

Diplomarbeit

Master's Thesis

-

**Technisches Optimierungspotential des  
Schienengüterverkehrs  
aus Infrastrukturbetreibersicht**

ausgeführt am Institut für

Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen - E232

An der Technischen Universität Wien

Fakultät für Bauingenieurwesen

(im Rahmen des TIME-Austauschprogramms mit der „École Centrale de Lille“, Frankreich)

unter Anleitung von

Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas SCHÖBEL

und

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert OSTERMANN

Von

Jérôme PERRAUDIN

Matrikelnummer 0526758

Viktorgasse 17/24

1040 Wien

Wien, am 11. Oktober 2007

Unterschrift

## Kurzfassung

### **Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht**

Der Anteil der Schiene am Güterverkehr ist in den letzten Jahrzehnten in ganz Europa zugunsten des Straßenverkehrs stetig gesunken. Gründe dafür sind nicht nur der Rückgang der Schwerindustrie bei gleichzeitigem Wachstum von Konsumgütern, die für den Transport durch LKW geeignet sind, sondern auch die fehlende Kostenwahrheit des Straßenverkehrs wegen der billigeren Nutzung der Infrastruktur und die Möglichkeit des grenzüberschreitenden Verkehrs ohne länderspezifische technische Erfordernisse. Diese Entwicklung führt zu den bekannten Problemen, wie der Überlastung des hochrangigen Straßennetzes und den damit verbundenen Umweltbelastungen (z. B.: Lärm, der Ausstoß von Treibhauseffektgasen...).

Seit Anfang der 90er Jahre wird auf der Ebene der Europäischen Union versucht, faire Wettbewerbsbedingungen zwischen den verschiedenen Verkehrsarten unter Berücksichtigung der externen Kosten zu gewährleisten, um ein interoperables und effizientes transeuropäisches Netz schaffen zu können. Die grenzüberschreitenden Eisenbahnprojekte sind im europäischen Budget für Infrastrukturausbau vorrangig. Um den Richtlinien der Europäischen Kommission (EC 2001/14, u. a.) zu entsprechen, wurden z. B. die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) umstrukturiert. Dabei wurden der Beförderungsanbieter (ÖBB Personenverkehr AG und Rail Cargo Austria AG für Güterverkehr) und der Infrastrukturbetreiber getrennt, sodass ein freier Zugang zum Netz durch verschiedene Transportanbieter in Zukunft möglich ist.

Unter Berücksichtigung dieser rechtlichen Rahmenbedingungen und vor allem des Wettbewerbs mit dem Straßengüterverkehr, muss ein Infrastrukturbetreiber Kapazitäten für Schienengüterverkehr anbieten, die sich durch Zuverlässigkeit, Sicherheit, Flexibilität und Pünktlichkeit (vor der Schnelligkeit) gegenüber dem Kunden auszeichnen.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über aktuelle Forschungsaktivitäten im Schienengüterverkehr zu geben, die eine Erhöhung des Marktanteiles der Schiene zum Ziel haben. Eine Beurteilung der Wirksamkeit der einzelnen technischen Maßnahmen bildet den Abschluss dieser Arbeit.

## **Technical potential of optimisation in rail freight transport from the infrastructure manager's point of view**

In Europe, the share of rail in the modal split of the freight transport has constantly decreased in favour of the road transport in the last years. Reasons for that are not only the decline of the heavy industry and meanwhile the growth of consumer goods, more fitted to the truck transport, but also the lack of objectivity of the costs in the road transport - with for example the low cost for the infrastructure use – and the possibility of routes beyond the borders with no technical constraint specific to each country. This development has led to the well known problems of the overloaded motorway network or the linked environmental consequences (noise, emission of greenhouse effect gases...).

Since the beginning of the nineties, the European Union has tried to guarantee a fair competition between the different means of transport by taking the external costs into account to create an efficient and interoperable transeuropean network. The cross border rail projects have priority in the European budget for the construction of infrastructure. To apply the directives of the European Commission (e.g. EC 2001/14), the Austrian Federal Railways (ÖBB) for instance have been restructured. The transport provider (ÖBB Personenverkehr AG, *passenger traffic Inc.* and Rail Cargo Austria for the freight transport) and the infrastructure manager have split to assure a free network access for the different transport providers.

In consideration to these legal general conditions and above all to the competition with the road transport, the infrastructure manager has to offer enough capacities to the freight trains and highlight oneself to the customers with the reliability, the security, the flexibility and the punctuality (more important than speed).

This work aims to give an insight into the current research activities in the field of rail freight transport which goal is the increase of the market share of the rail. An assessment of the efficiency of the different technical measures will be the conclusion of it.

## **Potentiel d'optimisation du transport de marchandise par rail du point de vue du gestionnaire d'infrastructure**

En Europe, la part du rail dans le transport de marchandises a constamment décliné ces dernières années au profit du transport routier. Les raisons de ce phénomène ne sont pas seulement le déclin de l'industrie lourde parallèlement à la croissance des biens de consommation, plus adaptés au transport par camion, mais aussi le manque d'objectivité des prix dans le transport routier, avec notamment le faible coût d'utilisation de l'infrastructure, et la possibilité de circulations transfrontalières sans contraintes techniques spécifiques à chaque pays. Ce développement conduit aux problèmes bien connus de surcharge du réseau autoroutier ou des conséquences environnementales qui y sont liées (bruit, émissions de gaz à effets de serre...).

L'Union Européenne essaie, depuis le début des années 90, de garantir une concurrence équitable entre les différents modes de transport avec une prise en compte des coûts externes pour bâtir un réseau transeuropéen efficace et interopérable. Les projets de chemins de fer transfrontaliers ont une place prioritaire dans le budget européen de construction d'infrastructures. Pour mettre en pratique les directives de la Commission Européenne en la matière (2001/14/CE notamment), l'organisation des chemins de fer fédéraux autrichiens (ÖBB) a par exemple été restructurée. Le prestataire de transport (ÖBB Personenverkehr AG, *transport de personnes SA*, et Rail Cargo Austria AG pour le transport de marchandises) et le gestionnaire d'infrastructure sont désormais séparés pour assurer un accès libre au réseau pour les différents prestataires de transport.

En considération de ce cadre légal et avant tout de la concurrence avec le transport routier, le gestionnaire d'infrastructure doit proposer des capacités satisfaisantes pour le transport de marchandises et se distinguer vis-à-vis des clients par la fiabilité, la sécurité, la flexibilité et aussi la ponctualité (prioritaire par rapport à la rapidité).

Le but de ce travail est de donner un aperçu des activités de recherches actuelles dans le transport de marchandises qui visent une augmentation de la part de marché du rail. Une appréciation de l'efficacité des différentes mesures techniques en constituera la conclusion.

## **Danksagung**

Für das Verfassen dieser Arbeit möchte ich mich zuerst bei Herrn Univ. Professor Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Ostermann, Vorstand des Instituts für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen und bei Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Schöbel für seine Hilfe und Unterstützung bedanken.

Ich danke auch herzlich der ÖBB Netz- und Streckenentwicklung, bei der ich ein an Informationen und Kontakten reiches Praktikum machen konnte, unter anderem dem DI Robert Prinz (MBA), DI (FH) Herwig Rumpeltes, und auch den zahlreichen Ansprechpartnern bei der ÖBB, von denen ich wertvolle Informationen erhalten habe (DI Erich Possegger, DI Hans Peter Huber, Harald Schwaiger, Ing. Josef Höllmüller...), sowie dem Herrn DI Alexander Chloupek von ABC Consulting.

Besonders bedanken möchte ich mich bei den Verantwortlichen des TIME Programms und der Austauschkooperation zwischen den „Ecoles Centrales“ und der TU Wien, ohne die diese Arbeit nicht hätte entstehen können.

Zuletzt gilt natürlich mein Dank meinen Eltern, die mein ganzes Studium in Frankreich und Österreich unterstützt haben.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung .....</b>	<b>2</b>
<b>Danksagung.....</b>	<b>5</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>6</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>8</b>
<b>I- Rechtliche Rahmenbedingungen des Schienengüterverkehrs .....</b>	<b>10</b>
<b>1) Auf der europäischen Ebene .....</b>	<b>10</b>
a- Das Weißbuch „Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft“ [2].....	10
b- Die drei Eisenbahnpakete .....	13
Das erste Eisenbahnpaket.....	13
Das zweite Eisenbahnpaket.....	14
Das Dritte Eisenbahnpaket.....	15
c- Umsetzung in den verschiedenen Mitgliedsländern: der Liberalisierungsindex .....	16
d- Interoperabilität.....	18
Technische Standards für Interoperabilität (TSI) im Detail.....	20
e- Charta für Qualität im Güterverkehr .....	22
f- Umweltgesetzgebung.....	22
g- Vereinfachung der Zollverfahren.....	23
<b>2) Auf der österreichischen Ebene .....</b>	<b>25</b>
a- Organisation der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB).....	25
b- Umbruch im Schienenverkehrsmarkt.....	26
c- Zustand des Eisenbahnmarktes in Österreich.....	27
d- Berücksichtigung der Umweltbedingungen für die IBE-Berechnung: das lärmabhängige IBE.....	28
<b>II- Anwendungen von Telematik im Schienengüterverkehr .....</b>	<b>30</b>
<b>1) Zielsetzung der Verkehrstelematik.....</b>	<b>30</b>
<b>2) Potential.....</b>	<b>32</b>
<b>3) Rechtliche Rahmenbedingung: das TSI TAF.....</b>	<b>33</b>
<b>4) Komponenten der Telematiksysteme .....</b>	<b>34</b>
<b>5) Beispiel von Telematikanwendungen im Schienengüterverkehr.....</b>	<b>35</b>
a- Informationssystem für den grenzüberschreitenden Verkehr .....	35
b- Logistische Lösungen.....	36
Kombi-Verkehrs Monitoring Service (KVMS) .....	37
Elektronisches Wagonalarmsystem (EWAS).....	39
<b>III- Automation der Zugsteuerung, -sicherung und Signalgebung.....</b>	<b>40</b>
<b>1) Das Europäische Eisenbahnverkehrsleitsystem (ERMTS) .....</b>	<b>40</b>
a- Die Einführung von GSM-R für den Schienenverkehr .....	41
b- Die Einführung des ETCS .....	41
Die verschiedenen Anwendungsstufen des ETCS .....	41
Das Problem der Einführung des ETCS.....	44
c- Aussichten der Einführung von ERTMS für Eisenbahnverkehr .....	44
<b>2) Entwicklung von automatisierten Checkpoints.....</b>	<b>45</b>
a- Funktionalität eines Checkpoints .....	46

Fahrzeugs- oder infrastrukturseitige Lösungen.....	46
b- Das technische Konzept .....	47
Verknüpfung der Daten .....	47
Vernetzung der Daten.....	48
Integration in die Leit- und Sicherungstechnik .....	49
c- Optimierungspotential der Checkpointentwicklung für Güterverkehr.....	49
<b>3) Benutzung der Elektronischen Stellwerke (ESTW).....</b>	<b>51</b>
a- Die Entwicklung von Elektronischen Stellwerken.....	51
Relaistechnik und ESTW .....	51
Die Wichtigkeit der Standardisierung .....	51
b- Beispiel: ESTW Alister .....	52
c- Standardisierte ESTW: eine Chance für den Eisenbahnverkehr .....	53
<b>IV- Optimierungsmöglichkeiten in der Fahrplangestaltung .....</b>	<b>54</b>
<b>1) Der Fahrplan : Kernherausforderung des Infrastrukturbetreibers .....</b>	<b>54</b>
a- Veränderte rechtliche Rahmenbedingungen .....	54
b- Ausarbeitung des Fahrplans .....	55
c- Andere Trassen.....	56
<b>2) Infrastrukturplanung und Fahrplan.....</b>	<b>56</b>
a- Anwendung der analytischen Verfahren in der Eisenbahnbetriebswissenschaft .....	57
Charakteristiken der analytischen Verfahren .....	57
b- Simulatives Verfahren in der Eisenbahnbetriebswissenschaft.....	58
Beispiel der von der ÖBB benutzten Simulation Software.....	58
c- Ermittlung des Wartegleisbedarfs an großen Knoten.....	59
<b>V- Potentiale und Entwicklung der verschiedenen Verkehrsverfahren ....</b>	<b>62</b>
<b>1) Die Verschiedenen Produkte des Schienengüterverkehrs.....</b>	<b>62</b>
<b>2) Ökologische Betrachtungen.....</b>	<b>64</b>
<b>3) Unbegleiteter Kombierter Verkehr: Problem des Umschlags.....</b>	<b>65</b>
a- Bestehende Umschlagsarten.....	66
b- Innovative Umschlagslösungen.....	68
IUT: Innovatives Umschlagterminal .....	68
ISU-System .....	71
CargoBeamer.....	72
Modalohr .....	74
Kleine Umschlaggeräte .....	74
<i>Kombilifter</i> .....	74
<i>ALS Automatic Loading System</i> .....	75
<i>Mobiler</i> .....	75
c- Einsatz der Telematik im Umschlag Schiene/Straße .....	76
<b>4) Anschlussbahnen .....</b>	<b>77</b>
<b>5) Verschub: Verbesserungsmöglichkeiten .....</b>	<b>79</b>
a- Automatische Zugkupplung .....	79
b- Automatisierung in Verschiebebahnhöfen .....	80
c- Aktuelle Produktionsverfahren und Alternative zum Verschubverfahren.....	80
<b>Schlussfolgerung .....</b>	<b>82</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>84</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>89</b>

