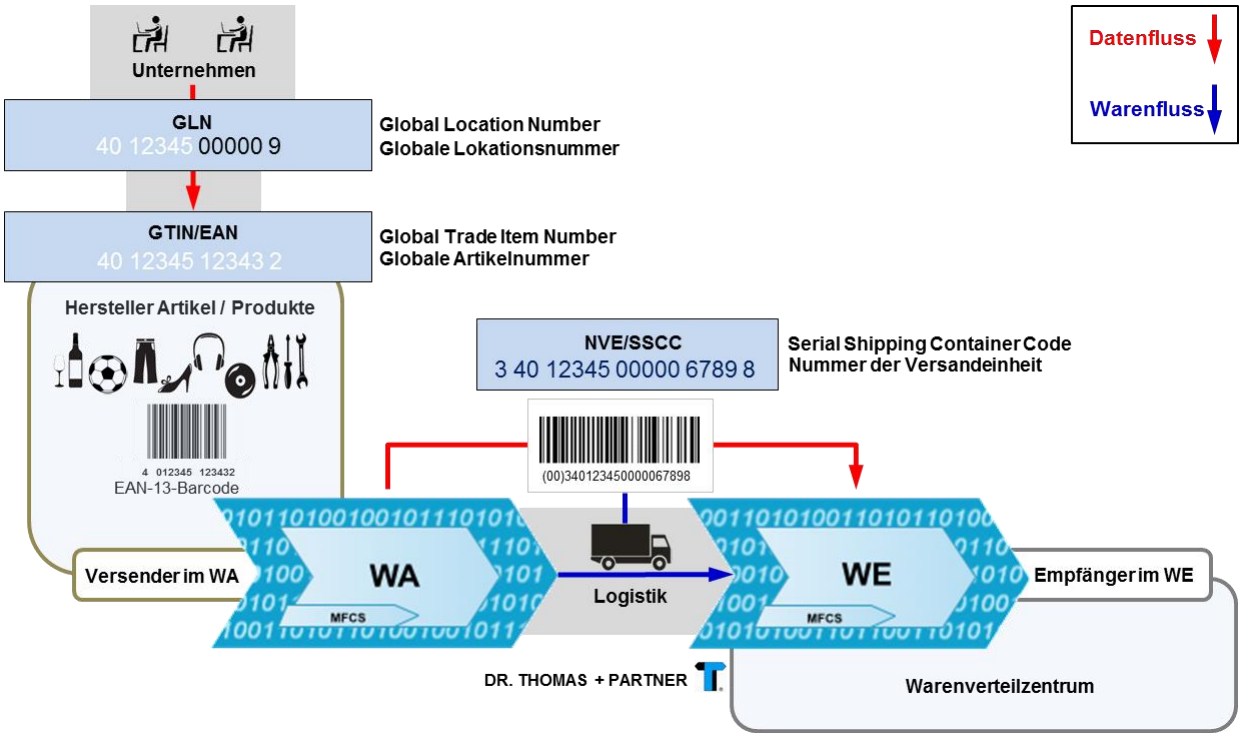



**Abbildung 3.3: Prinzip GS1**

Dieser Vorgang ist heute leider noch nicht selbstverständlich. Häufig entstehen bei der Analyse dieser Geschäftsprozesse (siehe Kapitel 5) vermeidbare und immense Kostentreiber, und es kommt auch des Öfteren zu unerwünschten Überschneidungen bez. der Dateninformation.

Und richtige Information ist alles.

Werden die Produkte in Versandeinheiten (wie Kartons oder auf Paletten) transportiert, sollte der **SSCC** (Serial Shipping Container Code) Verwendung finden. Auf dieser Nummer der Versandeinheit  werden alle Elemente gemeinsam gespeichert.

Es handelt sich dabei um eine weltweit eindeutige und unverwechselbare 18-stellige Ziffernfolge, mit der es möglich ist, Sendungen vom Versender bis hin zum Empfänger unternehmensübergreifend nachzuvollziehen (Abbildungen 3.3 und 3.4).
Jeder Artikel erhält so ein unverwechselbares Etikett, das ihn innerhalb einer bestimmten Verpackungshierarchie identifiziert.

