



Software-Architektur für das Steuerungssystem des CTA

Andreas Stuh
12. Juni 2006



Grobgliederung

1. Einführung
2. Der Containerterminal Altenwerder
3. Architektur des CTA-Softwaresystems
4. Vergleich mit anderen Containerterminals
5. Résumé



1. Einführung

- (a) Motivation
- (b) Einleitung
- (c) Begriffe

(a) Motivation

- Der Containerterminal Altenwerder (CTA) ist der **modernste Containerterminal der Welt**.
- Ein **hoher Automatisierungsgrad** gewährleistet einen effizienten und schnellen Containerumschlag.
- Für den automatisierten Umschlag wird moderne Technik eingesetzt, welche **durch ein innovatives Softwaresystem gesteuert** wird. So werden z.B. **fahrerlose Transportfahrzeuge (AGV)** für den Containertransport zwischen Kai und Lager eingesetzt.
- **Lernziele:**
 - Containerterminal Altenwerder (CTA)
 - Softwarearchitektur für das CTA-Steuerungssystem

(b) Einleitung

- Der Containerterminal Altenwerder (CTA) ist einer von drei **Containerterminals der HHLA** in Hamburg.
- Am CTA betrug das **Umschlagsvolumen in 2005 bereits 1,8 Mio. TEU**. Dies bedeutet für den CTA eine Steigerung von über 40% gegenüber 2004.
- Durch einen weiteren Ausbau soll die Terminalkapazität **schrittweise auf 3 Mio. TEU ausgebaut** werden.

1. Einführung

(c) Begriffe

- HHLA **H**amburger **H**afen- und **L**agerhaus **AG**
- TEU



Weltweite Standard-Maßeinheit für Container
Länge: 20 Fuß (~ 6,1 Meter) = 1TEU

Breite und Höhe:
8 Fuß (~ 2,4 Meter)

- AGV **A**utomated **G**uided **V**ehicle
- DRMG **D**ouble **R**ail **M**ounted **G**antry **C**ranes
- HPA **H**amburg **P**ort **A**uthority (Hafenbehörde)
- HPC **H**amburg **P**ort **C**onsulting
- J2EE **J**ava **2** Platform, **E**nterprise **E**dition
- JMS **J**ava **M**essage **S**ystem



2. Der Containerterminal Altenwerder

- (a) Entstehung
- (b) Aufbau
- (c) Funktionen und Geschäftsprozesse



2. Der Containerterminal Altenwerder

(a) Entstehung

- Im Jahre **1990** wurde in der **Bürgerschaft** die **Entscheidung** getroffen die Hafenerweiterungsflächen in Altenwerder zu nutzen und das Planverfahren einzuleiten.
- Am **24.09.1996** erfolgte der **Baubeginn**.
- Im Frühjahr **1998** hat die HHLA mit der **Planung des Umschlagssystems** begonnen.
- Entscheidung Mitte **1999** zu Gunsten der **automatisierten Variante DRMG/ AGV**.

2. Der Containerterminal Altenwerder

(a) Entstehung

- Im **März 2000** begann die HHLA mit dem **Errichten der Anlagen** des Containerterminals.
- Bereits am **25.10.2002** wurde der **CTA offiziell eröffnet**. Im November 2003 wurde der dritte und im März 2005 der vierte Liegeplatz in Betrieb genommen.
- **Technische Daten** des CTA:

Areal:	986.350 m ²
Kapazität:	2,4 Mio. TEU p.a.
Kaimauerlänge:	1.400 m
Liegeplätze:	4 (max. Tiefgang: 16,70 m)
Containerbrücken:	14
AGVs:	73
Lagerblöcke:	22 (Gesamtkapazität 30.000 TEU)
Lagerübergabe LKW:	102 Spuren
Bahn:	3 Bahnkräne/ 4,5 km Gleise