## Abkürzungsverzeichnis

ACTS	Abrollcontainer-Transportsystem
AG	Aktiengesellschaft
ALS	<i>Automatic Loading System</i> (automatische Umschlagssystem)
ARTIS	Austrian Rail Transport Information System
ATC	Automatic Train Control
BMVIT	(Österreichisches) Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
CENELEC	<i>Comité Européen de Normalisation Electrotechnique</i> (Europäische Komitee für elektrotechnische Normung)
CER	<i>Communauté Européenne du Rail</i> (Gemeinschaft der Europäischen Bahnen).
COTIF	<i>COnvention relative aux Transports Internationaux Ferroviaires</i> (Konvention betreffend den internationalen Eisenbahntransport)
CIM	<i>Convention Internationale concernant le transport des Marchandises par chemin de fer</i> (Einheitliche Rechtsvorschriften für den Vertrag über die internationale Eisenbahnbeförderung von Gütern)
DB	Deutsche Bahn
d. h.	das heißt
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EFTA	Europäische Freihandelsassoziation
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ERA	<i>European Railway Agency</i> (Europäische Eisenbahnagentur)
ERTMS	<i>European Rail Traffic Management System</i> (Europäisches Eisenbahnverkehrsleitsystem)
ESTW	Elektronisches Stellwerk
ETA	<i>Estimated Time of Arrival</i> (geschätzte Ankunftszeit)
ETCS	<i>European Train Control System</i> (Europäisches Zugsicherungssystem)
ETI	<i>Estimated Time of Interchange</i> (geschätzte Umschlagszeit)
EU	Europäische Union
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
EWAS	Elektronisches Wagonalarmsystem
EWG	Europäische Wirtschaftliche Gemeinschaft
GemoG	Grenzerfassung und Monitoring von Gefahrsendung
GIS	Geografische Informationssysteme
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GSM(-R)	<i>Global System for Mobile Communication (for Rail)</i> Standard für die digitale Mobilfunkkommunikation (für die Eisenbahn)
GPS	<i>Global Positioning System</i> (satellitenbasiertes) Positionsbestimmungssystem
GV	Güterverkehr
IBE	Infrastrukturbenutzungsentgelt
ISU	Innovatives Sattelhänger Umschlag
IUT	Innovatives Umschlagsterminal
KVMS	Kombinierter Verkehr Monitoring Service
LKW	Lastkraftwagen



OSShD	Organisation für die Zusammenarbeit der Eisenbahnen in Osteuropa
PPP	<i>Public Private Partnership</i> : öffentliche/private Partnerschaft, (Finanzierungsart)
PV	Personenverkehr
RID	<i>Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses</i> (Regelung zur internationalen Beförderung gefährlicher Güter im Schienenverkehr)
RoLa	Rollende Landstraße
RUT-K	Rechnerunterstützte Konstruktion
SCG	Schienenkontrollgesellschaft
SCK	Schienenkontrollkommission
TAF	<i>Telematics Application for Freight</i> (Telematiksanwendungen für Güterverkehr)
TEN	Transeuropäisches Netz
TEN-Verkehr	Transeuropäisches Verkehrsnetz
TSI	Technisches Standard für die Interoperabilität
UIC	<i>Union Internationale des Chemins de fer</i> (Internationaler Eisenbahnverband)
Z-AK	Automatische Zugskupplung
z. B.	zum Beispiel

## **I- Rechtliche Rahmenbedingungen des Schienengüterverkehrs**

### **1) Auf der europäischen Ebene**

Die Debatte über die Verkehrspolitik der Europäischen Union (EU) ab Anfang der 90er Jahre bezüglich des Verkehrsträgers „Eisenbahn“ hat im wesentlichen zwei Ursachen, und zwar den dramatischen Rückgang des Schienengüterverkehrs zugunsten des Straßenverkehrs sowie die zunehmende Verschuldung der staatlichen Eisenbahnunternehmen. Nun aber fördert die EU die Bahn als ein umweltfreundliches, effizientes Transportmittel, das in der Lage ist, das Problem der Überlastung der Straßen zu lösen. Zu bemerken ist, dass Verkehrsaktivitäten für 29% des Ausstoßes von Treibhauseffektsgasen verantwortlich sind, wobei 24% von Straßenverkehr, 4% von Luftverkehr und 0,2% von Eisenbahnverkehr kommen [1].

#### **a- Das Weißbuch „Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft“ [2]**

Auf diese Probleme reagierte die Europäische Kommission mit verschiedenen Positionspapieren: Zuerst Grünbücher, die die Diskussion anregen und einen Konsultationsprozess einleiten sollen: „Auswirkungen des Verkehrs auf die Umwelt (1992), „Faire und effiziente Preise im Verkehr“ und „das Bürgernetz“ (1995). Die Kommission fördert darin die Eisenbahn als umweltfreundlichen und effizienten Verkehrsträger. Danach folgten zwei Weißbücher, d. h. Dokumente, die konkrete Vorschläge enthalten, um im Fall der Aufnahme des Buches im Rat ein Aktionsprogramm für die Europäische Union einzuleiten, und zwar „faire Preise für die Infrastrukturbenutzung“ und dieses im Jahre 2001 geschriebene Weißbuch, das man als Einführung der heutigen europäischen Rahmenbedingungen betrachten kann.

Bezüglich des Schienengüterverkehrs stellt dieses Buch fest, dass die Bahn in der letzten Zeit an Marktanteil verloren hat, während die Menge von beförderten Gütern stetig gestiegen ist: 1970 wurden europaweit 284 Tonnen-km mit der Bahn befördert (Marktanteil 21,1%), 1998 nur mehr 241 Tonnen-km, d. h. 8,4% des Güterverkehrmarkts).

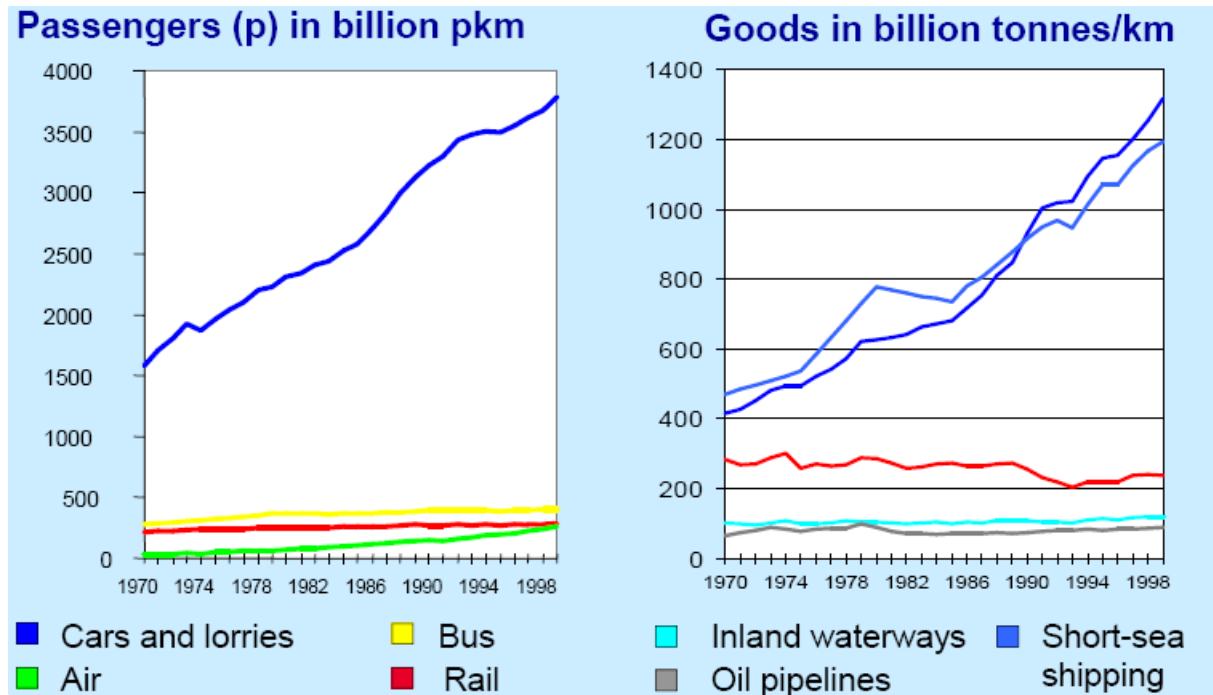


Abb.1: Verkehrsleistung 1970-2000 [1]

Die Europäische Kommission schlägt folglich eine Erhöhung des Marktanteiles von 8 auf 16% bis 2020 vor, sowie eine Verdreifachung der Produktivität des Eisenbahnpersonals, eine Steigerung der Energieeffizienz um 50%, die Verringerung der Schadstoffemissionen um 50% bei gleichzeitiger Steigerung der Kapazitäten der Infrastruktur entsprechend den verfolgten Verkehrszielen. Das Weißbuch unterstreicht den Mangel an Wettbewerbfähigkeit des Schienenverkehrs und nennt dafür ebenfalls verschiedene Ursachen: die fehlende Infrastruktur für modernen Verkehr, sowie die fehlende Interoperabilität zwischen Netzen und Systemen der verschiedenen Mitgliedsländer, die mangelnde Kostentransparenz, und zuletzt die unterschiedliche Produktivität und geringe Zuverlässigkeit der Dienste, die den Erwartungen der Kunden nicht immer entsprechen.

Gewünscht wird auch die Integration des Schienenverkehrs in den Binnenmarkt mit der Trennung des Betriebs der Eisenbahnlinien vom Bau und der Verwaltung der Netze in allen Mitgliedsländern. Ziel ist es, eine unabhängige und transparente Verwaltung zu schaffen, und die Wettbewerbfähigkeit der Eisenbahnunternehmen gegenüber den anderen Verkehrsträgern zu erhöhen und auch zu gewährleisten, und dass die Umstrukturierung möglichst geringe soziale Auswirkungen mit sich bringt. Die Herausforderungen für den Schienengüterverkehr sind:

- Kabotagemöglichkeit zu schaffen - d. h. Beförderung zwischen zwei Punkten innerhalb einer längeren Strecke durchzuführen,

## Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht

- die Leerfahrten zu begrenzen,
- hervorragende Sicherheitsbedingungen, die gegenüber dem Straßenverkehr einen wettbewerblichen Vorteil darstellen, und
- die Interoperabilität zwischen den nationalen Netzen und zwischen dem Hochgeschwindigkeits- und herkömmlichen Netz zu fördern.

Übrigens unterstreicht der Bericht die optimale Nutzung der Infrastruktur. Während das Autobahnnetz in den letzten Jahren durchschnittlich um 1200 km pro Jahr vergrößert wurde, wurde 600 km Eisenbahnstrecke europaweit stillgelegt, sodass Verzweigungen und Linien, die heute von Bedeutung sein könnten, eingestellt wurden. Die Nutzung der bestehenden Kapazitäten sollte optimiert werden, und leistungsfähige internationale Trassen für den Güterverkehr sollen entweder in bestimmten Tageszeiten oder auf bestimmten Infrastrukturen vorgehalten werden. In dieser Hinsicht werden neue Kapazitäten für Schienenverkehr durch den Aufbau des Hochgeschwindigkeitsnetzes zu Verfügung gestellt.

Ein anderes zu erreichendes Ziel ist es, Engpässe zu beseitigen. 1996 haben das Parlament und der Rat den Aufbau des transeuropäischen Verkehrsnetz (TEN-Verkehr) mit einem geplanten Hochgeschwindigkeitsnetz von 12600 km beschlossen, 2001 wurden knapp 20% der entscheidenden Strecke (2800 km) in Betrieb gesetzt. Multimodale Korridore mit Vorrang für den Güterverkehr sollen erschlossen werden. So ist es beispielsweise ein Problem, dass Container beim Transport auf der Eisenbahn nicht gestapelt werden können, sowie die maximale Länge der Züge auf 700 m begrenzt ist, sowie das meist bedeutende Personenzugaufkommen (Pendler) in Ballungsräumen. Unter Berücksichtigung all dieser Aspekte stellt das Verkehrsystemsmanagement eine besondere Herausforderung hinsichtlich der Zugsteuerung und der Zugsicherung dar. Zuletzt müssen die Terminals, die der Weiterleitung oder der Endzustellung von Waren sowie der Neuzusammenstellung von Zügen dienen, zur Erhöhung der Kapazitäten für Güterverkehr deutlich beitragen. Die Intermodalität soll durch gute Anbindung der Häfen ans Bahnnetz gewährleistet werden. Aufgelistet sind auch die geplanten Projekte, um die Engpässe zu erleichtern, unter anderem die Fertigstellung der Alpentunnel, die Durchlässigkeit der Pyrenäen, die Erreichbarkeit Osteuropas sowie die satellitengestützte Funknavigation (Galileo), die dem Verkehrsmanagement und zur Information der Benutzer dienen soll.

