

# ContainerRailCab – Die Alternative zum LKW-Transport im Hamburger Hafen

Im Mai 2009 berichtete der Ingenieurspiegel in seiner Ausgabe 2|2009 erstmals über das RailCab-System der Universität Paderborn. Dabei standen die allgemeine Vorstellung der RailCab-Idee sowie der RailCab-Versuchsanlage im Vordergrund. Zwischenzeitlich wurde in Zusammenarbeit mit einem Industriepartner aus der Fördertechnik-Branche eine Systemvariante speziell für den Containertransport konkretisiert. Der vorliegende Artikel beschreibt die besonderen Eigenschaften des ContainerRailCabs und stellt dessen Anwendung am Beispiel einer Containerdepot-Anbindung im EUROGATE Container Terminal Hamburg vor.

Der EUROGATE Container Terminal Hamburg (CTH) ist einer der vier großen Containerterminals im Hamburger Hafen. Er liegt zentral im Waltershofer Hafen, und dort wurden im vergangenen Jahr 2,1 Mio. TEU umgeschlagen.<sup>1</sup> Zur Steigerung der Terminalkapazitäten wurde in unmittelbarer Nähe ein Leercontainerdepot errichtet. Dies ist allerdings durch eine Eisenbahntrasse und eine öffentliche Straße von der eigentlichen Terminalfläche getrennt.<sup>2</sup> Containerumfuhren zwischen den beiden ca. 200 m Luftlinie voneinander entfernt liegenden Flächen erfolgen per LKW bzw. Multitrailer über die öffentlichen Straßen im Hafengebiet. Ein Multitrailer legt für diese Fahrt eine Wegstrecke von ca. 4 km zurück und kann dabei bis zu 6 TEU transportieren.<sup>3</sup>

## Alternative Depot-Anbindung für CTH

Im Rahmen des ISETEC II-Projektes „Seilbahn“ untersuchte EUROGATE von Ende 2008 bis Mitte 2010<sup>2</sup> zusammen mit dem Bremer Institut für Produktion und Logistik (BIBA) alternative Transportlösungen für die Depot-Anbindung im CTH hinsichtlich ihrer technischen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit. Dabei wurden Transportsysteme betrachtet, welche die Hindernisse in Form von Bahnstrecke und Straße im Luftraum überwinden können und einen direkten, vollautomatischen Transport von Standardseecontainern zwischen Terminal- und

Depotfläche ermöglichen. Im Zentrum der Untersuchungen standen verschiedene Seilbahnlösungen in Form von Luft- und Standseilbahnen. Ab Mai 2010 wurde auch eine speziell für den Containertransport entwickelte RailCab-Variante in die Untersuchungen mit einbezogen. Im Folgenden wird das sogenannte *ContainerRailCab*, das von der Universität Paderborn in Zusammenarbeit mit der Ulrich Rotte Anlagenbau und Fördertechnik GmbH aus Salzkotten konkretisiert wurde, vorgestellt und seine spezielle Eignung für diese und weitere Transportaufgaben im Hafenumfeld näher beleuchtet.

## RailCab-Konzept

Wie in der Ausgabe 2|2009 des Ingenieurspiegels bereits ausführlich berichtet, steht RailCab für eine grundlegend neue Konzeption im Schienenverkehr. Kernelement des vollautomatischen Bahnsystems sind autonom fahrende Einzelfahrzeuge – sogenannte RailCabs –, die in der Lage sind, ihren individuellen Zielort ohne Zwischenstopp und ohne Rangiervorgänge direkt anzufahren. Einzelne Fahrzeuge können sich während der Fahrt vollautomatisch zu berührungslosen Konvois zusammenschließen und diese auch wieder verlassen.

Um dies zu erreichen, kombiniert RailCab innovative und bewährte Technologien. Ein Linearmotorantrieb sorgt für ein zuverlässiges, witterungsunabhängiges und verschleißfrei-

es Antreiben und Bremsen und ermöglicht somit die Fahrzeugführung mit sehr geringen Abständen. Gleichzeitig gestattet dieses Antriebskonzept das Befahren deutlich höherer Steigungen als bei heutigen Bahnfahrzeugen üblich.

Eine aktive Lenkung an Bord der Fahrzeuge sorgt für eine verschleißarme Spurführung im Gleis. Sie ermöglicht das Befahren enger Kurvenradien und – in Kombination mit einer passiven Weiche – eine individuelle Richtungswahl der Fahrzeuge auch bei geringen Fahrabständen. Die vollautomatische Fahrzeugführung und Schienenfahrwerke mit geringer Rollreibung tragen zu einem geringen Energieverbrauch bei.

technische Machbarkeit des RailCab-Systems mit zwei Versuchsfahrzeugen im Maßstab 1:2,5 nachgewiesen.