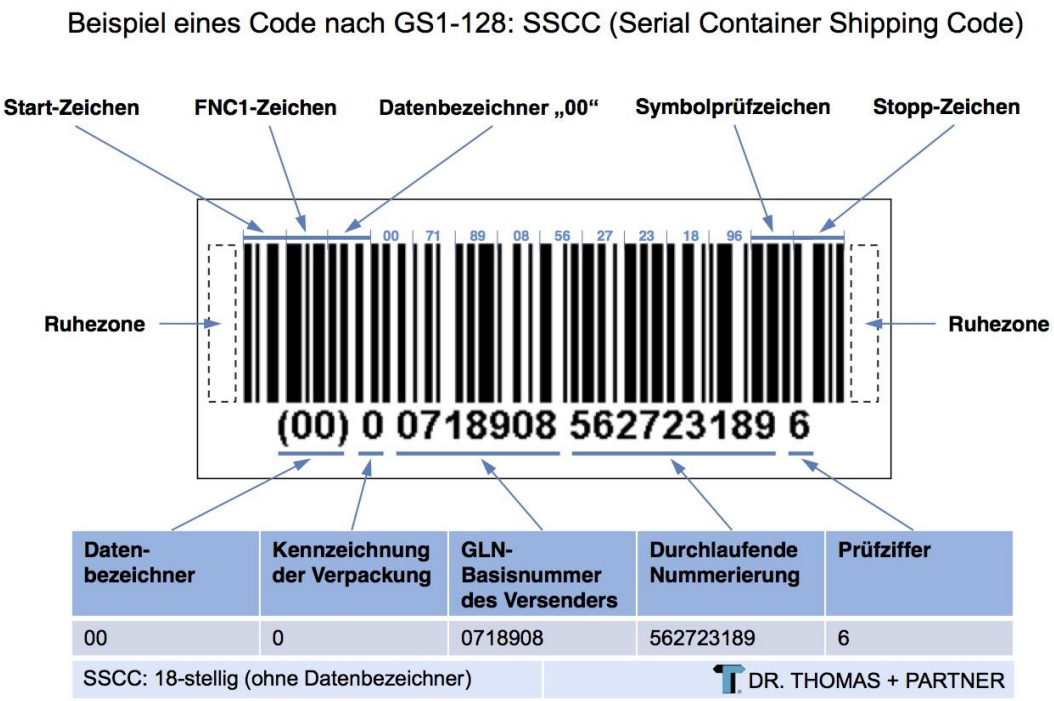



**Abbildung 3.4: Codeaufbau und Beschreibung eines SSCC (GS1-128)**

Unter Einbeziehung des warenbegleitenden Informationsflusses (Daten-Avisierung) mittels elektronischen Datenaustauschs (EDI), stellen die Möglichkeiten der Nutzung des SSCC eine „Königslösung“ dar, da beim Waren-Empfänger keine komplizierte Warenvereinzelung stattfinden muss, und somit hohe Kosten (Lagerfläche, Zeit, Personal) entfallen (Abbildung 3.3 und Kapitel 5.2.1).

Alle drei Elemente - GLN, GTIN und SSCC - spiegeln sich im GS1-Standard wieder, und sorgen für eine einfache, einheitliche und überschneidungsfreie Warenidentifikation und somit einer sauberen Datenhaltung  innerhalb des gesamten Logistik-Prozesses (Abbildung 3.5).

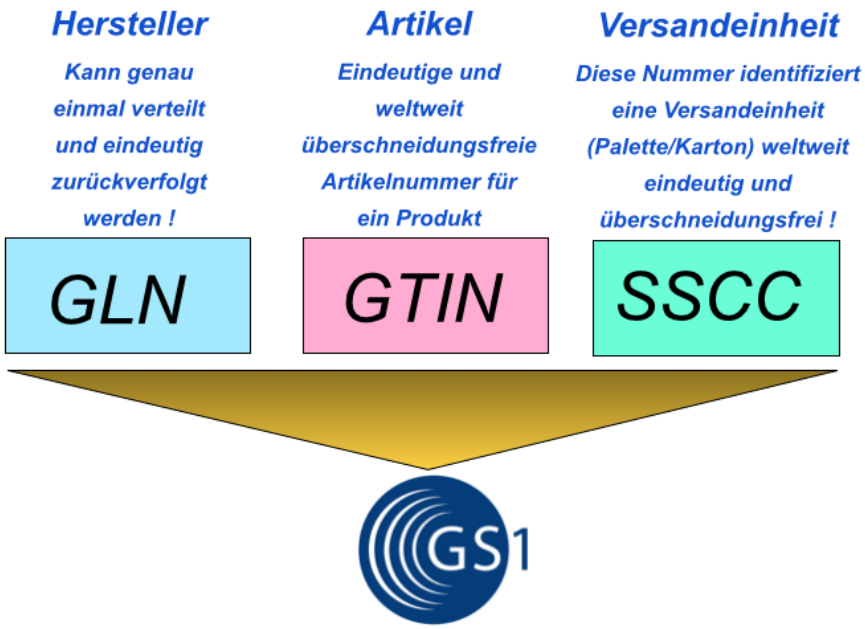



**Abbildung 3.5: GLN, GTIN und SSCC im Verband GS1**

Durch Angabe des SSCC als zentraler Zugriffsschlüssel auf Packstücke im elektronischen Datenaustausch, kurz EDI (siehe Kapitel 5.2.1 “Lieferavisierung im Wareneingang“), wird sichergestellt, dass auf allen Ebenen der Lieferkette ein Ident für ein Packstück vergeben ist.