Quelle: HHLA.de

AGV - Quelle: HHLA.de

2. Der Containerterminal Altenwerder

(b) Aufbau

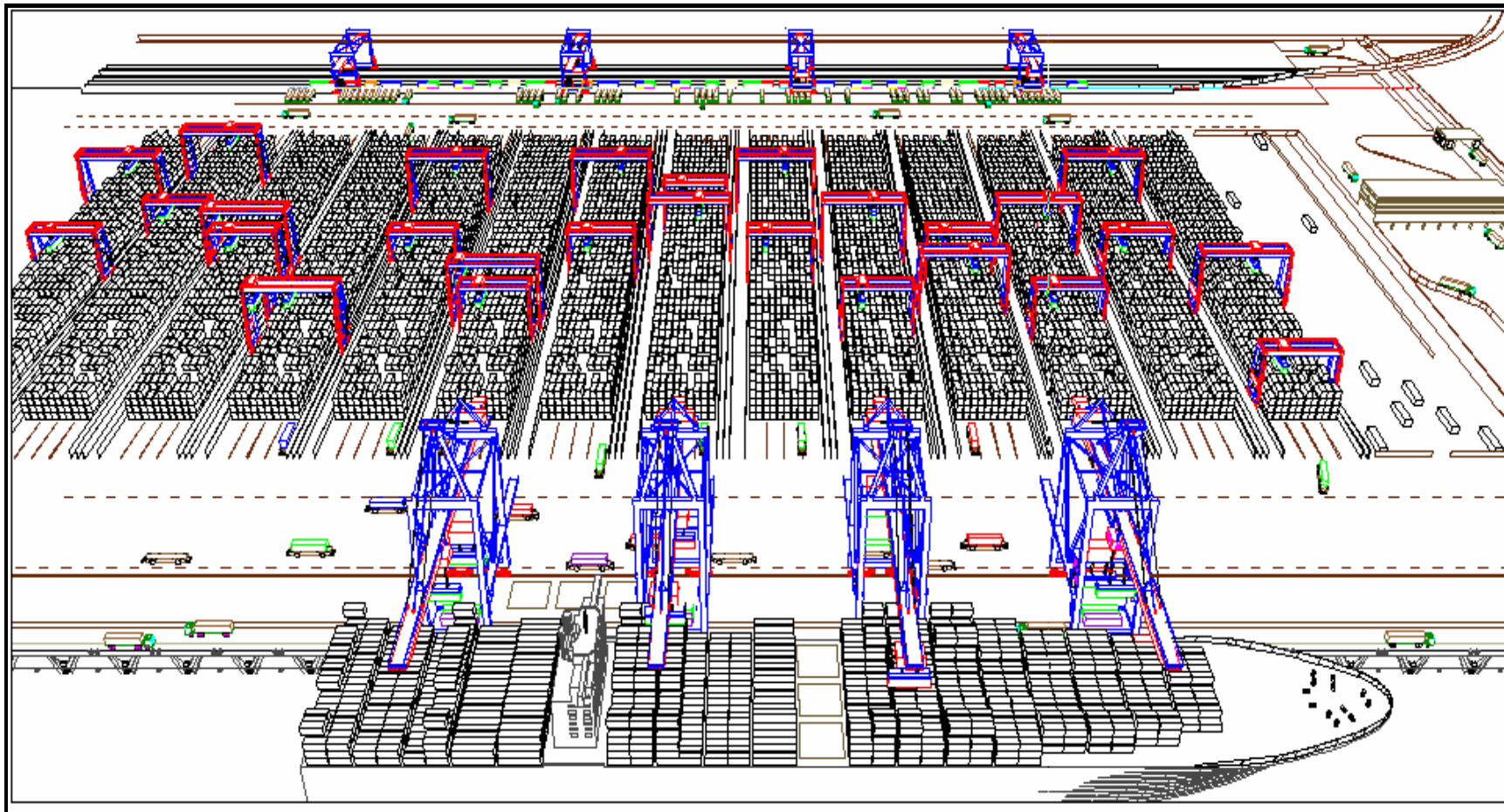


Lage an der Süderelbe

Quelle: HPA

2. Der Containerterminal Altenwerder

(b) Aufbau



Terminalsituation

Quelle: Koch: Umschlagsystem des CTA

2. Der Containerterminal Altenwerder

(b) Aufbau

Containerbrücken

- Der CTA verfügt über **14 halbautomatische Zwei-Katz-Containerbrücken**.
- Die Containerbrücken sind ausgelegt für Containerschiffe mit bis zu 22 Containerreihen (Containerschiffe der sog. **Super-Post-Panamax-Generation**).



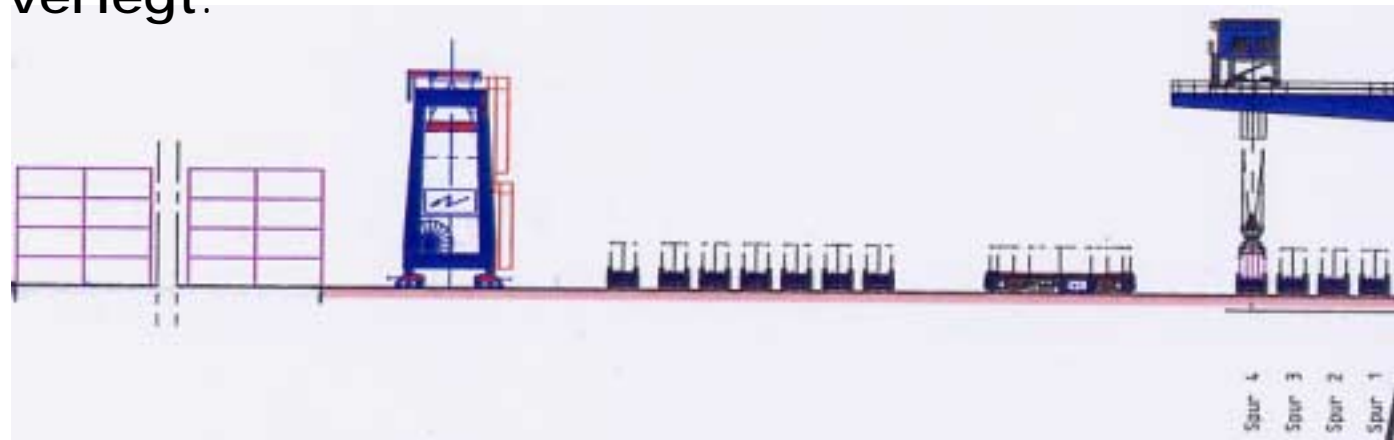
Quelle: Koch: Umschlagsystem des CTA

2. Der Containerterminal Altenwerder

(b) Aufbau

AGV

- Am CTA verkehren derzeit **73 AGV** zwischen den Containerbrücken und dem Containerlager. [Fahrbereich](#)
- Die AGV können bei einer **Geschwindigkeit von bis zu 6 m/s** entweder **einen 40' oder 45' oder zwei 20' Container** transportieren.
- **Im Boden wurden zur Navigation elektronische Marken verlegt.**