Der letzte für die Zukunft des Schienengüterverkehrs wichtige Vorschlag ist, die Kostenwahrheit für den Benutzer festzulegen: z.B. Stau oder Schadstoffemissionen können reduziert werden, indem sie in den Kosten berücksichtigt werden. Ziel ist es auch, die Chancengleichheit zwischen Verkehrsträgern und das Gleichgewicht zwischen Kosten und

Abgabelast zu erreichen. Die derzeitigen auferlegten Steuern sollen durch finanzielle Instrumente ersetzt werden, die die Infrastrukturkosten und externen Kosten berücksichtigen. Diese externen Kosten sind beispielsweise die Luftverschmutzung, die Gesundheitsbeeinträchtigung oder Schädigung von Kulturpflanzen verursachen können, der Klimaänderungsbeitrag, die Infrastrukturbelastung (zusätzliche Kosten in den Stoßzeiten), die Lärmbelastung sowie Unfälle.

### b- Die drei Eisenbahnpakete

Um für den Bahnsektor eine neue Dynamik zu bewirken, hatte die EU-Kommission vor, den Schienengüterverkehrsmarkt zu liberalisieren und die nationalen marktbeherrschenden Eisenbahnbetreiber umzustrukturieren. In dieser Hinsicht war die erste unternommene Reform die Richtlinie 91/440, die forderte, dass die Eisenbahnunternehmen von der Nachfrage des Markts gesteuert werden sollen, dass ihre Geschäftsführung unabhängig vom Staat sein soll, sowie dass eine getrennte Rechnungslegung zwischen Eisenbahninfrastruktur und Zugverkehr erfolgen soll. Seit 2001 läuft dieser Prozess gemäß den Eisenbahnpaketen ab.

#### Das erste Eisenbahnpaket

Als erste Reform wurde die Richtlinie 91/440 durch die Richtlinie 2001/12 abgeändert. Ziel ist es, einen Rahmen für den Wettbewerb zwischen den Eisenbahnunternehmen im grenzüberschreitenden Verkehr festzusetzen: erstens ab 2003 für das transeuropäische Schienengüternetz, d. h. 50 000 Streckenkilometer, über das 70 bis 80% des gesamten Schienengüterverkehrs befördert wird, und zweitens bis 2008 für das gesamte Schienennetz in allen Mitgliedsländern.

Diese Richtlinie fordert auch Transparenz und angemessene Zugangsbedingungen durch strukturelle Bestimmungen. Erstens soll der Infrastrukturbetreiber als eigenständiger Unternehmensbereich oder als eigenständige rechtliche Einheit verantwortlich sein. Der Zugang zur Infrastruktur durch Gewährung von Genehmigungen, Trassenzuweisungen und durch Wegentgelte und Verpflichtungen zur Bereitstellung von Leistungen für die Allgemeinheit werden als „wesentliche Funktionen“ betrachtet. Zuletzt soll die Rechnungsführung der Güter- und Personenverkehrsunternehmen deutlich getrennt werden, wodurch Quersubventionierung verboten werden. Die europäische Kommission soll die Entwicklung auf dem Eisenbahnmarkt überwachen [3].

Die Richtlinie 2001/13 ersetzt die Richtlinie 95/18 im Bezug auf die Bedingungen für Eisenbahnunternehmen, um Genehmigungen zur Durchführung von Schienengüterverkehr zu erhalten. Im Prinzip findet diese Richtlinie Anwendung bei jedem Eisenbahnunternehmen bis auf regionale oder auf Fahrwegen im Privateigentum durchgeführte Güterverkehrsdienste sowie Pendelverkehrsdienste zur Beförderung von LKW durch den Ärmelkanaltunnel. Die Stelle, die für die Erhaltung von Genehmigungen verantwortlich ist, soll rechtlich, organisatorisch und in ihren Entscheidungen von Eisenbahnunternehmen unabhängig sein.

Zuletzt behandelt die Richtlinie 2001/14 die Zuweisung von Fahrwegkapazitäten, die Erhebung von Entgelten und die Sicherheitsbescheinigung, und ersetzt vollständig die Richtlinie 95/19. Diese Verfahren sollen transparenter werden, und die „*Bezieher von Verkehrsleistungen*“ sollen unmittelbar an der Zuweisung von Fahrwegkapazitäten beteiligt werden. Die Zugangsentgelte sollen zumindest die unmittelbar zum Zugbetrieb verursachten Kosten abdecken, eventuell mit einer Erhöhung in den Stoßzeiten, um die Überlastung der Infrastruktur zu berücksichtigen. Der Infrastrukturbetreiber soll einen Plan zur Verbesserung der Kapazitäten vorbereiten. Die externen Kosten (örtliche Luftverschmutzung, Klimawechselbeitrag, Lärm und Unfälle) können in den Zugangsentgelten berücksichtigt werden. Für den Bedarf des grenzüberschreitenden Schienenverkehrs ist die erforderliche Zusammenarbeit zwischen Infrastrukturbetreibern gefordert [3].

### Das zweite Eisenbahnpaket

Trotz der Verbesserung des finanziellen Zustandes der Eisenbahnunternehmen und des Wachstums der Gesamtzahl der Verkehrseinheiten hat die Bahn einen Verlust am Marktanteil im Güterverkehr verzeichnet. Deswegen hat die Kommission 2002 ein zweites Paket zur Revitalisierung der Bahnen verabschiedet.

Die Richtlinie 2004/51 hat die Fristen der Richtlinie 2001/12 nach vorne gezogen, der grenzüberschreitende Güterverkehr soll ab 2006 liberalisiert werden, und der gesamte Güterverkehr ab Januar 2007.

Was die Sicherheit betrifft, definiert die Richtlinie 2004/49 ehrgeizige Zielsetzungen, um die Sicherheitsanforderungen zu harmonisieren und klarzustellen, was für die Interoperabilität und die Liberalisierung des Markts auf der europäischen Ebene erforderlich ist. Instrumente zur Verwirklichung dieser Maßnahmen sind die Meldung von nationalen Sicherheitsvorschriftenänderungen und gemeinsamen Sicherheitsindikatoren an die Kommission, die Sicherheitsbescheinigung für Fahrwegbetreiber, die Schulung des Personals (insbesondere bei Inbetriebnahme neuer Fahrzeuge), die Berichtspflicht und

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht

Zusammenarbeit der Sicherheitsbehörden. Die Eisenbahnunternehmen sind für die Sicherheit auf ihrem Teil des Eisenbahnsystems verantwortlich.

Es wurde eine europäische Agentur (European Railway Agency – ERA) gegründet, deren Ziel die Verbesserung der Interoperabilität und die Entwicklung eines gemeinsamen Konzeptes für die Sicherheit ist. Die geänderten Interoperabilitätsrichtlinien werden im nächsten Abschnitt im Detail erläutert.

Zuletzt wurden Empfehlungen für den Beitritt der Gemeinschaft zum Übereinkommen über den internationalen Eisenbahnverkehr (COTIF- *CO*nvention *Re*lative *aux* *T*ransports *I*nternationaux *F*errovieiros) von der Kommission geäußert. COTIF wurde 1980 verfasst, 1999 in Vilnius geändert. Es definiert die Bedingungen, unter denen der Verkehr von Personen, Gepäck und Güter durchgeführt werden sollen. Das COTIF bewilligt unter anderem den Eisenbahnverkehrsunternehmen eine freiwillige vertragliche Kooperation, d. h. sie haben keine Tarif- und Beförderungspflichten mehr. Außerdem führt es einheitliche Rechtsgrundlagen für den Beförderungsvertrag mit einem einheitlichen Frachtbrief als Beweisdokument ein, wodurch ein vereinfachtes Zollverfahren ermöglicht wird (siehe § I-1-g „Die Vereinfachung der Zollverfahren“). Zum Schutz der Kunden gibt es eine Haftungsgemeinschaft mehrerer beteiligter Eisenbahnverkehrs- und –infrastrukturunternehmen [3].

### Das Dritte Eisenbahnpaket

Das dritte rechtliche Eisenbahnpaket wurde von der Kommission vorgeschlagen, um die Ziele des Weißbuchs bis 2010 am besten zu erfüllen. Das dritte Maßnahmenpaket wurde nach der zweiten Lesung von der Kommission im Jänner 2007 verabschiedet. Die Reformen sind die Folge der vorigen Maßnahmen und vervollständigen diese. Die vorgesehenen Vorschläge sind eine genauere Richtlinie über die Zertifizierung von Triebfahrzeug- und Zugführern für Güter- und Personenverkehr, eine Verordnung über die Rechte und Pflichten der Fahrgäste im grenzüberschreitenden Eisenbahnverkehr, die Änderung der Richtlinie 91/440 mit der progressiven Liberalisierung des internationalen, dann nationalen Personenverkehrs und zuletzt eine Verordnung über Entschädigungen bei Nichterfüllung vertraglicher Qualitätsanforderungen im Schienengüterverkehr.

Die spezielle Qualifikation der Triebfahrzeugführer für grenzüberschreitenden Verkehr ist die menschliche Komponente der Interoperabilität. Mit einem geeigneten Ausbildungssystem soll der internationale Verkehr verbessert werden, insbesondere indem die

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht

Aufenthalte an der Grenze minimiert werden sollen. Die Kommission wird in Zukunft Triebfahrzeugführer im Personen- und Güterverkehr zertifizieren können.

Ziel der Reform über Qualität im Schienengüterverkehr ist es, den Kunden wieder Vertrauen in diesen Verkehrsträger zu geben. Der Mangel an Zuverlässigkeit (Pünktlichkeit, Flexibilität) ist noch ein Problem, deswegen muss der Dialog mit den Kunden über die Dienstqualität systematisch festgelegt werden. Mindestklauseln in den Transportverträgen sind vorgesehen, sowie Entschädigungen im Verspätungsfall oder bei Beschädigung der Güter [4].

c- Umsetzung in den verschiedenen Mitgliedsländern: der Liberalisierungsindex

Die neuen europäischen rechtlichen Bedingungen setzen eine neue Organisation der Eisenbahnunternehmen durch. Die Einführung von Entgelten, um Infrastruktur benutzen zu dürfen, ist nämlich nicht anwendbar in vollständig integrierten Eisenbahnunternehmen, deswegen muss der Infrastrukturbetrieb von der Infrastrukturbenutzung – für Personen- oder Güterverkehr - in gewissem Maße getrennt werden. Grundsätzlich können drei Stufen dabei unterschieden werden [5]:

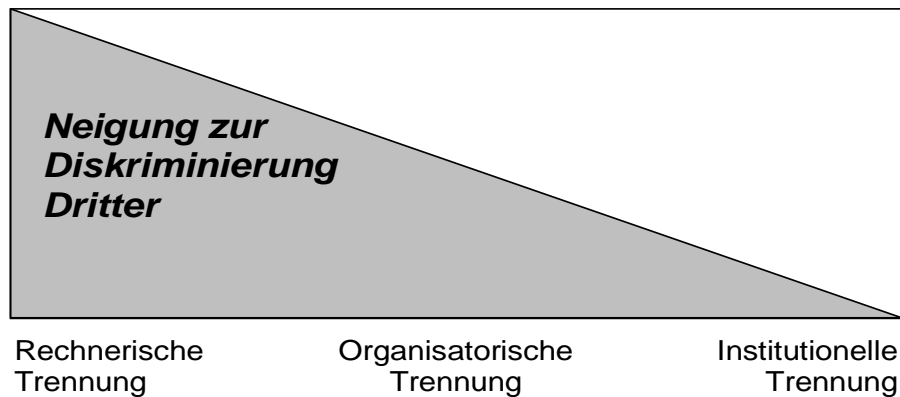
- Eine reine rechnerische Trennung, wobei nur die finanziellen Aspekte geändert werden, aber die Infrastrukturbenutzungsentgelte (IBE) werden innerhalb des integrierten Eisenbahnunternehmens bezahlt werden,

- Eine organisatorische Trennung: das Eisenbahnunternehmen wird in Gesellschaften geteilt, wobei zumindest eine Gesellschaft für die Infrastruktur verantwortlich ist (Eisenbahninfrastrukturunternehmen, kurz EIU), und eine für den Verkehr der Züge zuständig ist (Eisenbahnverkehrsunternehmen, kurz EVU). Das EVU zahlt für das Verkehren der Züge dem Infrastrukturbetreiber ein Entgelt. Das so gegründete nationale Verkehrsunternehmen ist theoretisch mit ausländischen oder privaten Verkehrsunternehmen in Wettbewerb. Solche Fragen wie etwa der Besitz der Wagen und Lokomotiven, der Terminals und der Bahnhöfe oder die Energieversorgung müssen geklärt werden,

- Eine institutionelle Trennung: die verschiedenen Einheiten, zumindest der Betrieb und der Verkehr, sind in unabhängige Unternehmen geteilt.