Der SSCC (GS1-128) ist 18-stellig (ohne Miteinbeziehung des Datenbezeichners 00).
Die Zahl 128 deutet auf die Anzahl der möglichen Zeichen, die durch diesen Code abgebildet werden können (Abbildung 3.6).

| DB | Codierter Dateninhalt | Format |
|---|---|---|
| 00 | SSCC | n2 + n18 |
| 01 | GTIN der Handelseinheit | n2 + n14 |
| 02 | GTIN der enthaltenen Einheit | n2 + n14 |
| 10 | Losnummer / Chargennummer | n2 + an..20 |
| 15 | Mindesthaltbarkeitsdatum (JJMMTT) | n2 + n6 |
| 21 | Seriennummer | n2 + an..20 |
| 37 | Anzahl der enthaltenen Einheiten | n2 + n..8 |
| 330x | Bruttogewicht, Kilogramm | n4 + n6 |
| 400 | Bestellnummer des Warenempfängers | n3 + an..30 |
| 410 | GLN des Warenempfängers | n3 + n13 |
| 421 | Postleitzahl im internationale Format (vorangestellter 3-stelliger ISO-Ländercode) | n3 + n3 + an..9 |
| ... | | |

DB = Datenbezeichner
n = numerisch
an = alphanumerisch

**Abbildung 3.6: Datenbezeichner-Tabelle (Ausriss)**

## 3.2 Lesegeräte

Die optische Codierung der jeweiligen Objekte entlang der Geschäftsprozesse werden durch Scanner und/oder CCD-Kameras erfasst, decodiert und zur Weiterverarbeitung an das MFCS oder WMS-System übergeben.

### 3.2.1 Strichcode-Laserscanner

Heutzutage sind Halbleiterlaser im Lichtwellenbereich von ca. 670 nm bis 1,6 µm betreibbar, wobei die Lichtwellenlänge vom verwendeten Halbleiter abhängt. Aufgrund seines sichtbaren Laserstrahls ist der GaAs-Halbleiter derzeit der einzige Laser aus dieser Gruppe, der in der Lesetechnik verwendet wird. Sichtbares Licht ist notwendig, um die Justierung von Laserscannern ohne zusätzliche Maßnahmen zu realisieren.

Laser erzeugen einen kontinuierlichen Strahl von kohärentem und planparallelem Laserlicht. Dieser Laserstrahl trifft auf einen Schwingspiegel, ein rotierendes Polygonrad oder andere optische Systeme. Dadurch entsteht auf der abzutastenden Oberfläche beim Einstrahlscanner eine sichtbare rote Abtastlinie, beim Raster-Laserscanner ein Bündel von projizierten parallelen Linien. Befindet sich ein Strichcode in der Leseebene, wird die Reflexion der Lücken stärker und die der Striche schwächer reflektiert.

Das reflektierte Licht wird dann von einer Empfangsoptik (Sammellinse) erfasst und mittels Empfangseinheit (Photo-Transistor) in eine elektrische Impulsfolge umgewandelt, verstärkt und zwischengespeichert. Erst nach mehrfacher identischer Lesung und Auswertung inklusive Prüfzifferermittlung wird die Lesung als richtig definiert und über eine gesicherte Schnittstelle mittels dem übertragenen Netzwerk als Information der Empfängeradresse übergeben (siehe Kapitel 4.2.4).

Einsatz der Laser-Technik in der Logistik:

a) Festinstallierte Systeme, z.B. an I-Punkten (siehe Abbildung 5.6)