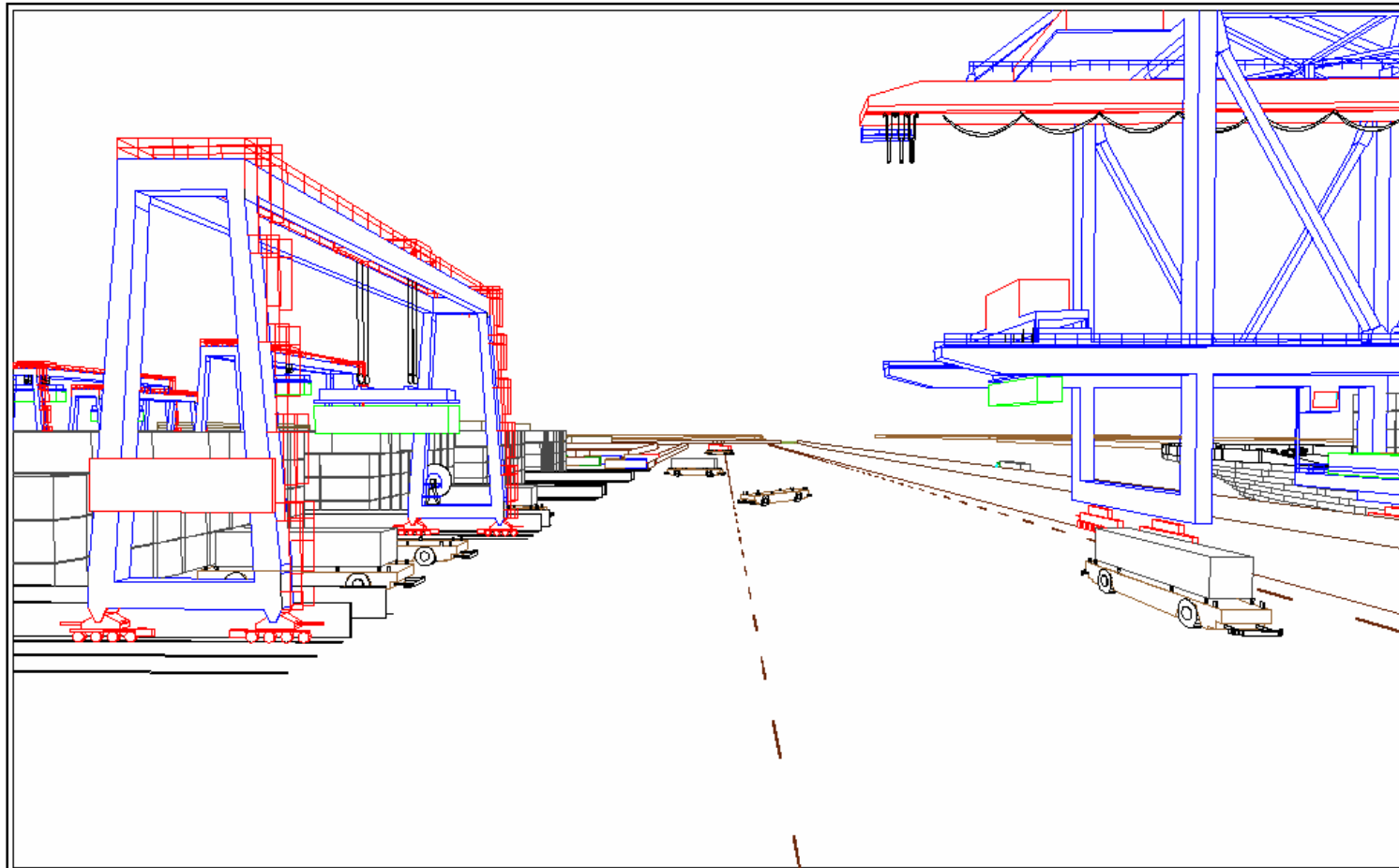


next

Quelle: Koch: Umschlagsystem des CTA

2. Der Containerterminal Altenwerder

(b) Aufbau



Fahrbereich der AGV

Quelle: Koch: Umschlagsystem des CTA

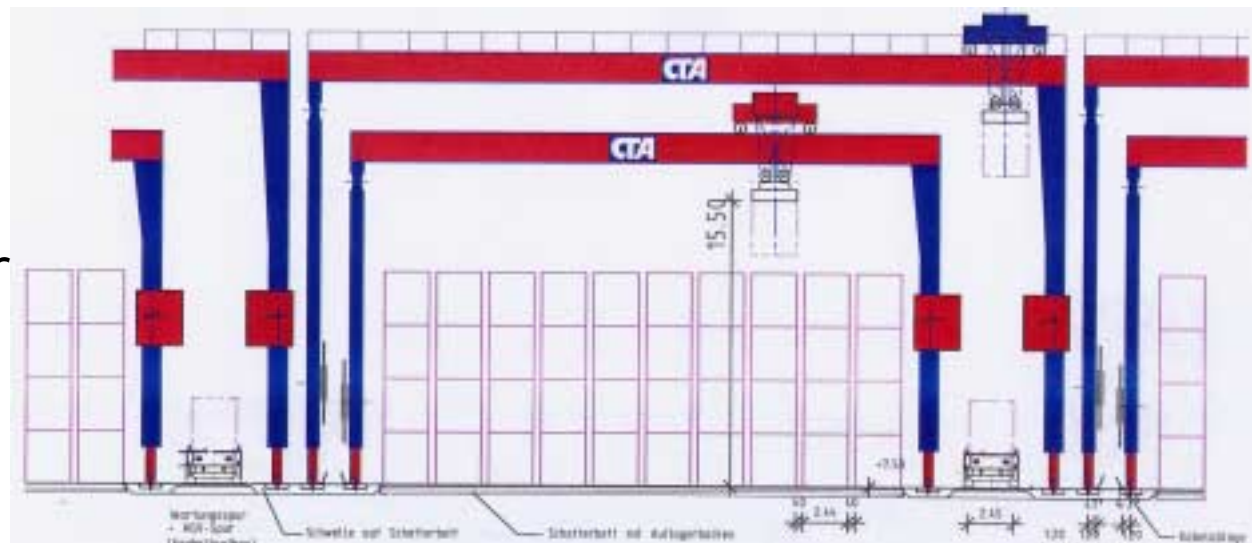
[back](#)

2. Der Containerterminal Altenwerder

(b) Aufbau

Containerlager

- Auf einer Fläche von **225.000 m²** verfügt der CTA über ein Containerlager von **30.000 TEU**, welches in **22 Containerblöcke** eingeteilt ist.
- Überspannt wird jeder Containerblock von **zwei sog. automatischen Double Rail Mounted Gantry Cranes (DRMG)**.
- Die Lagerkräne lagern automatisch die Container ins Lager ein und auch wieder aus.