Es ist offensichtlich, dass die Diskriminierung für die Benutzung der Infrastruktur von den verschiedenen Verkehrsunternehmen von der Art der Trennung abhängt, dies kann schematisch so dargestellt werden:



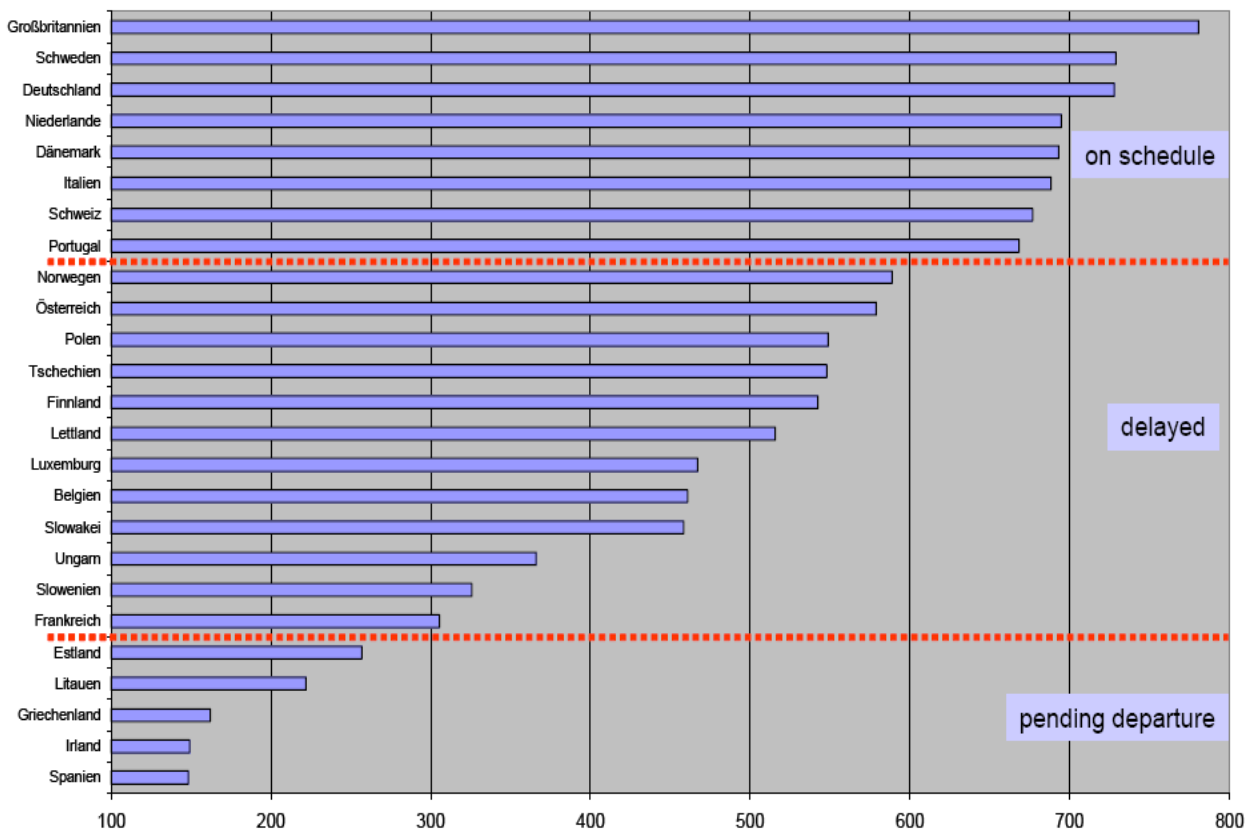


**Abb.2: Diskriminierungspotential je nach Organisationsart der Eisenbahnunternehmen [6]**

Je abhängiger der Infrastrukturbetreiber und die „nationalen“ Verkehrsunternehmen untereinander sind, desto größer ist das Diskriminierungspotential für den Netzzugang.

Die Liberalisierung des Eisenbahnverkehrsmarktes in Europa steht noch am Anfang, ist aber in den verschiedenen Mitgliedsländern (mit der Schweiz und Norwegen) sehr unterschiedlich ausgeprägt. Die Marktzugangsmöglichkeiten für neue Verkehrsunternehmen in das nationale Netz wurden mit dem von IBM Business Consulting Services entwickelten Liberalisierungsindex beschrieben.

Der Liberalisierungsindex untersucht die *„relativen Markteintrittsbarrieren aus der Perspektive der aktiven Dritten EVU bzw. von potentiellen neuen Marktteilnehmern“* [7], wobei ein Gewicht von 50% für den Güterverkehr und jeweils 25% für den Personenfernverkehr bzw. Personennahverkehr zugewiesen ist. Der Liberalisierungsindex teilt sich zu 30% in den Lex-Index, der die gesetzlichen Grundlagen für den Markteintritt prüft, und zu 70% in den Access-Index, der die praktische Marktzugangsmöglichkeit prüft. Solche Aspekte wie die informativen, die betrieblichen und die administrativen Hürden (Lizenz, Sicherheitszertifikat, Fahrzeugzulassung, Trassenbeantragung) sind ausgewogen berücksichtigt. Gleichzeitig wird die Marktkonzentration, der „modal Split“ sowie die Wachstumsdynamik des Schienenverkehrs mit dem Com-index ermittelt.

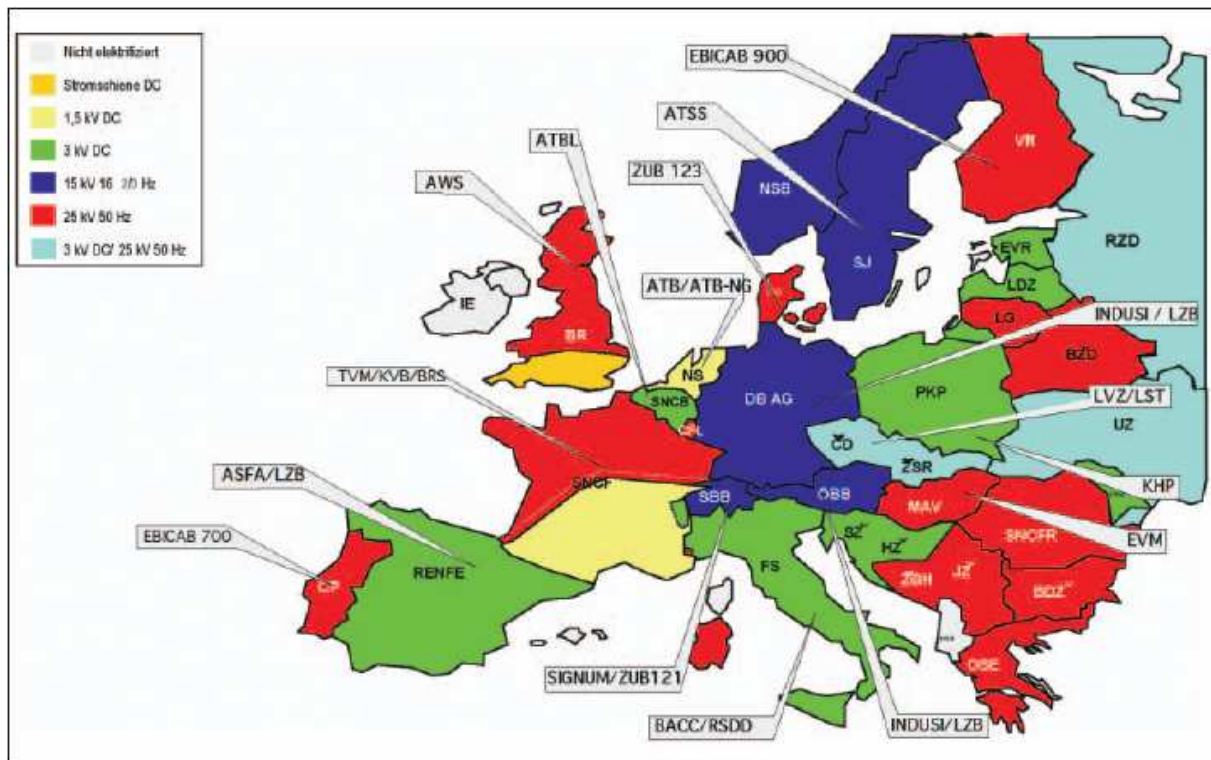


**Abb.3: Liberalisierungsindex Bahn 2004 der EU-Mitgliedsländer [7]**

Der Index erstreckt sich zwischen 100 und 1000, was eine absolute Marktöffnung widerspiegelt. Drei Gruppen können unterschieden werden: die Länder „on Schedule“ sind im Vergleich mit den europäischen Durchschnitt gut vorangekommen. Der zweiten Gruppe wurde „delayed“, d. h. verzögerte Marktöffnung konstatiert. Dies bedeutet, dass die Markteröffnung noch nicht erfüllt ist, aber bereits für neue EVU Lizenzen vergeben haben. In der letzten Gruppe „pending departure“ ist die Marktöffnung so gut wie nicht eingeführt.

#### d- Interoperabilität

Die Eisenbahn in Europa wurde historisch auf der nationalen Ebene gebaut und entwickelt. Deswegen existieren heute auf dem konventionellen Netz innerhalb der Union noch unterschiedliche Arten der Elektrifizierung, eine Vielfalt von Sicherungssystemen und sogar verschiedene Spurweiten in einigen Fällen (Spanien, Portugal, Finnland und Irland).



**Abb.4: Strom- und Sicherungssysteme in Europa**

Grundsätzlich besteht Interoperabilität in der Kompatibilität fünf verschiedener technischer Merkmale [5], und zwar:

- Spurweite,
- Bahnstromsysteme,
- Betriebsleit- und Sicherungssysteme,
- Lichtraum,
- Kompatibilität der Fahrzeuge.

Früher hat der grenzüberschreitende Güter- und Personenverkehr im Rahmen der Normen und Vorschriften des internationalen Eisenbahnverbands (UIC) stattgefunden, aber die Betriebsleitung hat immer an der Grenze gewechselt, wo meistens ein Wechsel von Lokomotiven und Fahrpersonal stattfand. Die nationalen Eisenbahnunternehmen sind kaum auf ausländischem Netz verkehrt. Ziel der Interoperabilität ist es, einen „einheitlichen Eisenbahnraum“ zu schaffen, indem die Standards und Zulassungsverfahren auf technischer und betrieblicher Ebene unionsweit harmonisiert werden. Dies ist verbindlich, um die Öffnung des Marktes zu erreichen. Verschiedene technische Standards für die Interoperabilität (TSI) müssen je nach Strecken angewandt werden; dieses Verfahren erfolgt nach einer Kosten-Nutzen Analyse, die die Lebensfähigkeit der TSI prüft.

Für das transeuropäische Hochgeschwindigkeitsbahnsystem wurde die Richtlinie 96/48 beschlossen. Alle Strecken, die für Hochgeschwindigkeitsverkehr gebaut wurden, sind betroffen, außer jenen, die vor dem Inkrafttreten der Richtlinie gebaut wurden. Je nach Strecken gibt es freiwillige und erforderliche TSI.

Später wurde eine Interoperabilitätsrichtlinie für das konventionelle transeuropäische Eisenbahnsystem (2001/16) eingeführt. Der Anwendungsbereich dieser Richtlinie ist unterschiedlich, und eine Liste von Strecken, Knoten und Fahrzeugkategorien, die spezifische TSI erfüllen sollen und die der 1996 festgelegten transeuropäischen Korridore (Transeuropäische Netz oder TEN) entsprechen, wurde definiert. Hinsichtlich der Größenordnung und des notwendigen Zeitraums, um die Anforderungen der Richtlinie zu verwirklichen, muss das System schrittweise gewechselt werden, deswegen besteht hier eine Reihe von Ausnahmen. Wenn die Spurweite oder das Elektrifizierungssystem nicht den Anforderungen der TSI entsprechen, ist bei Erneuerungen oder Ausbau bestehender konventioneller Strecken ein Mitgliedstaat nicht gezwungen, die Richtlinie anzuwenden.