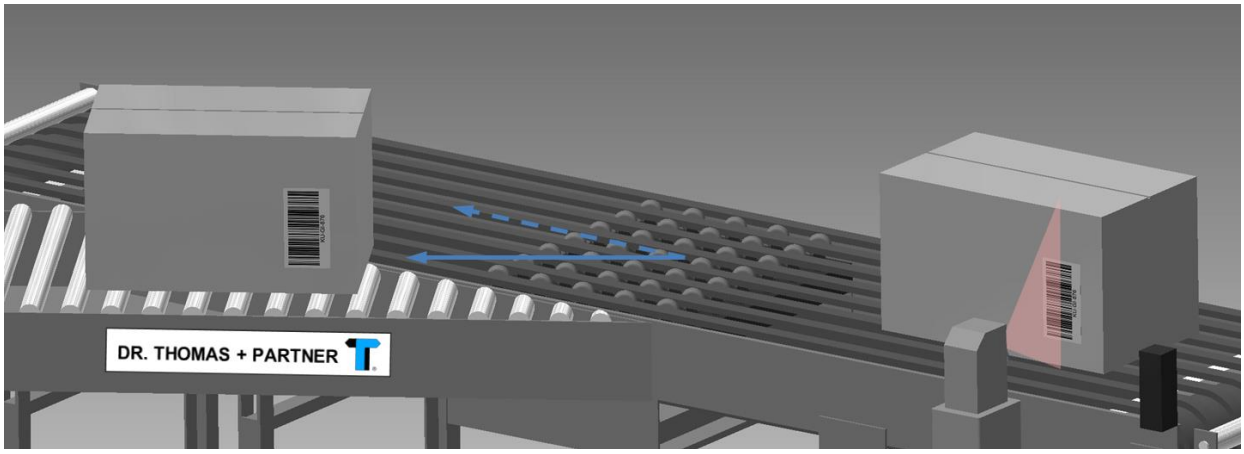



**Abbildung 3.7: Stationärer Scanner an Verzweigepunkt an Fördertechnik**

b) Mobile Datenerfassungs-Einheiten, z.B. bei der MDE-Kommissionierung (Kapitel 5)

**Abbildung 3.8: Mobile Datenerfassung im Ersatzteilbereich Aviation**

c) Ringscanner in der Smart-Mobile Logistik (Kapitel 4.3)

**Abbildung 3.9: Smart Mobile-Logistik**

### 3.2.2 CCD-Sensoren

CCD-Sensoren gehören zu den Festkörper-Bildempfängern. Es handelt sich dabei um hochintegrierte Halbleiterschaltkreise, welche die drei Funktionen fotoelektrische Bilderfassung, Speicherung und Auslesung beinhalten und in einem Bauteil gespeichert und transportiert werden.

Das CCD-Prinzip (Charge Coupled Device - d.h. ladungsgekoppelte Elemente) werden in der Logistik wie folgt angewendet:

a) Als **CCD-Zeilensensor** (Zeilenförmiger Bildaufnehmer)
Als Bespiel löst ein 8 k CCD-Zeilensensor 0,1 mm (254 dpi) auf einer geforderten Förderbreite von 800 mm auf. Etikettendrucker haben eine Auflösung von 200-250 dpi.

Bei einer Scannrate von 16.000 Scans/s kann bis zu einer Fördergeschwindigkeit von 2,3 m/s gelesen werden (Abbildung 3.10).