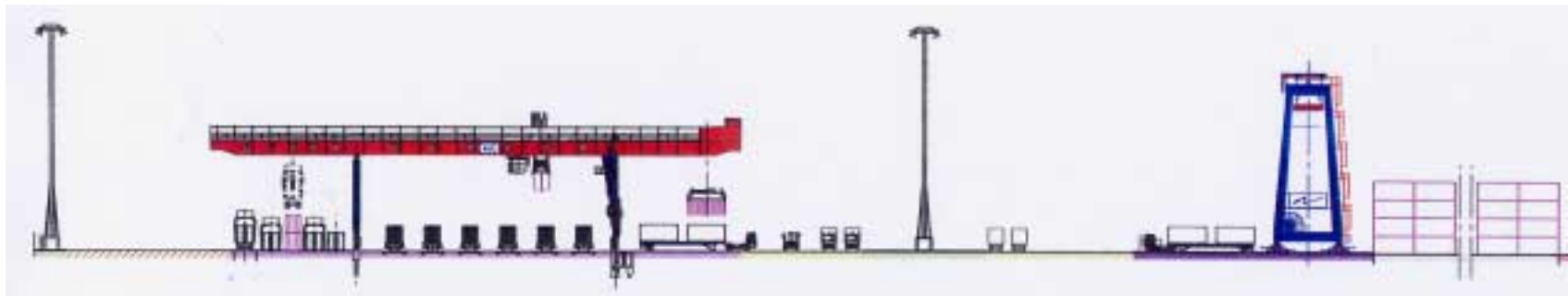
Quelle: Koch: Umschlagsystem des CTA

2. Der Containerterminal Altenwerder

(b) Aufbau

Landseitige Abfertigung

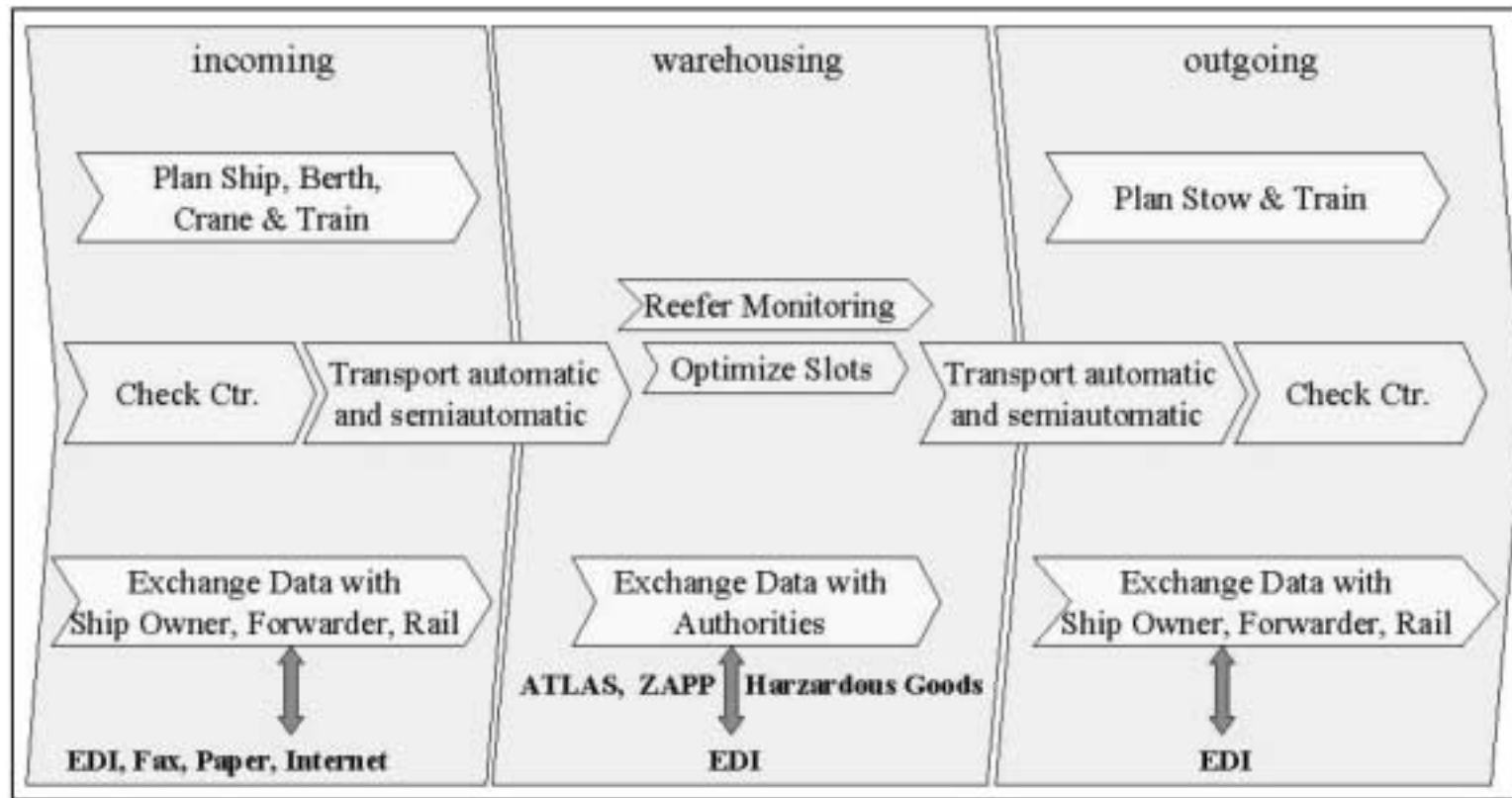
- Landseitig stehen insgesamt **102 LKW-Spuren** bereit, an denen Container aus dem Lager auf LKWs geladen werden.
- Bevor ein LKW das Terminal befährt, **meldet dieser sich per DFÜ an** und kann dann direkt die zugeteilte Spur anfahren. Ohne Voranmeldung werden LKWs an **Check-In Gates** erfasst.
- Die **Bahnanbindung** ist durch etwa **200 terminaleigene Fahrzeuge** realisiert, die das Containerlager mit der Bahnverladung verbinden



Quelle: Koch: Umschlagsystem des CTA

2. Der Containerterminal Altenwerder

(c) Funktionen und Geschäftsprozesse



Quelle: Krasemann, Spindel: Softwarearchitektur des CTA

- Die Grundlage der Softwarearchitektur stellen die verschiedenen Prozesse dar, so existiert z.B. für die Container-Verwaltung das Container Basis System.



3. Architektur des CTA-Softwaresystems

- (a) Entwicklungsprojekt
- (b) Technologie
- (c) Allgemeine Architekturmerkmale
- (d) Teilsysteme
 - (i) Container-Basis-System (CBS)
 - (ii) Automatik-TLS (A-TLS)
 - (iii) Hinterland-TLS (H-TLS)
 - (iv) Container-Zoll System (CZS)
 - (v) Planungssystem (SPARCS)
 - (vi) JMS-Middleware
- (e) Infrastruktur



3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(a) Entwicklungsprojekt

- Die **Planung** des Softwaresystems **begann Mitte 1999**.
- Von **Mai bis September 1999** wurde eine **Architekturstudie** erstellt. Diese Studie sollte mögliche **Risiken minimieren**.
- Darüber hinaus führte die Studie zur **Wahl der endgültig verwendeten Architektur**.
- Die **Entwicklung** selbst **begann im Jahr 2000**. Das System wurde innerhalb von nur **2,5 Jahren entwickelt bzw. beschafft, integriert und getestet**. Es entstanden ca. **1,5 Mio. Codezeilen** für die **selbstgeschriebenen Komponenten** zuzüglich ca. **1 Mio. Codezeilen der Kaufkomponenten**.



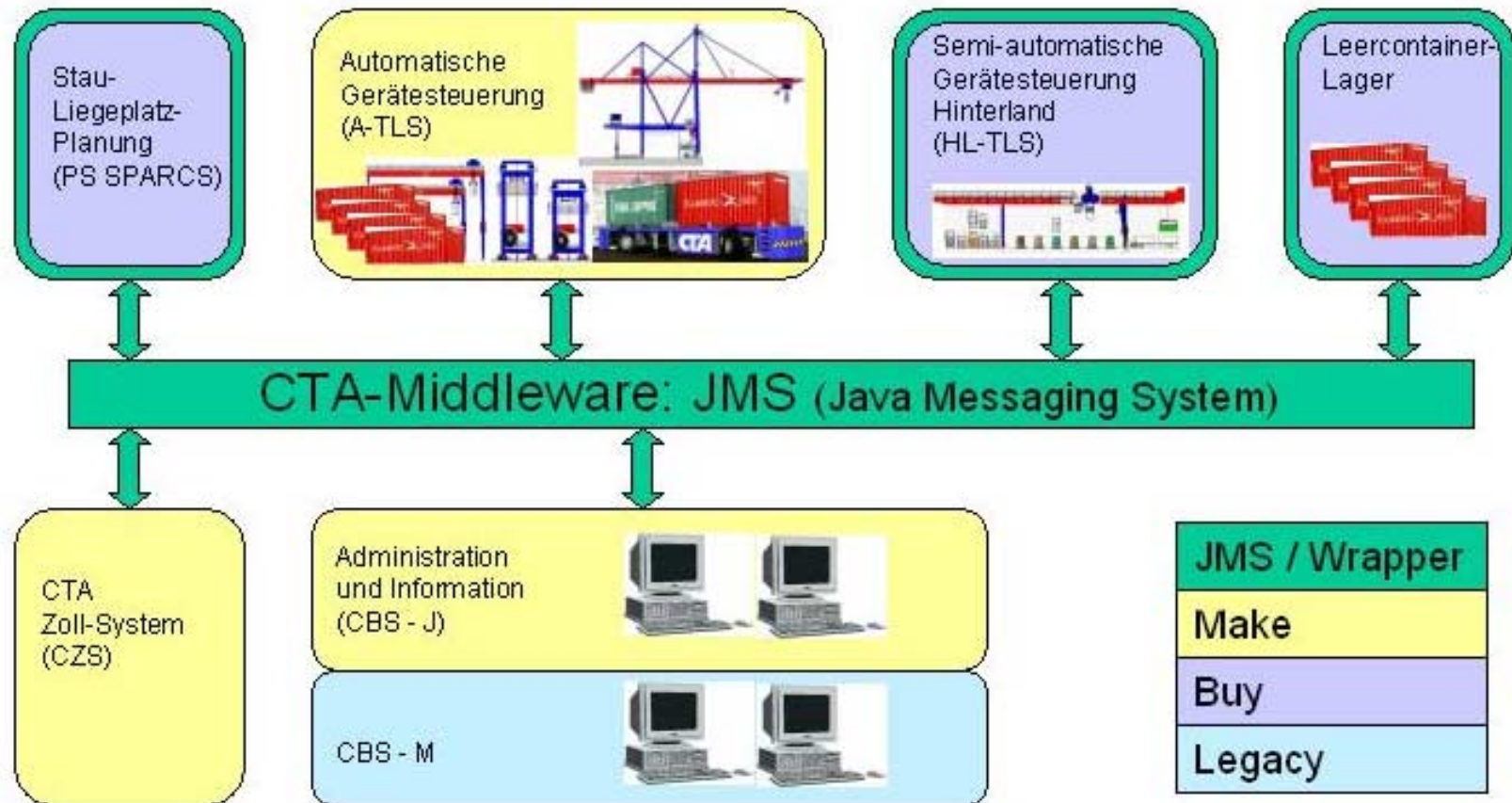
3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(b) Technologie