Die Interoperabilitätsanforderungen wurden anlässlich des zweiten Eisenbahnpakets durch die Richtlinie 2004/50 wesentlich geändert und sollten bis Ende April 2006 in die nationalen Rechtsordnungen eingeführt werden. Ursache für die Änderungen sind die Erfahrungen bei der bisherigen Harmonisierungsarbeit, und die anderen Maßnahmen des zweiten Pakets, und zwar die Gründung der europäischen Eisenbahnagentur (ERA), dessen Arbeitsprogramm betreffend TSI bis 2009 vereinbart werden soll, sowie die Schaffung eines dem Wettbewerb offen stehenden Wettbewerbs. Der Anwendungsbereich wurde auf das gesamte konventionelle Netz erweitert, für das alle TSI beurteilt werden sollen. Ausgenommen wurden die Strecken von lokaler oder touristischer Bedeutung. Bestimmungen für die Zulassung von neuen Fahrzeugen wurden den Sicherheitsrichtlinien entsprechend erlassen [2].

### Technische Standards für Interoperabilität (TSI) im Detail

Die Einführung der TSI erfolgt in mehreren, zeitlich gestaffelten Arbeitspaketen. Die erste Stufe beinhaltet [8]:

- TSI „Telematik GV“, die im Jänner 2006 eingeführt wurde. Sie umfasst die Anwendung von Telekommunikation für den Güterverkehr, die mit den Regelungen zur besseren Koordination im grenzüberschreitenden Verkehr durch ein einziges Eisenbahnunternehmen und mit der Optimierung der Informationssysteme zu einer bedeutenden Qualitätsverbesserung beiträgt.

- TSI „Lärm“, die am 23. Juni 2006 in Kraft getreten ist. Bezüglich Güterwagen stellt sie Grenzwerte zu Stand- und Fahrgeräuschen sowie Innergeräusche von Diesel oder elektrisch betriebenen Lokomotiven, Triebzügen und Steuerwagen fest. Fortschritte in diesem Bereich sind zu erwarten, da die TSI vorsieht, dass die 10 bzw. 12 Jahre nach Inkrafttreten der TSI bestellten bzw. in Betrieb genommenen Fahrzeuge mit 5 dB bzw. 2 dB unterhalb des in jetzigem Standard definierten Grenzwertes fahren sollen.

- TSI „ZZS“ d. h. Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung wurde am 28. September 2006 umgesetzt. Diese TSI setzt die Einführung von einem Korridorkonzept für Achsen mit Transitverkehr voraus.

- TSI „Güterwagen“, die im Spätherbst 2006 unionsweit in Kraft getreten ist. Die technischen Festlegungen bauen sich auf den vorhandenen UIC-Merkblättern auf. Der Prüfumfang der TSI umfasst die Aspekte der Fahrzeugstruktur und der Fahrzeugmechanik.

Die zweite Gruppe, die im Laufe des Jahres 2007 in Kraft treten soll, umfasst die TSI „Sicherheit der Eisenbahntunnel“ sowie „Zugang Behinderter“. 2008/2009 werden allmählich weitere TSI umgesetzt werden, und zwar „Telematik PV“ (Telematikanwendungen für den Personenverkehr), „Instandhaltung unter Berücksichtigung der Sicherheit“, „Personenwagen“, „Triebfahrzeuge und Triebwagenzüge“, „Infrastruktur“ und „Energie“. Bis 2009 soll die TSI Triebfahrzeuge für konventionellen Verkehr verabschiedet werden. Die zwei letzten TSI bezüglich Infrastruktur und Energie soll erst in einem weiteren Schritt von der europäischen Eisenbahnagentur erarbeitet werden.

Die Bereiche der TSI umfassen die Infrastruktur (Gleise, Weichen, Brücken, Tunnel, Bahnhofinfrastruktur), Energie (Elektrifizierung...), Zugsteuerung, -sicherung und Signalgebung und Fahrzeuge.

e- Charta für Qualität im Güterverkehr

Die Charta wurde von CER (Gemeinschaft des europäischen Bahnen und Infrastrukturgesellschaften), UIC (Internationalem Eisenbahnverband) und CIT (Internationalem Eisenbahnkomitee) im Juli 2003 für alle Mitglieder der drei Verbände verabschiedet. Sie umfasst Verantwortung gegenüber den Kunden, die Sicherheit des Verkehrs, die Planung, Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit, die Information für die Kunden, das rollende Material, die Abrechnung und den Kundendienst [2].

f- Umweltgesetzgebung

Obwohl das Eisenbahnsystem grundsätzlich einen umweltfreundlichen Transportträger darstellt, müssen die lokalen Belastungen einen rechtlichen Rahmen haben, bezogen auf den Lärm und die Deselemissionen. Die Richtlinie 2004/35 übernimmt die Umwelthaftung auf Grundlage des „Verursacherprinzips“, die z. B. Anwendung in der Beförderung gefährlicher Güter auf der Schiene findet.

Die Richtlinie 2002/49 behandelt die Probleme des durch den Verkehr verursachten Lärms und gibt einen Rahmen, um die schädlichen Auswirkungen und Belästigungen durch Umgebungslärm zu verhindern, ihnen vorzubeugen oder sie zu vermindern. In Bezug auf den Eisenbahnbereich verpflichtet die Richtlinie zu Lärmkarten für Ballungsräume mit mehr als 250 000 Einwohnern oder für Eisenbahnstrecken mit mehr als 60 000 Zügen pro Jahr. Die Mitgliedstaaten sind frei, unterschiedliche Grenzwerte zu bestimmen.

Für das nicht elektrifizierte Netz in der Union besteht die Richtlinie 2004/26, die die Richtlinie 97/68 ändert, über Emissionen von nicht straßengebundenen mobilen Maschinen und Geräten. Ziel ist die Reduzierung der Partikel- und Stickoxid-Emissionen [2].

Da der Infrastrukturbetreiber die auf seinem Netz verkehrenden Fahrzeuge nicht besitzt, und andererseits diese Grenzwerte für Lärm- oder Schadstoffemissionen beachten muss, ist z. B. in Österreich eine Beeinflussung der Wegegeltel je nach diesen Eigenschaften der Fahrzeuge angedacht (siehe § I-2-d „Berücksichtigung der Umweltbedingungen für die IBE-Berechnung: das lärmabhängige IBE“).

g- Vereinfachung der Zollverfahren

Die Bemühungen der Europäischen Union, ein einheitliches und interoperables Netz zu gründen, indem sie technische Fortschritte und Standards einführen lässt, greifen nicht, wenn die Züge sehr lange Aufenthalte an den Grenzen machen müssen. Die durch technische Standards gewonnene Zeit beim Schienengüterverkehr darf nicht durch Zollverfahren verbraucht werden. Das Problem beim Schienenverkehr ist, dass das Zollamt im Gegensatz zum Straßenverkehr die Güterzüge nicht irgendwo auf der Strecke anhalten kann.

Mit dem Übereinkommen des ursprünglich 1999 in Vilnius veränderten COTIF durch die EU am 1. Juli 2006 werden die einheitlichen Rechtsvorschriften des CIM für die durchgehenden internationalen Eisenbahnbeförderung von Gütern geregelt. Der CIM definiert ein einheitliches Muster des Frachtbriefs, des Warenbegleitpapiers, auf dem wesentliche Informationen zum beförderten Gut wie der Absender, der Empfänger und gegebenenfalls die Zollbestimmungen ersichtlich sind. Ein solches Dokument besteht auch für den kombinierten Verkehr. Auf dem Frachtbrief CIM ist ein vertraglicher Beförderer zu definieren, der gegenüber dem Zollamt verantwortlich ist. Wenn der vertragliche Beförderer seinen Sitz in der EU oder in einer Vertragspartei des EWG-EFTA, die über gemeinsames Versandverfahren beantragt, hat (vgl. §58a des CIM-Frachtbrief), kann er das vereinfachte Eisenbahnversandverfahren in Anspruch nehmen. Wenn der vertragliche Beförderer außerhalb dieser Länder sein Sitz hat, kann er trotzdem die Durchführung dieses Verfahren im Namen und auf Rechnung des Beförderers, „*der die Waren als erster in einem Mitgliedstaat der Europäischen Union übernimmt*“, beantragen [9].

Bei diesem Zollverfahren wird der Frachtbrief CIM als Beförderungspapier und Versandanmeldung verwendet [10]. Kopien des Frachtbriefs werden dem Abfahrtszoll, dem Zwischenzoll und dem Lokführer abgegeben, sodass im Idealfall das Zollamt über die Informationen des Frachtbriefs vor der Abfahrt des Zugs verfügt. So entscheidet es im Nachhinein, ob der Zug kontrollwürdig ist oder nicht, und prüft gegebenenfalls, ob der Soll-Zug mit dem Ist-Zug übereinstimmt [11]. Allerdings sind bei Beförderung von Gefahrgütern (mit der RID im CIM geregelt) in einem UIC Merkblatt von April 2005 bestimmte Prüfungen durchzuführen.

In der Praxis bestehen in den österreichischen Grenzbahnhöfen (als Beispiel) drei Arten der Eingabe von Frachtbriefdaten [12]:

- Voranmeldung der Daten, keine Erfassung beim Zug: die Übermittlung der relevanten Daten erfolgt elektronisch (zur Zeit nur zwischen Rail Cargo Austria und Railion)

- Keine Voranmeldung der Daten, keine Erfassung beim Zug, die Voraussendung der Wagenliste erfolgt in Papierform. Dieses Verfahren ist noch zwischen Österreich und Tschechien, der Slowakei, Ungarn und Slowenien in Einsatz.

- Voranmeldung und Datenerfassung beim Zug, die Eingabe der Frachtbriefe erfolgt aber im Grenzbahnhof (in anderen Fällen).

Die händische Eingabe der relevanten Daten schafft Probleme, vor allem eine lange Dauer – für einen Zug mit 40 Frachtbriefen sind 3 Stunden notwendig – eine schlechte Datenqualität, da immer kürzere Zeitfenster für die verkürzten technischen Überprüfungen vorgesehen sind und eine nachherige Korrektur zeit- und personalaufwendig ist, sowie eine geringe Verfügbarkeit, da die Daten für Nutzer außerhalb des Bahnbetriebs (Empfänger, Einsatzorganisation) nicht verfügbar sind. Deswegen wurde z. B. ein Projekt zur elektronischen Datenerfassung inklusive aller Schnittstellen (GemoG) von der Rail Cargo Austria entwickelt (siehe auch § II-5-a: „Informationssystem für den grenzüberschreitenden Verkehr“).

Jedoch bleibt das Zollverfahren nicht die einzige Überprüfung an den Grenzbahnhöfen. Eine Untersuchung [11] an der österreichischen-ungarischen Grenze in Hegyeshalom hat gezeigt, dass man von einer gesamten Aufenthaltszeit von 145 Minuten neben Zollprüfungen (80 Minuten) noch 60 Minuten für technische Handlungen (Ausreihen von zurückgewiesenen Wagen, Bremsprobe) rechnen muss.



## 2) Auf der österreichischen Ebene

In dieser Arbeit wird Österreich als Beispiel herangezogen, um die Umsetzung der neuen europäischen rechtlichen Rahmenbedingungen zu erläutern.

### a- Organisation der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB)

Im Jahre 2003 wurde das Bundesbahnstrukturgesetz, das die Struktur der ÖBB reformiert, vom österreichischen Parlament beschlossen. Die Bahn befindet sich noch im Staatsbesitz und die Anteilsrechte werden vom österreichischen Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) verwaltet, jedoch ist die Trennung zwischen Fahrweg und Verkehr nicht mehr rein rechnerisch sondern auch organisatorisch vorhanden. Die neue Struktur ist 2005 in Kraft getreten.

Das nationale Bahnunternehmen besteht seitdem aus verschiedenen Aktiengesellschaften und Gesellschaften mit beschränkter Haftung unter dem Dach der „ÖBB Holding AG“, deren Aufgaben die Anteilsrechte an diesen Gesellschaften und ihre einheitliche strategische Ausrichtung sind. Zwei Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) wurden gegründet: die ÖBB Personenverkehr AG und die Rail Cargo Austria AG, die sich mit der Beförderung von Gütern beschäftigt. Diese beiden Aktiengesellschaften sind gemäß einer einvernehmlichen Beauftragung und Geschäftsführung für zwei Gesellschaften verantwortlich: die ÖBB Traktions- GmbH, die sich mit dem Ziehen von Zügen unter Sicherstellung der Betriebsicherheit des Rollmaterials und mit der Fahrzeuglogistik beschäftigt, und die ÖBB Technische Services GmbH, die alle technische Dienste der Fahrzeugkomponenten übernimmt. Die Verwaltung der Fahrwege, d. h. Trassenvergabe, Zulassung, die Hilfe beim Erlangen der nötigen Konzessionen, die Betreuung der Zugfahrten, die Betriebsführung und Instandhaltung des Schienennetzes sowie der Neu- und Umbau für künftige Kundenanforderungen, sind Aufgabe der ÖBB Infrastruktur Betrieb AG. Die ÖBB Infrastruktur Bau AG ist in der gebündelten Planung und im Projektmanagement sowie in dem Expertenwissen für Fragen der Finanzierung federführend [13]. Zwei Tochterfirmen sind unter ihrer Geschäftsführung, die Immobilienmanagement GmbH, die sich mit der Immobilienverwaltung der Güter der ÖBB beschäftigt, und die Brenner Eisenbahn GmbH, deren spezifische Aufgabe das Projekt des Deutschland und Italien verbindenden Brenner Basistunnels ist.