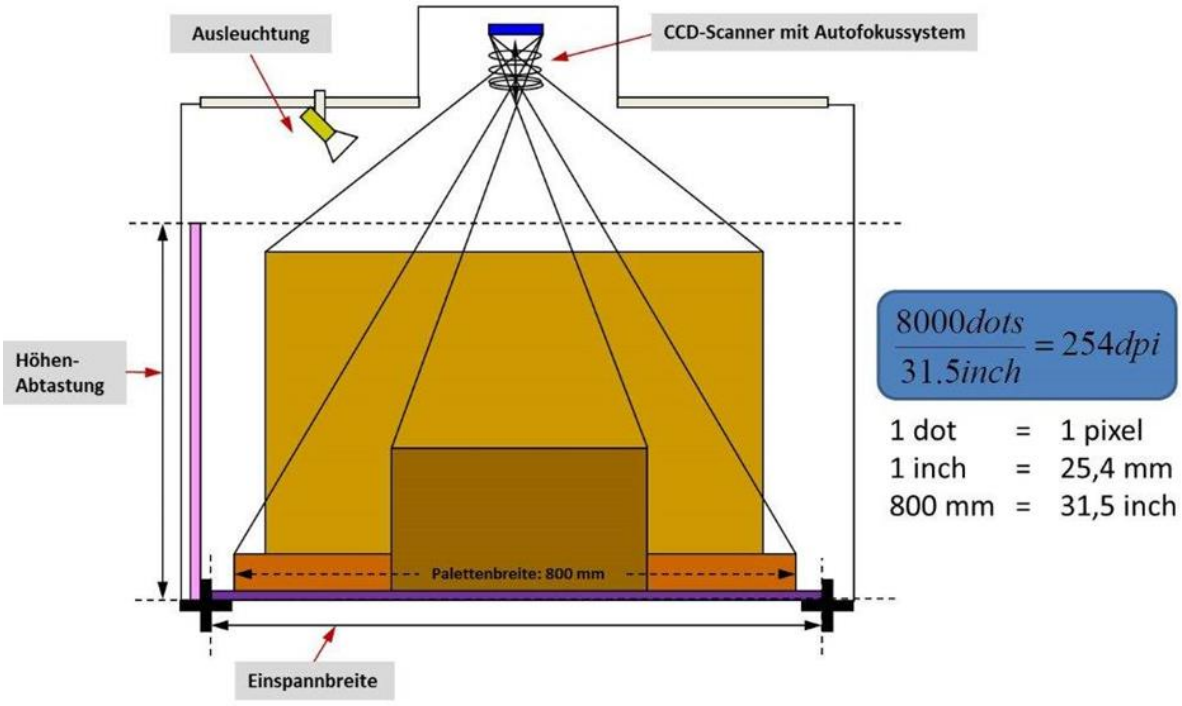



**Abbildung 3.10: Prinzipskizze eines CCD-Scanners mit 8k CCD-Zeile**

b) Mit einer **CCD-Matrixkamera** (z.B. 1280 x 960 Pixel) optischer Empfänger werden Strichcodes zweidimensional als vollständiges Bild aufgenommen.

**Abbildung 3.11: CCD-Kameras im Einsatz: Mehrseiten-Warenidentifikation, Wiegung und Vermessung von Paketen im Wareneingang**

## 3.3 RFID – Radio Frequency Identification Device

Mit der RFID-Technik können die Identifikationsaufgaben in der Logistik und Distribution durch elektronische Datenträger (Tags) erweitert werden.

Die RFID-Technik identifiziert den Tag kontaktlos über Funk.

Ein RFID-System besteht aus zwei Komponenten:

- Transponder (Tag) mit Daten
  **Trans**mitter - Res**ponder**: Sende-Antwortgerät (Kunstwort)
- Lesegerät- Auswerte-Einheit
  (das trotz seines Namens bei Einsatz aktiver Tags sowohl die Information auslesen und den Tag beschreiben kann)

### 3.3.1 RFID - Die Frequenz-Problematik

RFID- Technologie-Einsatz ist international gesehen noch durch die Nutzung von unterschiedlichen Frequenzbereichen eingeschränkt nutzbar. In der EU hat sich das Frequenzband mit 868 MHz durchgesetzt. In den USA dagegen das Frequenzband mit 915 MHz (915 MHz entspricht der Bandbreite für Mobilfunk in Europa). Im Mikrowellen-Bereich ab 2,4 GHz nutzen China, Japan, Korea nochmals andere Frequenzbereiche (Abbildung 3.12 „Übersicht über die Frequenzbereiche“).

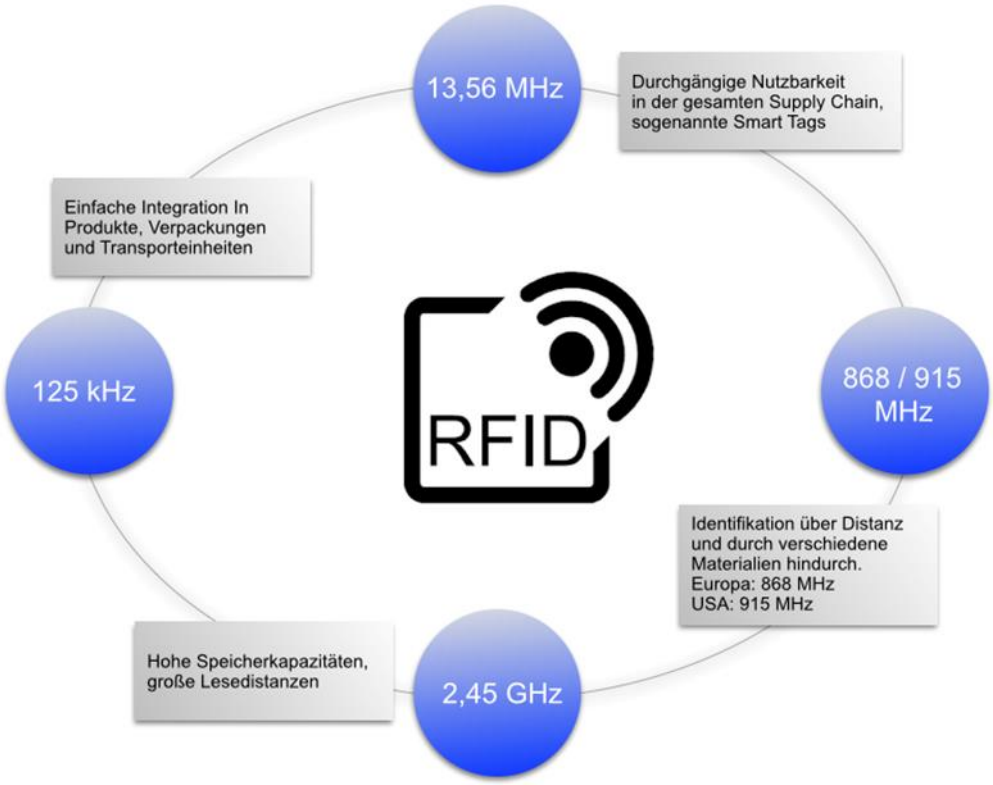



**Abbildung 3.12: Übersicht über die Frequenzbereiche**

#### RFiD-Systeme der Trägerfrequenz 13.56 MHz

Weltweit werden RFID-Systeme mit der Trägerfrequenz 13,56 MHz genutzt.
Die Übertragung der Energie und Daten findet durch elektromagnetische Wellen im Kommunikationsbereich bis 1,0 m zwischen der Auswerteeinheit und dem Tag, mit dem Smart Label statt (Vicinty Standard der ISO 15693).