- Das CTA-Steuerungssystem basiert auf **Java-Technologie**.
- Um Kosten- und Zeitrestriktionen einzuhalten wurden bestehende **Komponenten in der Programmiersprache M weiterverwendet** und es wurde eine **Verbindung zwischen dem Java- und dem M-System** geschaffen.
- Das **zentrale Informationssystem** nutzt **J2EE Technologien**.
- Das **Gerätesteuerungssystem** der automatischen Transporte basiert auf **asynchronen JMS-Nachrichten**.
- **JMS-Nachrichten bilden** auch die **Middleware** zur Integration der verschiedenen teilweise zugekauften Teilsysteme.

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(c) Allgemeine Architekturmerkmale



Quelle: Spindel: HHLA-Präsentation CBS

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(c) Allgemeine Architekturmerkmale

- Die Verwendung von **JMS als Middleware** zur Kommunikation zwischen den Teilsystemen benötigt das **Wrappen der Buy-Komponenten** um eine einheitliche Schnittstelle zu erhalten.
- Die **Schnittstellen** zwischen den Teilsystemen und zu den einzelnen Geräten wurden in **XML spezifiziert**. Mit Hilfe von Stylesheets wurden die HTML-Dokumentation der Schnittstellen und die benötigten Java-Klassen erzeugt.
- Die Integration der Umschlagsgeräte wurde durch einen **Gerätemanager** realisiert:
 - Er übernimmt das **Session-Management** zum Auf- und Abbau der Kommunikation zu den Geräten (OSI-Layer 5).
 - Er **übersetzt die Socket-Diagramme** zur Kommunikation in **JMS-Nachrichten** und zurück (OSI-Layer 6).
 - Er **überwacht alle Geräteverbindungen**.

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(d) Bestandteile

(i) Container-Basis-System (CBS)

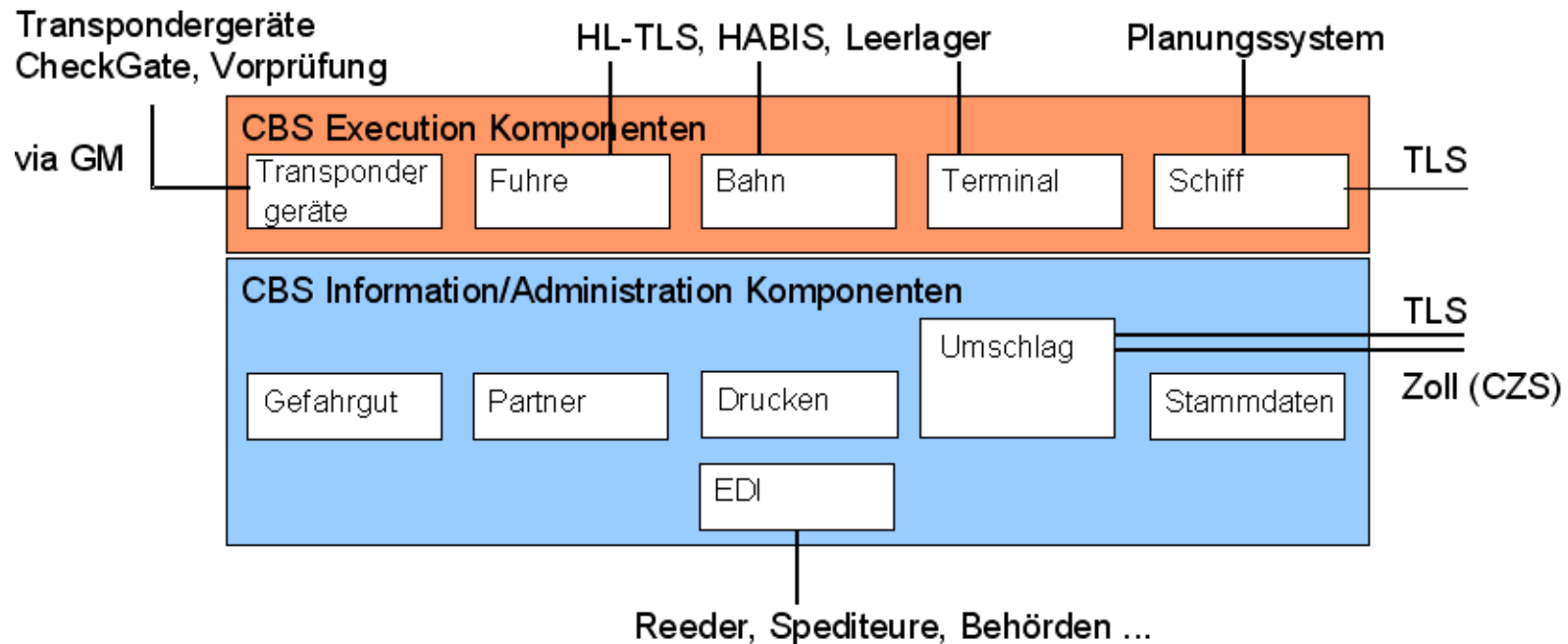


- Das Container-Basis-System CBS stellt das **zentrale Informationssystem** des CTA-Steuerungssystems dar.
- Das CBS läuft auf dem **zentralen CTA-Server**.
- Die Komponenten des CBS sind **funktional gegliedert** in **ausführbare Komponenten** und in **unterstützende Administrations-Komponenten**.

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(d) Bestandteile

(i) Container-Basis-System (CBS)



Quelle: Spindel: HHLA-Präsentation CBS

- Die Komponente Umschlag fasst alle **Dienste und Daten** zusammen, die während des **Containerumschlags** anfallen. Durch diese Trennung von den Umschlagsdaten und den eigentlichen Containerdaten, kann das CBS einen Container in mehreren Umschlagsvorgängen verwalten.