Weitere Töchter sind die Postbus GmbH vom ÖBB Personenverkehr, die den Verkehr von Bussen verwaltet und die Spedition Holding GmbH von Rail Cargo Austria, die die Logistikdienste anbietet, sowie die Dienstleistung GmbH der ÖBB Holding, die für Personal-, Rechnungswesen, Einkauf, Informatik sowie die Beschäftigung der Arbeitnehmer und die Pensionen verantwortlich ist.

Abbildung 5 zeigt ein vereinfachtes Organisationsschema der ÖBB:

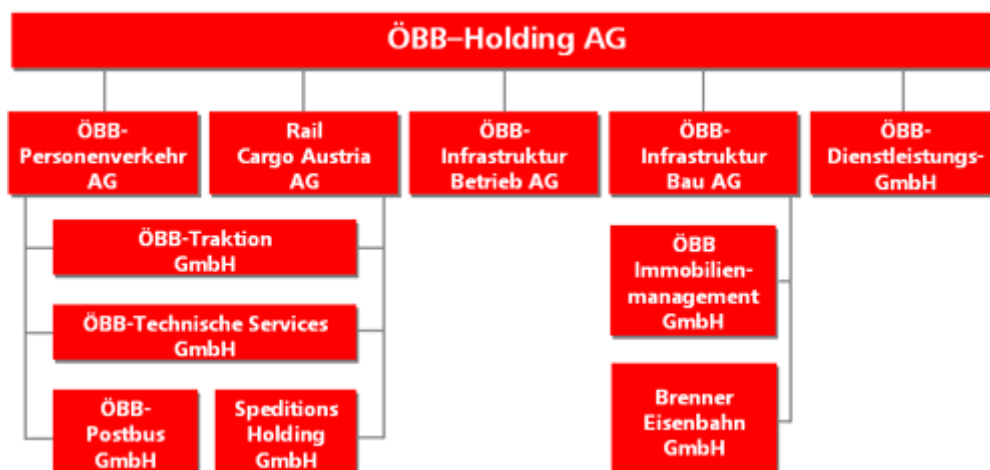


Abb.5: Organisationsschema der ÖBB [13]

#### b- Umbruch im Schienenverkehrsmarkt

Die Umstrukturierung der ÖBB entspricht so den von der EU eingeführten neuen Regeln. In diesem Abschnitt werden die im österreichischen Gesetz umgesetzten wichtigsten Rechtsakte, die einen echten Umbruch im Schienenverkehrsmarkt darstellen.

Bezüglich der Entflechtung vom staatlichen Einfluss regelt das BMVIT die Infrastrukturbenutzungsentgelte (IBE), die die EVUs dem Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) zahlen müssen, um die Eisenbahninfrastruktur benutzen zu dürfen, nach dem Grenzkostenprinzip mit diversen Zuschlagsmöglichkeiten – z. B. wenn ein modernes Zugssicherungssystem zur Verfügung gestellt wird. Jährlich werden Bestellverträge über gemeinwirtschaftliche Leistungen entschieden. Das IBE betrifft nur den Zugang der Schieneninfrastruktur samt Mindestzugangspaket des EIUs, und zwar die Schienen, Weichen und Abzweigungen, Zugsteuerung, Kommunikations- und Informationssysteme. Für andere Leistungen wie Services (Mitbenützung von Ausbildungseinrichtungen oder Personenbahnhöfen von EIU und EVU, Nutzung des Traktionsstromes...), oder für

Zusatzleistungen wie Vershubsbetrieb oder die Überwachung der Gefahrguttransporte werden andere Entgelte nach Prinzip eines angemessenen Kostenersatzes oder branchenüblicher Entgelte berechnet. Auf der nationalen Ebene wird die Marktaufsicht durch die Schienencontrolgesellschaft mbH (SCG) durchgeführt, und Beschwerden bezüglich des Netzzugangs sind bei der Schienencontrolkommission (SCK) einzubringen. Die EU-Kommission besitzt ebenfalls Aufsichtsinstrumente in den verschiedenen nationalen Eisenbahngesellschaften, und zwar zur Kontrolle gegen kartellartige Vereinbarungen und Fusionen sowie gegen Missbrauch marktbeherrschender Stellungen und gegen Wettbewerbsverfälschung durch unerlaubte staatliche Beihilfen.

Was das Eisenbahnbeförderungsrecht betrifft, ist für grenzüberschreitende Verkehre das neue COTIF zum Jahreswechsel 2004 in Kraft getreten und bezüglich inländischer Verkehre wird das Eisenbahnbeförderungsgesetz angewandt. Für die internationale Eisenbahnbeförderung gibt es keine Tarif- und Beförderungspflichten für die EVU mehr, und einheitliche Frachtbriefe vereinfachen das Zollverfahren [15].

### c- Zustand des Eisenbahnmarktes in Österreich

Laut des Berichts der IBM Consulting Services [7] hat Österreich einen verzögerten Liberalisierungsgrad und rangiert auf Platz 10 unter 25 nach dem Liberalisierungsindex. Aus gesetzlicher Sicht stellt die organisatorische Trennung einen Vorteil zugunsten der Liberalisierung dar, aber das Diskriminierungspotential existiert noch. Bezüglich des Netzzugangs gibt es ein einheitliches, einstufiges Trassenpreissystem und eine Anlaufstelle für den externen Zugang. Der „One Stop Shop“ Manager ermöglicht bei grenzüberschreitendem Verkehr, mit nur einem Ansprechpartner für einen bestimmten Korridor Kontakt zu haben. Dadurch sind die Verfahren für die Kunden bedeutend vereinfacht. Jedoch stellen die auf Gegenseitigkeit beruhende Konzessionierung und die sehr starken Sicherheitsbestimmungen Hauptbehörden für den Wettbewerb dar. Im österreichischen Netz besteht der Wettbewerb nur für den Güterverkehr mit 23 zugelassenen EVU vor allem für grenzüberschreitenden Verkehr; auf dem österreichischen Netz verkehren 70% der Güterzüge grenzüberschreitend, davon ist 40% Transitverkehr [16].

d- Berücksichtigung der Umweltbedingungen für die IBE-Berechnung: das lärmabhängige IBE

Wie im ersten Teil erwähnt, ist das Management vom Eisenbahnlärm wegen der Trennung der Eisenbahnunternehmen ein Problem. Der Infrastrukturbetreiber muss die Lärmgrenzwerte beachten, hat aber theoretisch keinen Einfluss auf die Fahrzeuge, die den verschiedenen EVUs angehören. Die EU hat zwar europäische Grenzwerte im TSI-Lärm definiert, diese betreffen aber nur die neu zugelassenen Fahrzeuge. In dieser Hinsicht scheinen nur passive Lösungen, wie die Errichtung von Lärmschutzwänden, möglich, wobei sich der Infrastrukturbetreiber und die öffentliche Hand aber nicht die EVUs beteiligen. Jedoch ist ein nachhaltiger aktiver Schutz wie die Konzeption leiserer Fahrzeuge viel effizienter. Die Haupteinflussfaktoren für den Lärm sind dabei die Geschwindigkeit und vor allem die Auswirkung der Rad- und Schienenrauigkeiten.

Deswegen ist eine Mitberücksichtigung des externen Kostenanteils „Lärm“ in der Berechnung des IBE von Bedeutung, um die Investitionen der EVU in Lärmreduktion zu steuern. Das Forschungsprojekt „Bahnlärmmonitoring und –management“ hat versucht, die Voraussetzungen für den Einsatz von Lärm-Bonus-System in Österreich zu definieren. Dieser Bonus würde je nach dem Vorbeifahrpegel bei 80 km/h berechnet, sodass die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Lärmemission nicht berücksichtigt ist: Eingriffe in den Betrieb soll nicht wegen dem IBE-Lärm entstehen. Der Bonus würde von den technischen Verbesserungen (Reise- oder Güterzug, Post- oder Pre-TSI Fahrzeug) abhängen [17]. Es gibt dabei drei Methoden zur Lärmklassifizierung [17]:

- eine nach konstruktiven Merkmalen (Bremsbauart), die grob, aber einfach anwendbar und rasch umsetzbar ist,
- eine nach Zulassungspegel des Schienenfahrzeuges, wodurch das Vorhandensein von Zulassungsklassen für alle Fahrzeuge vorausgesetzt wird, was europaweit nicht der Fall ist,
- oder nach der tatsächlich gemessenen Geräuschemission, die die zuverlässigste Lösung ist.

Ein Mess- und Analysesystem, das eine automatische fahrzeugselektive Geräusch-Überwachung und infrastrukturseitige Kontrolle der Zugdaten durchführt, wurde von der Firma psiA-consult und Wölfel Messsystem Software für die ÖBB entwickelt [18]. Dieses System könnte in einen Checkpoint eingegliedert werden, die schon eine feinere Berechnung

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht der IBE anhand der gemessenen Wagengewichte eines Zuges während der Fahrt ermöglichen würden. (siehe III-2: „Entwicklung von automatisierten Checkpoints“)

Das Problem Lärm ist schließlich eine wesentliche Hürde für die weitere Entwicklung des Güterverkehrs, vor allem nachts, obwohl es in dieser Zeitperiode ein großes Potential gibt. Als Beispiel für aktuelle Projekte leiser Fahrzeuge steht das Projekt Leichtes und Lärmarmes Güterwagen Drehgestell (LEILA-DG), das mit einem neuartigen Akustikdesign, Einsatz von elektronisch-pneumatischen Aluminium-Scheibenbremsen, lärmarmen Rädern und Gummifederelementen eine Lärmreduzierung von bis zu 18 dB ermöglichen würde [19].

## II- Anwendungen von Telematik im Schienengüterverkehr

Das Wort „Telematik“ ist eine Zusammensetzung von Telekommunikation, Automation und Informatik. Es bezeichnet die Techniken, für die Erfahrungen aus diesen drei Bereichen angewandt werden. Die Verkehrstelematik ist der Bereich, der im Besonderen den Einsatz der Telematik im Verkehrswesen bezeichnet.

Heute stellt der Einsatz von Telematik eine schöne Aussicht für den Verkehrsbereich dar und kann neben dem Ausbau der Infrastruktur als „*Ausbau von Verkehrswegen mit anderen Mitteln*“ [20] betrachtet werden. In diesem Kapitel wird die Zielsetzung und das Potential der Verkehrstelematik für den Schienengüterverkehr erklärt, sowie der Kontext seines Einsatzes auf der europäischen und österreichischen Ebene, bevor einige Anwendungen dargestellt werden.

### 1) Zielsetzung der Verkehrstelematik

Im österreichischen Rahmenplan für den Einsatz von Telematik im Verkehrssystem [20] wurden vier Leitsätze definiert:

- Zuerst soll sie einen Beitrag zu mehr Effizienz leisten, und zwar um Engpässe im Verkehrssystem zu entschärfen, die verschiedenen Verkehrsträger zu verknüpfen, um eine intermodale Mobilität zu schaffen, eine zuverlässigere Logistikkette - insbesondere anhand Informationssysteme - herzustellen, und Leer- oder Suchfahrten zu vermeiden.

- Zweitens wurde Sicherheit als Ziel definiert, die für den Schienengüterverkehr z.B. die bessere Überwachung von Gefahrgütern oder zuverlässige moderne Zugsicherungssysteme für die Überwachung der höchstzulässigen Geschwindigkeit bedeuten kann.

- Außerdem ist eine Steigerung der Qualität anzustreben, wobei u. a. der Zugang zum Verkehrssystem durch die Benutzung zuverlässiger Informationssysteme in Echtzeit vereinfacht werden soll. Die Verringerung des Energieeinsatzes oder die Technologieführerschaft des nationalen Markts werden dabei auch angestrebt.

- Zuletzt ist natürlich die Nutzbarkeit und Kundenfreundlichkeit dieser automatischen Systeme, d. h. die Benutzung von verkehrsrelevanten Daten gegebenenfalls mit dem Austausch von Daten mittels verschiedener Systeme, als Dienststeigerung für Kunden anzustreben.