Diese Smartlabels sind als ultraflache Transponder mit Antenne und integrierten Schaltkreis IC auf einer Folie aufgebracht. Der IC enthält einen Speicher für eine eindeutige Identifikationsnummer (GUID = Globally Unique Identifier) und die Funktionen zur berührungslosen Datenübertragung.

**Vorteile:**

- Weitgehende Lageunabhängigkeit beim Lesevorgang der Smart-Labels
- Identifizierung von Fördermitteln bei denen das Smart-Label in das Material eingearbeitet sind. Beispielsweise Behälter-, Taschenidentifikation (Taschensorter)
- Das HF-Feld 13.56 MHz wird im Vergleich zu den UHF-Feldern weniger durch Flüssigkeiten gedämpft (Einsatz in der Pharmaindustrie, z.B. Seriennummer enthält die individuelle Kennzeichnung jedes einzelnen Produktes, jede einzelne Arzneimittelverpackung erhält eine eigene einmalige Nummer)

**Nachteile:**

- Preis pro Tag muss akzeptiert werden
- Keine flexible und schnelle Erstellung von Tags
- Tag nicht kombinierbar mit Klarschrift

### 3.3.1.2 EPC: Electronic Product Code

Durch die technische Ausprägung der Smartlabels mit dem eindeutigen Identifikationsschlüssel dem Electronik Product Code (EPC) ist die Kompatibilität zum Globel Standart One (GS1) gegeben. Damit ist eine durchgängige Nutzbarkeit in der gesamten Supply Chain gegeben (Abbildung 3.13 „Kompabilität GS1 und EPC“).

Der EPC-Code ermöglicht eine eindeutige Kennzeichnung von Waren und wird als Nachfolger des GTIN (EAN-Barcodes) gesehen. Im Gegensatz zum GTIN-System ist es mit dem EPC möglich, jedem einzelnen Artikel eine eindeutige Nummer zuzuordnen (Beim EAN verfügt nur jede Artikelart über eine eigene Nummer).