Durch seinen modularen Aufbau ist das System skalierbar und kann somit für verschiedene Transportaufgaben optimal abgestimmt werden. Ursprünglich für den Personen- und leichten Güter- bzw. Stückguttransport entwickelt, wurde nun eine RailCab-Variante speziell für den Containertransport konkretisiert.

## ContainerRailCab

Das ContainerRailCab ist eine Komposition aus erprobten Einzelkomponenten, die sich weltweit in den verschiedensten Anwendungen im Dauereinsatz



Bild 1: RailCab-Versuchsanlage an der Universität Paderborn.  
Quelle: Universität Paderborn – Neue Bahntechnik

Das RailCab-System ist so konzipiert, dass die notwendige Technik in bestehende Schienenwege integriert werden kann. Auf einer 530 m langen Versuchsstrecke an der Universität Paderborn wurde die

bewährt haben. Es zeichnet sich u. a. durch eine kompakte Bauhöhe von ca. einem Meter aus. Die Containersicherung erfolgt durch Rahmenecken und Dorne, so dass die Fahrzeuge schnell und unkompliziert mit

den Standard-Beladungstechniken eines Containerterminals be- und entladen werden können. Gemäß den Anforderungen bei EUROGATE ist das ContainerRailCab in einer ersten Version für die Aufnahme von einem 40ft.-Container oder von zwei 20ft.-Containern mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 25 t konzipiert.



Bild 2: ContainerRailCab mit 40ft.-Container. Quelle: Ulrich Rotte GmbH, Universität Paderborn

Jedes Fahrzeug ist mit zwei Linearinduktionsmotoren ausgerüstet, die ihre spezielle Eignung für den vollautomatischen Schienenverkehr seit über 20 Jahren in zahlreichen Anwendungen weltweit unter Beweis gestellt haben, wie z. B. in den Advanced Rapid Transit (ART)-Systemen von Bombardier.<sup>45</sup> Dieses Antriebskonzept arbeitet berührungslos und verschleißfrei und ermöglicht einen zuverlässigen und witterungsunabhängigen Betrieb – auch bei Schnee und Eis. Darüber hinaus können die ContainerRailCabs mit diesem Antrieb Steigungen von bis zu 10 % überwinden.

Die Stromversorgung der Fahrzeuge erfolgt mit einer in vielen Bahnanwendungen bewährten Stromschiene, über die eine leistungsfähige Energieversorgung auch für voll beladene Fahrzeuge, hohe Steigungen sowie anspruchsvolle Fahrmanöver sichergestellt werden kann. Die Stromschiene ermöglicht zudem eine Energierückspeisung ins Stromnetz.

Eine Verzögerung der Fahrzeuge wird im Regelbetrieb über den Linearmotor realisiert. Red-

undante Bremssysteme in Form von Rad- und Schienenbremsen erhöhen zusätzlich die Sicherheit. Sie bringen die Fahrzeuge auch bei einem eventuellen Ausfall der Stromversorgung jederzeit sicher zum Stehen. Dies gilt auch an den maximalen Steigungen.

Jedes Fahrzeug besitzt zwei Drehgestelle mit jeweils zwei

aktiv lenkbaren Achsen in Form von Losradsätzen. Das lenkbare Schienenfahrwerk ermöglicht das Befahren enger Kurvenradien und eine individuelle Richtungswahl an passiven Weichen auch bei geringen Fahrabständen.

Damit steht eine flexibel ausführbare und erweiterbare Lösung nicht nur für den Containertransport, sondern allgemein für Logistikaufgaben aus den verschiedensten Anwendungsbereichen zur Verfügung.

### ContainerRailCab-Anlage für CTH

Für die vollautomatische Depot-Anbindung im CTH wurde die folgende ContainerRailCab-Anlage konzipiert:

Zur Überwindung der Bahnstrecke und der öffentlichen Straße ist eine Brückenkonstruktion für zwei parallele Schienenwege vorgesehen. Zur Erfüllung der geforderten Transportleistung von 30 Containern pro Stunde in eine Richtung bzw. 60 Containern pro Stunde bei bidirektionaler Förderung ist bei der RailCab-Lösung allerdings nur der Ausbau eines Schienenweges notwendig. Ein zweiter,

paralleler Fahrweg kann jedoch jederzeit nachgerüstet und problemlos in die Anlage integriert werden, um somit beispielsweise einen redundanten Fahrweg zu schaffen und/oder die Transportkapazität des RailCab-Systems weiter zu steigern.