Die Zielsetzung der Verkehrstelematik kann sich jedoch nach Nutzern und Akteuren der Verkehrssysteme unterscheiden [21]. Von der Seite der Wirtschaftsakteure wird die Transparenz bei den Prozessen insbesondere durch Betriebsdatenerfassung, sowie die Reduktion der Prozess- und Logistikkosten und eine effizientere Steuerung des Warenverkehrs gefordert. Innovation und Verfügbarkeit sind wichtige Schlagwörter, dabei sollen neue Systeme, Produkte und Dienstleistungen für den Kunden vorgeschlagen werden. Die Verkehrsteilnehmer, d. h. im Schienengüterverkehr die EVU, wollen zuverlässige Verkehrsinformationen und eine exakte Mobilitätsplanung. Für den Gesetzgeber sind vor allem die Einhaltung der Gesetze und der Finanzierung der Infrastruktur im Rahmen von „Public Private Partnership“ (PPP) Modellen wichtig. Die Interesse der Akteure der Verkehrspolitik sind eine bessere Sicherheit, die effiziente Ausnutzung der Infrastruktur, eine aufkommensorientierte Verteilung der Infrastrukturkosten sowie die Verlagerung des Straßenverkehrs auf die Schiene, wenn sie möglich ist.

Die Telematikeinsätze sollen demzufolge einer Vielzahl von Zielen und Anforderungen entsprechen. Der ÖBB Konzern hat 2005 eine klare strategische Position zur Ausrichtung der Telematikanwendungen beschlossen und will eine wichtige Rolle als Telematikentwickler und –Anwender durch eine enge Kooperation mit wissenschaftlichen Institutionen und der Industrie sowie das Ausnützen nationaler und internationaler Fördermöglichkeiten spielen. Die Projekte sind nach Sicherheit, Kundenservices, Barrierefreiheit und Umwelt orientiert. Für jedes Tochterunternehmen der ÖBB wurde eine strategische Ausrichtung für den Einsatz der Telematik definiert; im Besonderen ist die ÖBB Infrastruktur Betrieb AG nach 3 Leitsätzen orientiert [21]:

- Sicherheit und Betriebsteuerung: Aspekte wie die Fahrstraßenbildung, die Zugvollständigkeitskontrolle, die Zugbildung und –zerlegung, die Zugfolgesicherheit, die Bahnübergangssicherung und Stellwerke sollen durch die Telematik verbessert werden,
- die Anlagenverortung, und zwar die Entwicklung von GIS (geographischen Informationssystemen) für die Anwendung im Schienengüterverkehr sowie die Ortungstechniken im Fahrbetrieb, die Erfassungstechnologien, Vermessungssysteme und Zustandüberwachung, um die Güterzüge und –wagen zu überprüfen,
- die Interoperabilität: sowohl um die Konflikte des Verkehrs zu managen als auch den grenzüberschreitenden Verkehr zu vereinfachen.

Wichtig ist es, die verschiedenen Projekte zwischen den Gesellschaften der ÖBB, den Verkehrsträgern und den verschiedenen Akteuren zu koordinieren. Wesentliche Defizite bei der Einführung von Telematikanwendungen sind nämlich das Fehlen an Standardisierung

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht und Intermodalität, das zur Inkompatibilität der Systeme führen kann, die mangelnde Kooperationsbereitschaft zwischen Wirtschaft und Politik und das fehlende Zusammenspiel zwischen Verkehrspolitik und Verkehrsplanung. Deswegen sollen auf den verschiedenen Ebenen Schnittstellen für die Koordination von Projekten gegründet werden [21].

Ein anderes Hemmnis für die Einführung der Telematik ist falsche Finanzpolitik, während die Telematiksysteme wettbewerbfähige Nutzen ermöglichen und rasch rentabilisiert werden können ; die Logistik, Sicherheit betreffenden Potentiale werden manchmal falsch analysiert oder die Kosten falsch verteilt [22].

## 2) Potential

Laut dem österreichischen Rahmenplan [20] würde die Anwendung der Telematik die mittlere Auslastung im Schienengüterverkehr von 3 bis zu 4% erhöhen, und auf stark befahrenen Hauptstrecken der Eisenbahn würde diese Erhöhung bis 2010 bis zu 20% betragen. Bezüglich des intermodalen Verkehrs Straße/Schiene wäre das Erhöhungspotential der Güterverkehrsleistungen durch eine bessere informationstechnische Verknüpfung der Verkehre bis zu 18%. Im Vergleich beträgt das Erhöhungspotential des gesamten Straßengüterverkehrs bis 2010 bis zu 4%, und die Streckenkapazität auf Autobahnen mit neuen Linienbeeinflussungsanlagen könnte nur um bis zu 10% erhöht werden. Die Binnenschifffahrt hat ein Entwicklungspotential von 10 bis 13% durch die bessere Verknüpfung der Verkehre. Die Bahn und der kombinierte Verkehr haben für die Zukunft gute Aussichten im Bereich des Güterverkehrs, und könnten zu der Entwicklung des Güterverkehrs bedeutend beitragen, der z. B. in Deutschland von 2000 bis 2010 eine Erhöhung von 26% erfahren soll. Trotzdem kommt das größte Erhöhungspotential von der Luftfahrt, die durch die internationale Flexibilisierung der Lufträume eine Verbesserung von 30% der heutigen Verkehrsleistungen anstreben könnte.



### 3) Rechtliche Rahmenbedingung: das TSI TAF

Die Europäische Kommission hat im Jänner 2006 das TSI „Telematics Application for Freight“ (TAF) verabschiedet. Ziel dieser Reform, die für jedes Mitgliedsland verpflichtend ist, ist eine Verbesserung und eine neue Attraktivität für den Güterverkehr zu schaffen, unter anderem durch [24]:

- bessere Dienstqualität,
- bessere Leistungsfähigkeit,
- bessere Ausnutzung der Waggons,
- genauere Vorhersage der Ankunftszeiten,
- die Eröffnung des Marktes durch einen interoperablen Datenaustausch zwischen EVU und dem Infrastrukturbetrieb
- mehr Informationen den Kunden zur Verfügung zu stellen,
- die Verbesserung des Unternehmensimages.

Die TSI TAF definiert den erforderlichen Datenaustausch zwischen den Akteuren. Um diesen zu vereinfachen und zu beschleunigen, muss Telematik im ganzen Güterzugverkehrsprozess umgesetzt werden, und zwar bei [24]:

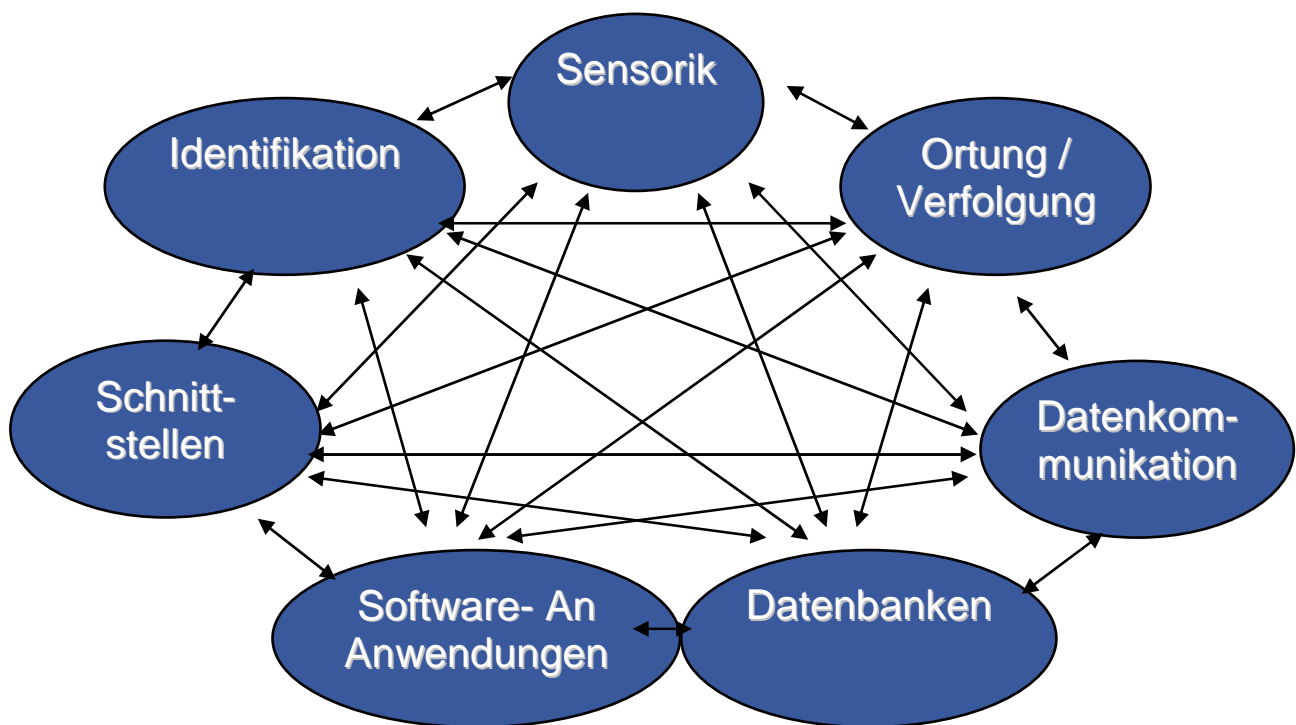
- Frachtbriefdaten,
- Trassenvergabe,
- Zugvorbereitung,
- Zuglaufvorhersage,
- Dienststörungsinformationen,
- Zugsortung,
- ETI (Estimated Time of Interchange) und ETA (Estimated Time of Arrival),
- Waggonsbewegungen,
- Auswechselbericht,
- Referenzdaten über die Infrastrukturbeschränkungen und das rollende Material,
- andere Referenzdaten (Notfalldienst, Spezifikationen für Gefahrgüter...).

Die Telematik soll dann möglichst transparente Beförderungsbedingungen gewährleisten, und einen europaweiten Datenaustausch ermöglichen. Diese Standards werden je nach den oben genannten Funktionen erst bis 2014 völlig im Einsatz stehen können. Zwischen Deutschland, Österreich und der Schweiz, für die keine physische Kontrollen mehr

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht erforderlich sind, und in eingeschränkter Form für die anderen Nachbarländer Österreichs ist bereits der Standard „Hermes“ als Schnittstelle für die Datenübermittlung in Einsatz [25].

#### 4) Komponenten der Telematiksysteme

Laut [23] dienen die Telematikanwendungen *„der Erfassung, der Übermittlung, der Verarbeitung und der Nutzung von verkehrsbezogenen Daten mit dem Ziel der Organisation, der Information und Lenkung des Verkehrs“*. Der Benutzer kann dabei entweder der Betreiber oder der Nutzer von Verkehrsmitteln oder –Infrastruktur sein. Die Telematiksysteme bestehen in allen Fällen aus gemeinsamen Komponenten, die miteinander verbunden sind [21]:



**Abb.6: Vernetzung der Komponenten in Telematiksysteme [21]**

- Die Identifikation erfolgt durch Systeme zur automatischen Erkennung, die optisch, induktiv, mit Mikrowellen oder Infrarotstrahlen, durch Chip- oder Magnetkarten funktionieren kann.

- Die Sensorik erfasst nützliche Zustandsdaten, wie etwa die Bewegung, den Druck, die Position, die Temperatur und die Anwesenheit von Gasen.

- Die Ortung, d. h. die Positionserfassung und Verfolgung der Positionsänderung von Gütern erfolgen entweder durch satellitengestützte Systeme (das

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht (amerikanische GPS oder das zukünftige europäische System Galileo) oder landgestützte Systeme (Funk, Baken oder GSM).

- Die Datenkommunikation benötigt ein System zum automatischen Datenaustausch.

- Diese Daten werden dann in Datenbanken zusammengestellt, die vielfältige Zwecke erfüllen können (Netz- oder Verkehrsinformationen, Gesetze, Fahrpläne...).

- Die Daten können durch Anwendung von Software automatisch bearbeitet werden.

- Die Schnittstellen für den automatisierten Datenaustausch müssen auf mehreren Ebene definiert werden: elektrisches System, Protokoll (TCP/IP...) und Anwendungsstandards (z. B. EDIFACT - United Nations Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport).

Das Datenmanagement ist übrigens eine Kernherausforderung bei Telematikanwendungen, weil die verschiedenen Akteure unterschiedliche Daten brauchen, und der Betreiber von diesen Anwendungen beachten muss, an wen diese Daten versandt werden. Dabei können Benutzungskonflikte zwischen öffentlichen Aufgaben, die z. B. das Ministerium oder die Zolldienste brauchen, und privatwirtschaftlichen Informationen, die nicht veröffentlicht sind, auftreten.

## 5) Beispiel von Telematikanwendungen im Schienengüterverkehr

### a- Informationssystem für den grenzüberschreitenden Verkehr

Telematiksysteme können auch dazu beitragen, die sichere Grenzüberschreitung von Gütern zu vereinfachen und dadurch die Zollverfahren zu beschleunigen.