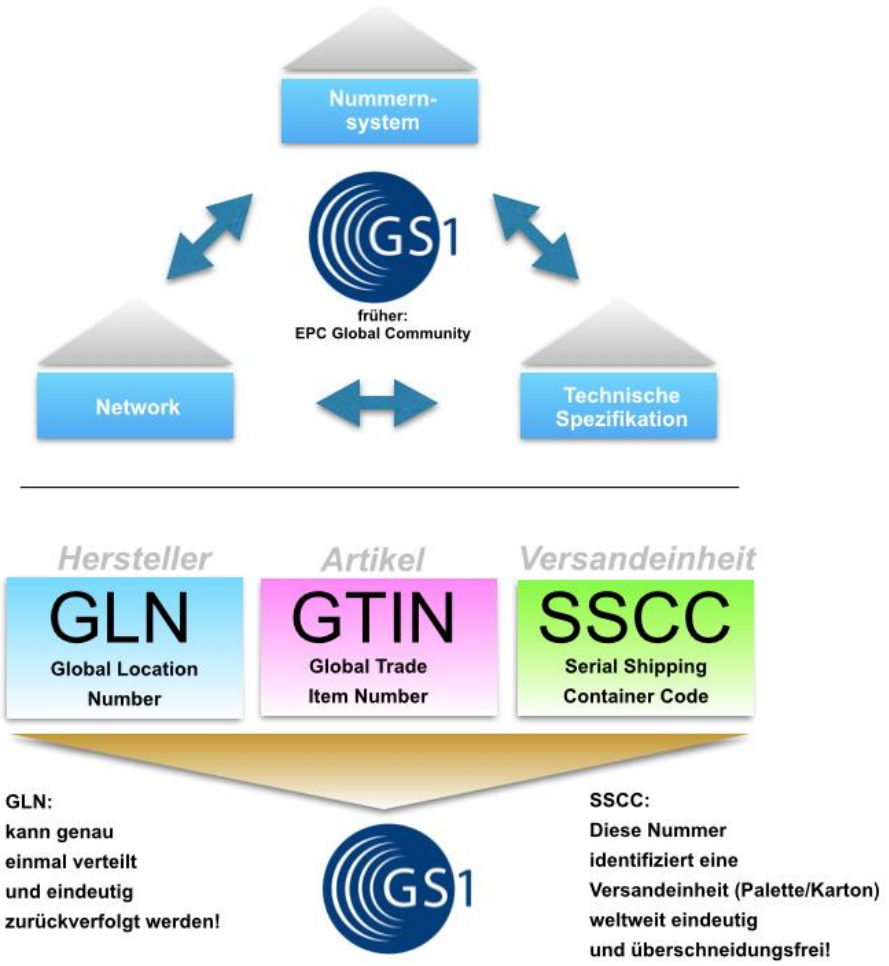



**Abbildung 3.13: Kompatibilität GS1 und EPC**

Über die weltweit normierten Protokolle der Luftschnittstelle von RFID-Systemen (EPC Air Standard) wird die Entwicklung zur Pulkerfassung vorangetrieben. Dabei wird mit verschiedenen Auswerte-Einheiten basierend auf dem verwendeten Protokolltyp gearbeitet (Multi-Indent-Fähigkeit).

Mit Hilfe der Multi-Ident-Fähigkeit sollen sich manuelle Zähl-, Scann-, Erfassungs-, und Kontrollvorgänge entlang der Supply Chain-Abwicklung vereinfachen lassen (Abbildung 3.14). Im Fokus der Intralogistik stehen die Geschäftsprozesse Wareneingang- und Warenausgangabwicklung.

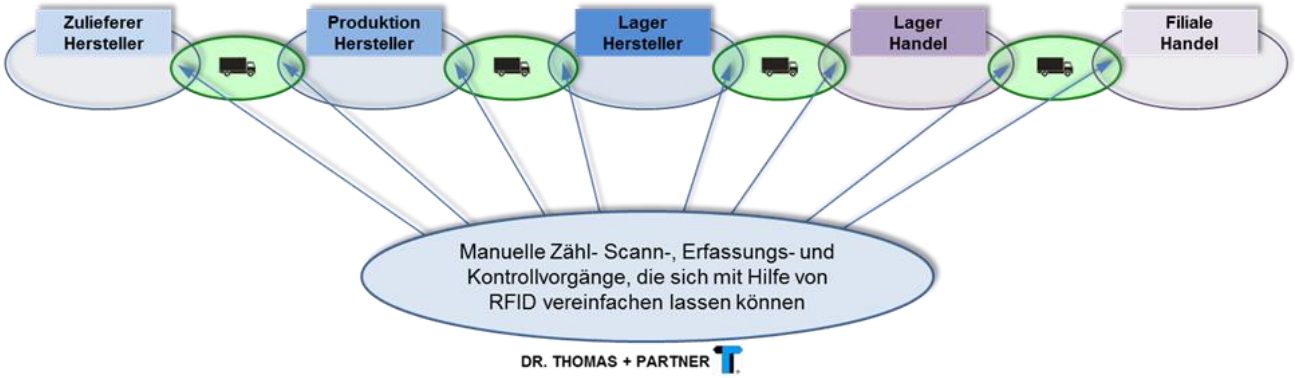



**Abbildung 3.14: RFID-Einsatz entlang der Supply Chain**

### 3.3.1.3 Electronic Printing von RFID-Tags

Mehrere europäische Forschungseinrichtungen arbeiten an der polymerelektronischen Technologie. Schwerpunkte sind dabei der Einsatz von Materialien auf der Basis organische rHalbleiter in Verbindung mit amorphen Schwermetall-Multikomponenten.