Die Streckenführung sieht zwei Brückenauffahrten mit einer maximalen Steigung von jeweils 10 % vor. Gemäß Bild 3 verzweigt sich am Ende der Auffahrten der einspurige Fahrweg auf Terminal- und Depotseite. Im Depot – in Bild 3 vorn dargestellt – sind die Ladestationen so angeordnet, dass dort eine direkte und schnelle Beladung der ContainerRailCabs durch Reach Stacker erfolgen kann. Auf Terminalseite wurde eine platzsparende Anordnung der Ladestationen für die Beladung durch Straddle Carrier gewählt. Der Fahrweg selbst besteht im Wesentlichen aus zwei Standard-Schienenprofilen (S49 oder vergleichbar), einer zwischen den Fahrschienen verlegten Reaktionschiene als Sekundärteil des Linearantriebes sowie der bereits erwähnten Stromschiene. Der gesamte Fahrweg hat eine Länge von ca. 400 m, die kleinsten Kurvenradien betragen 20 m.



Bild 3: ContainerRailCab-Anlage für die Depot-Anbindung im EUROGATE CTH. Quelle Satellitenbild: Google Maps

### Betrieb der ContainerRailCab-Anlage

Die beschriebene Anlage kann je nach gewünschter Transportleistung und verfügbarem

Budget mit bis zu drei ContainerRailCabs ausgerüstet werden. Beim Betrieb dreier Fahrzeuge können 45 Container pro Stunde in eine Richtung und 60 Container pro Stunde in beiden Richtungen transportiert werden. In diesem Fall sieht der Betrieb wie folgt aus:

RailCab1 transportiert einen Container z. B. vom Terminal über die Brücke in das Depot. Die benötigte Fahrzeit beträgt ca. eine Minute. In dieser Zeit können RailCab2 im Depot beladen und RailCab3 im Terminal entladen werden. Sobald RailCab1 seine Ladestation im Depot erreicht hat, verlässt RailCab2 seine Station und transportiert seinen Container vom Depot zum Terminal. Währenddessen erfolgen das Be- bzw. Entladen der beiden anderen Fahrzeuge usw.

Die Maximalgeschwindigkeit der Fahrzeuge in dieser Anwendung beträgt 10 m/s. Es lassen sich maximale Beschleunigungen bzw. Verzögerungen von 1 m/s<sup>2</sup> erreichen. Ein Drittel der benötigten elektrischen Energie kann pro Fahrt beim Bremsen zurückgespeist werden.

Die Fahraufträge werden von einem redundanten Leitreechner per Funk an die Bordrechner der Fahrzeuge übermittelt, die für eine vollautomatische Um-

setzung der Fahraufträge sorgen. Dies ermöglicht einen sehr flexiblen und leistungsfähigen Betrieb der Gesamtanlage. Eine Einbindung in automatische oder manuelle Lagerlogis-

tiksysteme ist ebenfalls möglich. Die Fahrzeugortung erfolgt über streckenseitige Transponder, die von Empfängern auf den Fahrzeugen ausgelesen werden. Über die Funkkommunikation sind somit nicht nur eine Ferndiagnose für jedes einzelne Fahrzeug, sondern auch eine Überwachung sämtlicher Transportabläufe am Leitrechner möglich.

Beide oben beschriebenen Systeme, sowohl die Funkkommunikation als auch das Transpondersystem, werden bereits seit einigen Jahren beim vollautomatischen Betrieb fahrerloser LKWs oder auch Flurförderfahrzeuge sehr erfolgreich eingesetzt.

## Flexible Systemerweiterung

Für das ContainerRailCab-System können die folgenden Planungskomponenten identifiziert werden:

- Individuell gestaltbare Gleisstrecke mit hohen Steigungen bis 10 % und kleinen Kurvenradien bis 20 m
- Passive Weichen
- Ladestellen
- ContainerRailCabs zur bedarfsgerechten Kapazitätsbereitstellung

Die nahezu freie Kombination dieser Planungskomponenten nach dem Baukastenprinzip ermöglicht eine individuelle Anpassung einer ContainerRailCab-Anlage an verschiedene Randbedingungen sowie die schrittweise und flexible Erweiterung einer bestehenden Anlage. Für die in Bild 3 dargestellte Depot-Anbindung im EUROGATE CTH wären die folgenden Ausbaustufen denkbar (Bild 4):

Die Transportkapazität der Anlage könnte je nach Bedarf schrittweise gesteigert werden

einzelnen Ladestellen ausgetauscht werden könnten. Ebenfalls wäre mit dieser Technolo-