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(d) Bestandteile

(ii) Automatik-TLS (A-TLS)



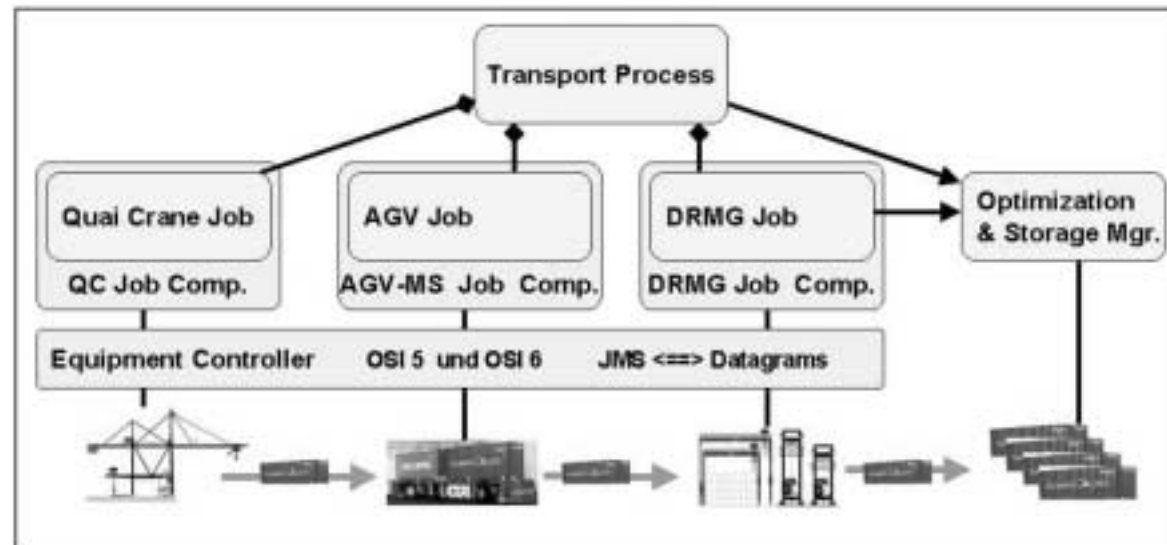
- Die Automatik Terminal-Logistik und -Steuerung (A-TLS) steuert den **vollautomatischen Containerverkehr** zwischen den Containerbrücken am Schiff und den Lagerblöcken, sowie zwischen den Lagerblöcken und den landseitigen Übergabespuren.
- Die A-TLS läuft auf dem **zentralen CTA-Server**.
- Es existieren folgende **zwei abstrakte Objekte** mit Hilfe derer die A-TLS die Transporte überwacht:
 - **Transportvorgang** (ein kompletter Transportvorgang, z.B. von der Containerbrücke bis ins Lager)
 - **Transportauftrag** (der Teil des Transports, den eines der Geräte erledigen muss)

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(d) Bestandteile

(ii) Automatik-TLS (A-TLS)

- Bezogen auf diese Objekte gliedert sich die A-TLS in die **Vorgangskomponente** und in die **Auftragskomponente**.
- Die **Vorgangskomponente** legt verschiedene **globale Transportvorgänge** an und startet, überwacht und optimiert diese.
- Die **Auftragskomponente** ist bezogen auf **ein Gerät** zu sehen.



Quelle: Krasemann, Spindel: Softwarearchitektur des CTA

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(d) Bestandteile

(ii) Automatik-TLS (A-TLS)

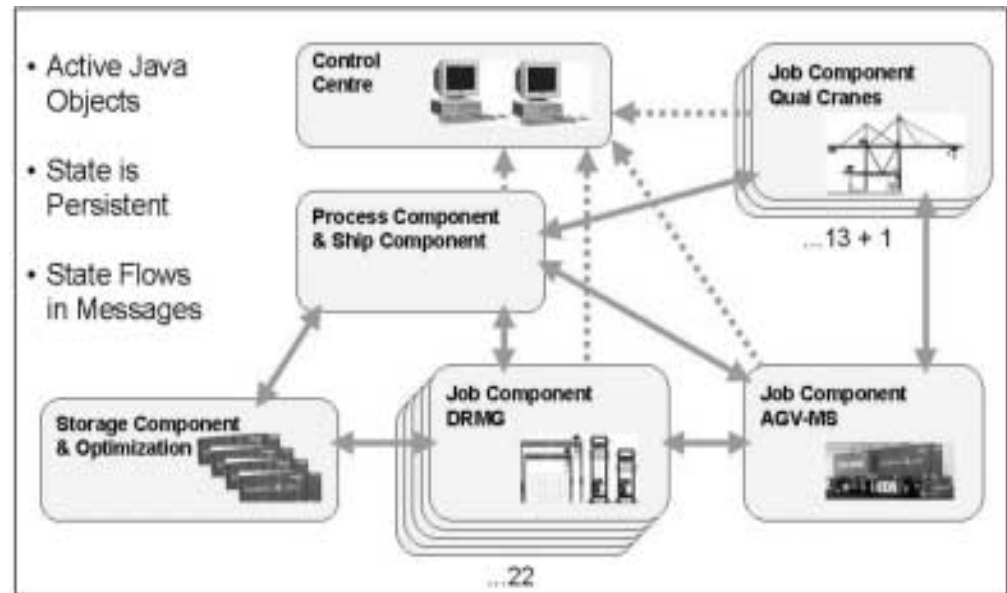
- Die **globale Optimierung** der Vorgangskomponente wägt z.B. mehrere alternative Einlagerorte bzgl. der Stellplatzqualität und der Belastung der betroffenen Geräte ab.
- Die **lokale Optimierung** der Auftragskomponente ermittelt im Sinne einer Sequenzierung die optimale Reihenfolge der Transportaufträge für jedes Umschlagsgerät.
- Der **Gerätemanager der A-TLS** übernimmt für die Auftragskomponente das **An- und Abmelden der Geräte** sowie deren **Überwachung**.
- Der Gerätemanager stellt durch die **Transformation von den Datagrammen der Geräte in JMS-Nachrichten** die Kommunikation mit der Auftragskomponente her.

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(d) Bestandteile

(ii) Automatik-TLS (A-TLS)

- Implementiert wurden die Vorgangs- und Auftragskomponente der A-TLS mit Hilfe von **JMS-Nachrichten** und **Warteschlangen** (Briefkästen) sowie mit **aktiven nebenläufigen Objekten**, die Zustände tragen und Threads oder Prozesse führen.



Quelle: Krasemann, Spindel:
Softwarearchitektur des CTA

- Das Gesamtsystem wird durch diese **lose Kopplung der aktiven Objekte** über Nachrichten und Warteschlangen **sehr robust**. So kann z.B. im Bedarfsfall ein einzelnes **aktives Objekt beendet und neugestartet** werden, ohne die Gesamtfunktion zu gefährden.