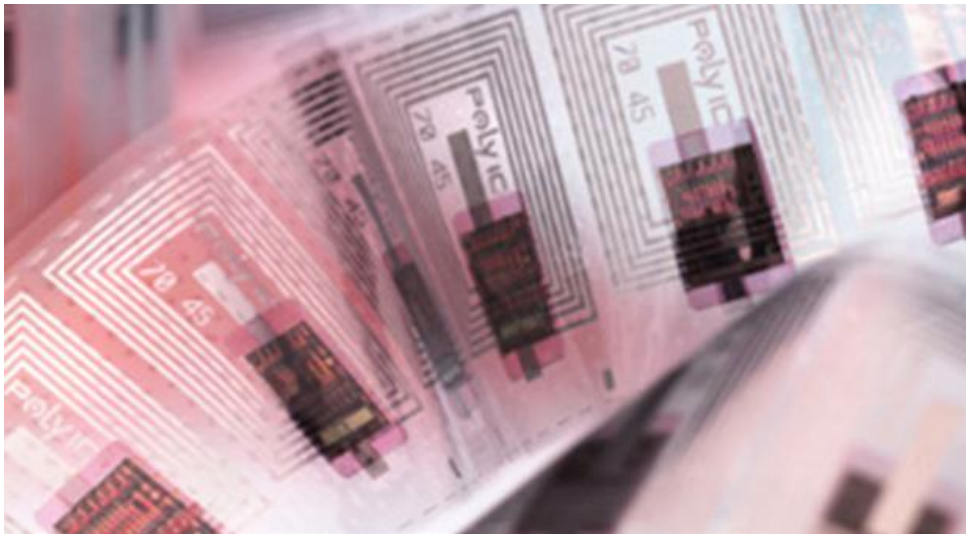



**Abbildung 3.15: Gedruckte Tags (Bildquelle: www.polyic.de, 2015)**

Ein erster, wichtiger Fertigungsschritt, ist das Bedrucken der Antennen von RFID-Tags. Herausforderungen für das Electronic-Printing von RFID-Tags sind:

- Kostengünstige Prozesse (Drucken statt Lithographie).
  Preisziel für die Herstellung des Tags unter 1 Cent.
- Low-Cost-Electronic für alltägliche Dinge, direkt auf die Verpackung druckbar
- Flexibel, leicht, bruchsicher

Kritische Anmerkung zur Umweltverträglichkeit:
Nach EU-Recht muss Elektroschrott recycelt werden, dazu kommen noch die amorphen Schwermetalle, die einer gesonderten Entsorgung unterliegen.

# LITERATUR UND QUELLEN

### Literaturnachweise:

“Funktionen, Komponenten und Schnittstellen eines Systems“ (VDI/VDMA 5100) - Seite 1

“Mindestanforderungen für den Informationsaustausch zwischen den SAIL-Komponenten“ (VDI/VDMA 5100) - Seite 7

SEW Eurodrive - Auszug aus eniem Firmenprospekt der Firma SEW vom 2010 - Seite 19

Smart Label (Vicinty Standard der ISO 15693) - Seite 31

“Computernetzwerke: Der Top-Down-Ansatz“ James F. Kurose, Keith W. Ross, Pearson, 6. aktualisierte Auflage, 2014 - Seite 38

OSI-Schichtenmodell (ANSI/IEEE 802.2) - Seite 38

“Ethernet“ (IEEE 802.3) - Seite 42

“Netzwerkzugangstechnik über WLAN“ (Standard IEEE 802.11) - Seite 49

“Bluetooth-Netzwerkszugangstechnik“ (Standard IEEE 802.1.5.1) - Seite 49

“Grundkurs Geschäftsprozess-Managament: Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: Eine Einführung für Studenten und Praktiker“ Andreas Gadatsch, 7. Auflage, 2012 - Seite 53

“Architektur, Methode, Prozess: Ein Business Analysis Framework“ Jürgen Pitschke, 2012 - Seite 53

“Dynamische Disposition: Strategien, Algorithmen und Werkzeuge zur optimalen Auftrags-, Bestands- und Fertigungsdisposition“ Timm Gudehus, 2012 - Seite 65

“Feed Algorithmen“ Ho et al. 2008, Ho & Tseng, 2006 - Seite 65 und Seite 67

“Design and control of warehouse order picking: a literature review. European Journal of Operational Research 182(2), 481-501” De Koster, R., Le-Duc, T., and Roodbergen, K.J. (2007) - Seite 66

“Erweiterung des Warenverteilzentrums der MCM Klosterfrau
in: Logistik für Unternehmen 6/2009“ Dietmar Hoffbauer - Seite 66

“Lehrbuch der Softwaretechnik. Basiskonzepte und Requierements Engineering“ Helmut Balzert et al., 2009 - Seite 87

“The Scrum Guide“ Ken Schwaber, Jeff Sutherland, 2015 - Seite 88

“Entwurfsmuster der Brücke“ nach Gamma et al., 2004 - Seite 92

“Framework“ nach JoFo, 1998 - Seite 93

“Frameworks = Components + Pattern“ nach Ralph E. Johnson, 1997 - Seite 93

„Facade-Entwurfsmuster“ nach Gamm, 2004 - Seite 96

“Fünf Kriterien der Modularität“ nach Meyer, 1997 - Seite 98

## Abbildungsnachweise

Abbildung 3.15: “Gedruckte Tags“ (Quelle: www.polyic.de, 2015) - Seite 33

Abbidung 4.9: „Smartwatch projiziert Information auf die Handfläche“ (www.a-su.com.cn, 2016) - Seite 50

Abbildung 6.5: Komponenten des Frameworks. Struktureller Aufbau / Beziehungen (Johnson 1997) - Seite 94

Abbildung 6.7: Subsystem ohne und mit Facade (Facade-Entwurfsmuster, Gamm, 2004) - Seite 96