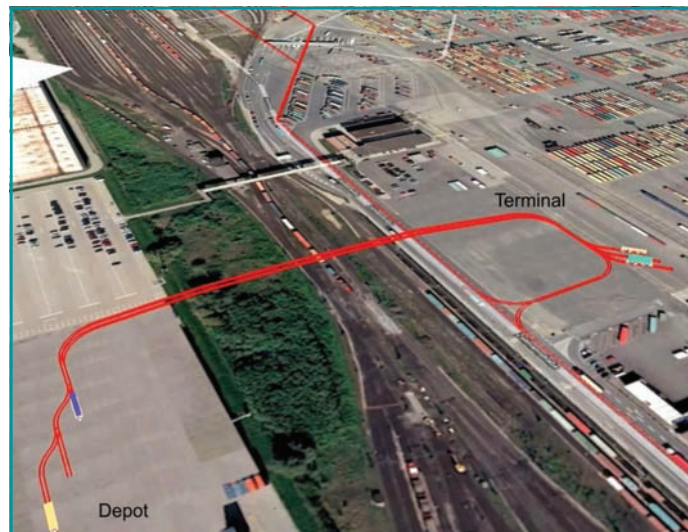


Bild 4: Mögliche Systemerweiterung der ContainerRailCab-Anlage im EUROGATE CTH. Quelle Satellitenbild: Google Maps

durch den Aufbau zusätzlicher Ladestellen, die Inbetriebnahme weiterer Fahrzeuge sowie die Realisierung eines zweiten Fahrweges über die Brücke. Die Integration dieses zusätzlichen Fahrweges sowie der neuen Ladestationen in die Gesamtanlage ist dabei jederzeit mittels passiver Weichen möglich. Der redundante Fahrweg sichert gleichzeitig eine hohe Verfügbarkeit der Anlage.

Darüber hinaus könnte durch eine Systemerweiterung ein vollautomatisches Transportsystem im Rückraum des Terminals entstehen, mit dem über den gesamten Terminalbereich inkl. des Depots Container transportiert und zwischen

den einzelnen Ladestellen eine vollautomatische Verbindung zu weiteren Containerterminals oder auch Hinterlandhubs möglich sowie eine vollautomatische Verbindung der Terminals untereinander. Entsprechende Planszenarien sind für den gesamten Hamburger Hafen bereits in Arbeit, wobei auch das ContainerRailCab Bestandteil dieser Evaluationen ist.

In jedem Fall ist aber das ContainerRailCab für EUROGATE im Sinne des ISETEC II-Projektes eine zuverlässige und in der Zukunft flexibel ausbaufähige Alternative zu festen und räumlich begrenzten Seilbahntrassen.

## Fazit

Das ContainerRailCab bietet für individuelle Einzelanforderungen bis hin zu komplexen Logistikaufgaben die flexible und ausbaufähige Baukastenlösung. Durch die Nutzung einer Schieneninfrastruktur ist es auch für größere Transportentfernungen bestens geeignet, wobei das Prinzip der autonomen Fahrzeugführung auch auf der Schiene eine unmittelbare und individuelle Bedienung von Transportaufträgen unabhängig von anderen Fahrzeugen auf derselben Trasse ermöglicht.

Der Einsatz des ContainerRailCabs insbesondere als Zubringer und Verteiler für die konventionelle Bahn verspricht überall dort einen großen Nutzen, wo eine Lokomotive und Waggons nicht mehr wirtschaftlich eingesetzt werden können. Darüber hinaus trägt das rein elektrische System zu einer Reduzierung der Schadstoffemissionen bei und steht auch für „Zero-Emission“-Ansätze bereit.

*Dipl.-Math.*

*Carsten Rustemeier*

*Prof. Dr.-Ing. habil.*

*Ansgar Trächtler*

*Heinz Nixdorf Institut*

*Universität Paderborn*

*Dr.-Ing.*

*Franz-Barthold Gockel*

*Ulrich Rotte Anlagenbau*

*und Fördertechnik GmbH*

# railcab

[www.railcab.de](http://www.railcab.de)

<sup>1</sup> [www.eurogate.eu](http://www.eurogate.eu)

<sup>2</sup> Fachzeitschrift „Hebezeuge Fördermittel“, Mai 2010

<sup>3</sup> Tagungsband ISETEC II-Statusseminar Dez. 2010

<sup>4</sup> siehe ART-Technologie auf [www.bombardier.com](http://www.bombardier.com)

<sup>5</sup> <http://maglev.com.www65.your-server.de/uploads/2002/pp07202.pdf>