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(d) Bestandteile

(iii) Hinterland-TLS (H-TLS)

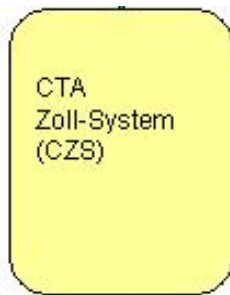


- Das Hinterlandsteuerungssystem (H-TLS) integriert den **landseitigen Umschlag** in die CTA-Steuerungssoftware.
- Die H-TLS **bedient die halbautomatischen Bahnkräne und disponiert die LKWs.**
- Bei der H-TLS handelt es sich um eine **Kaufkomponente**, die durch den **Wrapper** mit der JMS-Middleware kommunizieren kann.
- Die H-TLS läuft auf dem **zentralen CTA-Server.**

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(d) Bestandteile

(iv) Container-Zoll System (CZS)



- Das Container-Zoll-System (CZS) **kommuniziert mit dem sog. ATLAS-System der Zollverwaltung** und wird damit im **warehousing-Prozess** benötigt.
- Bei dem CZS handelt es sich um eine **selbstentwickelte Komponente**, welche auf dem **zentralen CTA-Server** läuft.

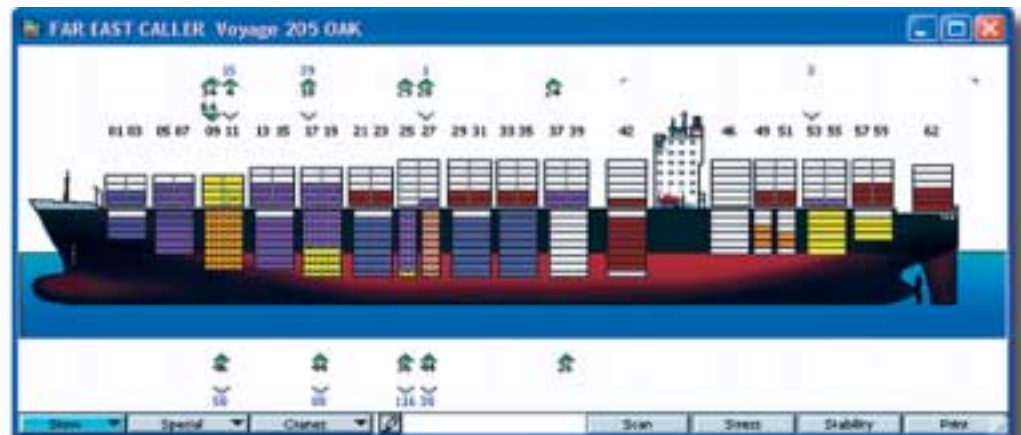
3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(d) Bestandteile

(v) Planungssystem (SPARCS)



- Das Planungssystem (SPARCS), welches von der Firma Navis gekauft wurde, dient zur Planung der Schiffsbe- und -entladung sowie zur Einsatzplanung der wasserseitigen Containerbrücken.
- Analog zu den anderen Kaufkomponenten wurde SPARCS gewrappt um mit der JMS-Middleware zu kommunizieren.
- SPARCS läuft auf einen speziellen eigenen Windows-Server.



Quelle: Navis.com: SPARCS

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(d) Bestandteile

(vi) JMS-Middleware

CTA-Middleware: JMS (Java Messaging System)

- Die **verschiedenen Teilsysteme kommunizieren** untereinander über das **Java Messaging System (JMS)**. Der Server für das JMS ist der **zentrale CTA-Server**.
- Die **gekauften Teilsysteme** haben jeweils einen **JMS-Wrapper** erhalten, welcher die **einzelnen System-Kommunikationsschnittstellen** nach JMS und zurück übersetzt.

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(d) Bestandteile

(vi) JMS-Middleware

CTA-Middleware: JMS (Java Messaging System)

- JMS ist eine sog. **Message Oriented Middleware** und stellt neben **Punkt-zu-Punkt Verbindungen** auch abonmierbare **Broadcast-Verbindungen** und eine **Zustellgarantie** zur Verfügung.
- Die **Zustellgarantie** ist ein wesentlicher Bestandteil einer einfachen Umsetzung, da **kein Handshake** mehr erforderlich ist. Der Nachrichtenverkehr kommt **ohne Synchronisation und Warten auf den Empfänger** aus, wodurch das **Lastverhalten der beteiligten Systeme entkoppelt** wird.



3. Architektur des CTA-Softwaresystems

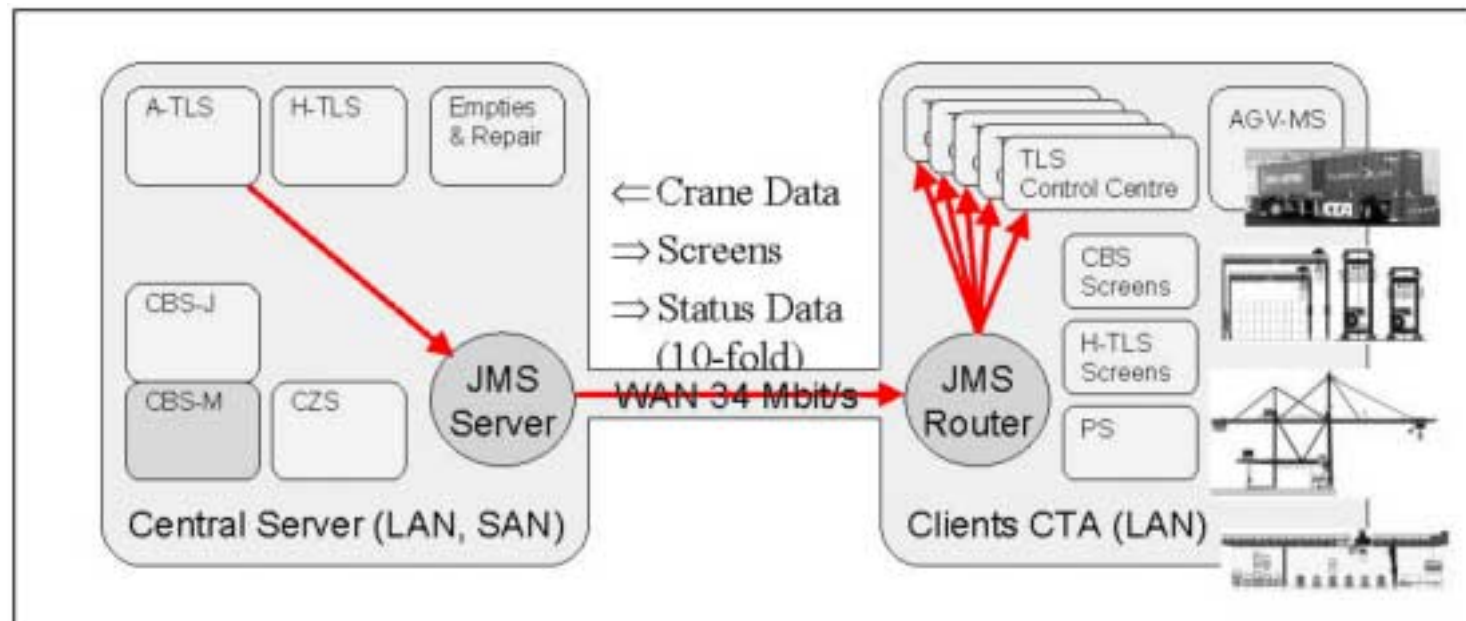
(e) Infrastruktur

- Die meisten Teilsysteme laufen auf dem **zentralen CTA-Server**, welcher sich im **Rechenzentrum der HHLA** in der Hamburger Speicherstadt befindet.
- Die Gründe hierfür sind in **geringeren Installations- und Betreuungskosten** verglichen mit einer dezentralen Installation zu sehen.
- Es wird ein **performantes WAN** als Verbindung benötigt. Die Bandbreite beträgt **34 MBit/s**.

3. Architektur des CTA-Softwaresystems

(e) Infrastruktur

- In Richtung CTA werden Kommandos an die Geräte und Bildschirminhalte der Clients sowie Statusinformationen über alle Transportvorgänge und –aufträge der A-TLS übertragen.
- In Richtung Rechenzentrum werden Statusmeldungen der Geräte übertragen.



Quelle: Krasemann, Spindel: Softwarearchitektur des CTA



4. Vergleich mit anderen Containerterminals

(a) HHLA-Burchardkai

(b) JadeWeserPort - Wilhelmshaven

4. Vergleich mit anderen Containerterminals

(a) HHLA - Burchardkai

- Der Containerterminal Burchardkai (CTB) ist **flächen- und mengenmäßig der größte Containerterminal in Hamburg**. 40% aller umgeschlagenen Container werden dort abgefertigt.

	CTA	HHLA Terminal Burchardkai
Areal:	986.350 m ²	1.600.000 m ²
Kapazität:	2,4 Mio. TEU p.a.	2,6 Mio. TEU p.a.
Kaimauerlänge:	1.400 m	2.850 m
Liegeplätze:	4 (max. Tiefgang: 16,70 m)	10 (max. Tiefgang: 16,50 m)
Containerbrücken:	14	20
AGVs:	73	Keine dafür 100 Van Carrier
Lagerblöcke:	22 (Gesamtkapazität 30.000 TEU)	Keine Lagergesamtkapazität: k.a.
Lagerübergabe LKW:	102 Spuren	53 Spuren
Bahn:	3 Bahnkräne/ 4,5 km Gleise	4 Transtainer/ 4 km Gleise

Quelle: HHLA.de

- Wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Terminals stellt das **Umschlagssystem** dar. Während der **CTA** auf ein **DRMG/ AGV Umschlagssystem** basiert, existiert am **CTB** ein konventionelles **Van Carrier Umschlagssystem**.

4. Vergleich mit anderen Containerterminals

(a) HHLA - Burchardkai

- **Van Carrier** sind **personengeführte Fahrzeuge** die **1 über 2** bzw. neuerdings **1 über 3** Container bewegen können



- Auf Grundlage der **verschiedenen Umschlagssysteme** der beiden Terminals **existieren am CTA Vorteile** hinsichtlich der Effizienz.
- Der **CTA** erreicht trotz wesentlich **geringerem Flächenbedarf**, **weniger Liegeplätze** und daher weniger Containerbrücken und Kaimauer eine **ähnliche hohe Kapazität** wie der CTB.
- Auf Grundlage des effizienteren Umschlagssystems bilden sich am CTA **Kosteneinsparungspotentiale**, da z.B. durch den hohen Automatisierungsgrades ein geringerer Personalbedarf besteht und ein höherer Auslastungsgrad vorhanden ist.

4. Vergleich mit anderen Containerterminals

(b) JadeWeserPort - Wilhelmshaven

- Der JadeWeserPort in Wilhelmshaven soll der **erste Seewasser-Containerhafen in Deutschland** werden.
- Derzeit befindet sich der Hafen **in Planung**, der **Baubeginn** ist für die **zweite Jahreshälfte** dieses Jahres geplant. Die **Inbetriebnahme** soll dann im Jahre **2009/ 2010** erfolgen.
- Im März dieses Jahres bekam die Firma **EUROGATE** den **Zuschlag** für das **Betreiben des Terminals**.

Terminalorganisation

EUROGATE wird in Wilhelmshaven das gleiche Terminalsystem wie auf seinen Umschlagsanlagen in Bremerhaven und Hamburg einsetzen: ein Van Carrier-System. EUROGATE hat mit diesem System hervorragende betriebliche Erfahrungen hinsichtlich Kosten, Produktivität und Umweltfreundlichkeit gemacht. An den vier Liegeplätzen ist der Einsatz von insgesamt 16 Post-Panamax-Containerbrücken und 68 4-hoch Van Carriern geplant.

Quelle: eurogate.de



5. Résumé

- (a) Fazit
- (b) Video – CTA
- (c) Ausblick

(a) Fazit

- Der CTA gilt als **weltweit modernster Containerterminal** und trägt in Hamburg erheblich dazu bei, dass der Umschlagsbedarf an Containern gedeckt werden kann.
- Durch **modernste Terminalgeräte** (z.B. vollautomatisierte Lagerkräne oder die AGVs) zusammen mit dem vorgestellten **intelligenten Steuerungssystem** wurde ein **weltweit einmaliger Automatisierungsgrad** erreicht und es kann seitens der HHLA ein **effizienter Containerumschlag** geboten werden.
- Die CTA-Steuerungssoftware wurde von der HHLA weitgehend selbst entwickelt, getestet und erfolgreich implementiert. Die CTA-Software stellt eine der weltweit **komplexesten Steuerungssysteme** dar.

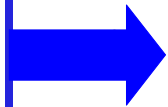
(b) Video – CTA



Quelle: Planet Wissen

(c) Ausblick

- In Zukunft ist davon auszugehen, dass weitere Containerterminals nach dem **Vorbild des CTA** entstehen werden.
- In Frankreich wurde bereits am Containerterminal **Le Havre** der **wasserseitige Umschlag** nach dem Hamburger Vorbild realisiert.
- Es wurden **fast baugleiche Containerbrücken** verwendet und die **HHLA lieferte** Ende 2003 zusammen mit ihrer Tochter, dem Beratungsunternehmen Hamburg Port Consulting (HPC) die **Steuerungssoftware** für die Brücken.
- In den nächsten Jahren wird das **Containeraufkommen weiterhin erheblich zunehmen**. Allein für Hamburg rechnet man in 2015 mit einem Umschlag von 18 Mio. TEU (2005: 8,1 Mio. TEU)



Dieses starke Wachstum verdeutlicht die Bedeutung von effizient organisierten Containerterminals.



Ende

**Vielen Dank
für die
Aufmerksamkeit!!!**

Fragen???