Zum Beispiel ist das Ziel des Projekts GemoG (Grenzerfassung und Monitoring von Gefahrgutsendung im Schienengüterverkehr) von Rail Cargo Austria, eine online verfügbare Datenbank zu erstellen. An österreichischen Grenzbahnhöfen zu Tschechien, Ungarn und Italien soll eine Datenerfassungsstation installiert werden, durch die die Informationen der Frachtbriefe (unter anderem Ankunfts- und Abfahrtsorte, die Art der Güter und der Grad der Gefahr...) durch einen Scanner erfasst und in eine Datenbank auf einen zentralen Server gesandt werden. Die Sendung ist dann durch eine Tracing und Tracking Funktion lokalisiert.

Dadurch ist die Reaktionsfähigkeit für Transportunternehmen bei außergewöhnlichen Ereignissen deutlich verbessert [12]. Die verbesserte Datenqualität ermöglicht ein effektives Ressourcenmanagement beim Umschlag oder im LKW-Nachlauf.

### b- Logistische Lösungen

Logistische Dienstleistungen im Schienengüterverkehr betreffen vor allem die Relationen zwischen den EVUs und deren Kunden, und sind nicht die unmittelbare Aufgabe des Infrastrukturbetriebs. Jedoch trägt die Dienstqualität erheblich zur Attraktivität dieses Verkehrsträgers bei. Erforderlich ist nicht nur eine physische Transportleistung, sondern eine qualitätsgerechte Leistungserbringung (Einhaltung von Terminaufgaben, Vermeidung von Transportschäden...), sowie flexible Reaktionen auf Veränderungen und Entwicklungen kundenspezifischer Leistungsangebote unter Einbeziehung der Logistikdienstleister in der Wertschöpfungskette [26]. Dazu können Telematiksysteme insbesondere mit Informationssystemen zur Sendungsverfolgung beitragen.

Um den Kunden einen echten Mehrwert anzubieten, ist die reine Verortungsfunktion von Zügen nicht ausreichend. Die weiteren Stufen bei den von Telematikssystemen erfüllten Funktionen sind die Steuerung und Sendungsverfolgung in Echtzeit („Monitoring, Tracking und Tracing“), um damit ein aktives Flottenmanagement zu betreiben. Dies bedeutet einen ständigen und transparenten Informationsaustausch zwischen den EIU und EVU und vornehmlich zwischen den EVU und den Transportkunden, wie im TSI TAF definiert. Die technischen Lösungen sind automatische Informationssystemen und fortgeschrittene web-basierte Lösungen mit aktiven ETA („Estimated Time of Arrival“, abgeschätzte Ankunftszeit) [27].

Die Deutsche Bahn hat z. B. das System eLogistics entwickelt. Ziel dabei ist es, eine Datenschnittstelle zwischen dem Absender, dem Empfänger, dem Transportdienstleister und dem Kunden zu schaffen. Die Güterwagen und das Triebfahrzeug sind mit einem autarken Telematiksystem ausgerüstet, das aus einem Datenkommunikationssystem, einem Bordcomputer für das Datenmanagement und einem Sensoriksystem besteht. Die Systeme im Einsatz sind iBIS (intelligentes Betriebs- und Informationssystem), das die Erhebung von Positionsdaten (Koordinaten, Zeit, Geschwindigkeit, Höhe und Richtung mittels GPS), die kumulierte Laufleistung, die Stand- und Laufzeit, die Betriebsdaten (Spannung, Kapazität, Temperatur) sowie analoge oder digitale Messwerte nach Bedarf ermöglicht und eine

Alarmfunktion enthält, oder mBIS (mobiles Betriebs- und Informationssystem), das zusätzlich Auftragsdaten enthält. Bezüglich der Ortung mit GPS ist die Erhebung der Bewegungsrichtung wichtig, weil mit einer Genauigkeit von ca. 10 Metern die Unterscheidung zweier Gleise nicht möglich ist.

### Kombi-Verkehrs Monitoring Service (KVMS)

Die Überwachung der Ladung im kombinierten Verkehr ist vor allem bei Gefahrgütern eine große Herausforderung, und dabei müssen verkehrsträgerübergreifende Lösungen gefunden werden. Beim Straßenverkehr sind LKW-Flottmanagement und Überwachungssystem mit CAN (Controller Area Network) und Bus-Schnittstellen im Einsatz. Beim Schiffsverkehr werden Reise-, Positions- und Ladungsdaten mit einem Bordcomputer verwaltet und zwischen Schiff- und Reedereizentralen verschickt. Beim Schienenverkehr ist die Telematik-Fernüberwachung schon im Einsatz, in Erprobung befinden sich jedoch noch Lösungen zur Früherkennung von undichten Stellen oder Funkbussysteme zur Brems- und Traktionsüberwachung [28].

Ziel des Projekts KVMS ist die Entwicklung eines Sensors unter Einsatz von Schlüssel- und Querschnittstechnologie sowie von innovativen Mess-, Analyse- und Bewertungsmethoden für den kombinierten Verkehr. Der Sensor oder die Multi-Sensor-Telematik-Unit (MTU), die von kleinem Ausmaß ist – mit der 1 Euro Münze vergleichbar – soll in jedem Container aufgestellt werden und verschiedene Daten erheben, wie die Position und den Vergleich digitaler Fahrpläne mit der gefahrenen Zeit, die Containernummer, aber auch ob die Containertür geöffnet ist. Daten, die für spezielle oder Gefahrgüter von besonderer Relevanz sind, können auch bemessen werden, wie die Beschleunigung, die Temperatur, die Feuchte, die Helligkeit, die Quer- und Längsneigung, die Bewegungsrichtung oder eventuelle Alarmmeldungen. Durch Einsatz von satellitengestützten Geosystemen (GPS) kann die Ladeinheit geortet werden und durch ein landgestütztes System (GSM) können die Daten den Benutzern durch ein gestütztes Netz übermittelt werden. Die Messwerte können dann mit anderen Daten wie z. B. der Schienennetzkarte oder geographische Daten verbunden werden.

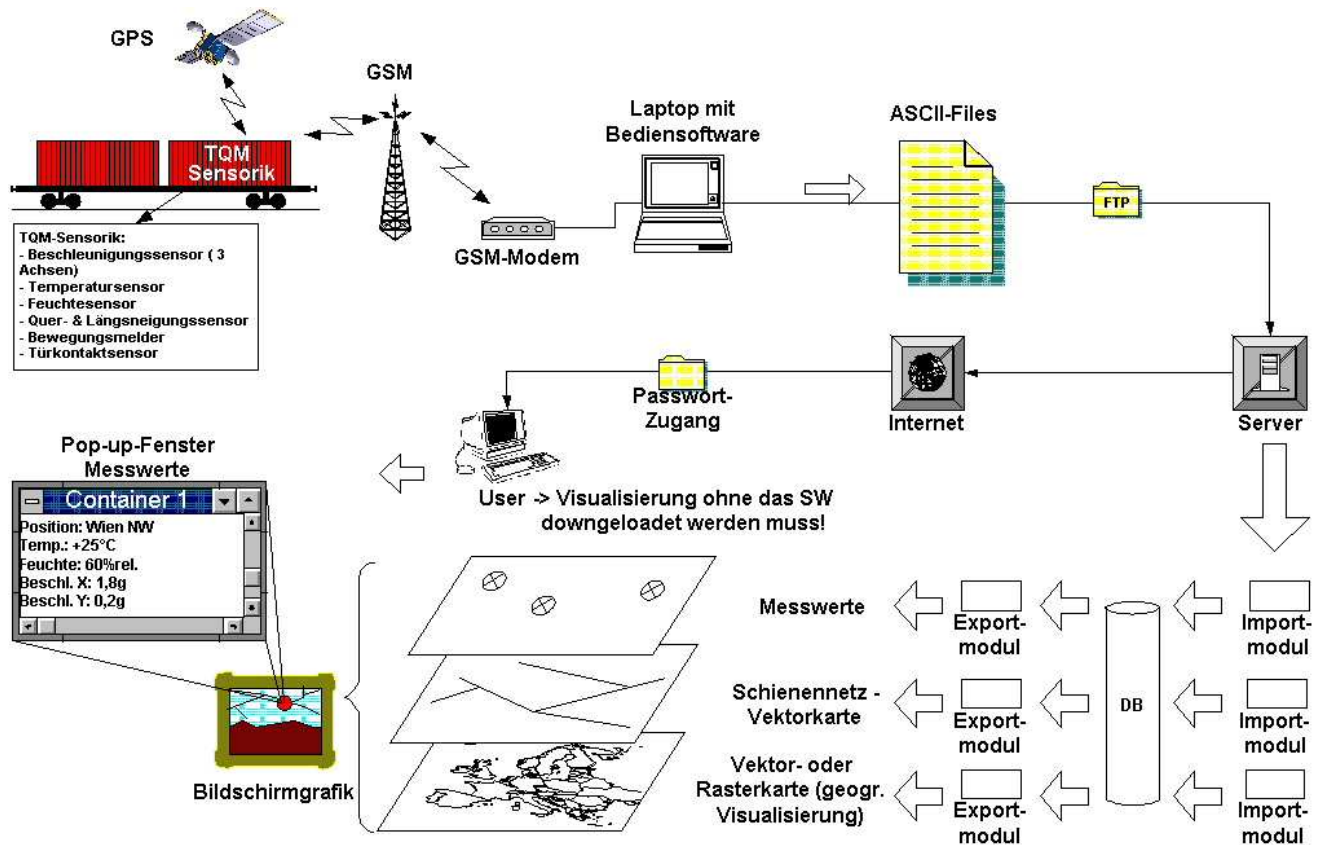


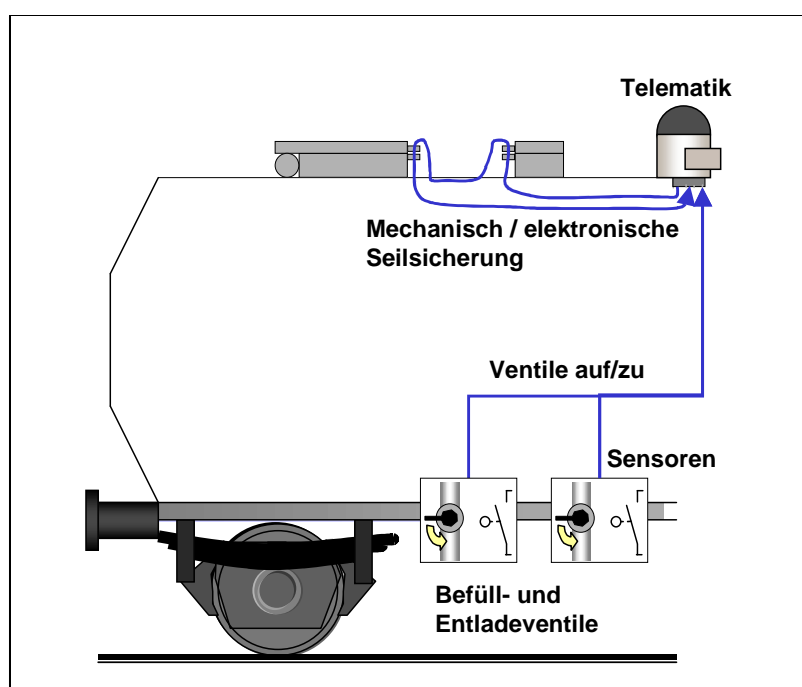
Abb.7: Systemkonzept der KVMS [29]

Die Energieversorgung für einen solchen Multisensor bleibt jedoch eine Herausforderung, denn je mehr Daten erhoben werden sind, desto mehr Energie braucht der Sensor [25]. Aktuell sind Systeme meistens eher mit Batterie versorgt. Die mit Sonnenenergie versorgten Systeme leiden unter einem Imageverlust, weil diese am Ende der 90er Jahre viele Probleme durch Pannen hatten [22].

Durch die Vielfältigkeit der ermittelten Daten gibt es unterschiedliche Nutznießer dieses Systems: der Kunde kann seine Güter verfolgen und die Beförderungsbedingungen in Echtzeit kennen, das EVU kann im Notfall früher Maßnahmen treffen und die Störungen dem Kunden erklären. Von der Seite des Infrastrukturbetreibers her können Unfälle mit Gefahrgütern vermieden werden. Jeder Container ist damit ausgerüstet, und das ermöglicht die Verfolgungen und Überwachung jeder Einheit auch während des eventuellen Straßen- oder Schiffverkehrs.

### Elektronisches Wagonalarmssystem (EWAS)

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt EWAS, das seit 2004 von Rail Cargo Austria durchgeführt wird, ist ein elektronisches Alarmsystem für eine kontinuierliche Überwachung von Gütern mit hohem Gefahrenpotential, Warenwert oder hohem Steuer- oder Zollwert. Jeder Waggon wird mit einem Sensorsystem ausgerüstet, welches die Öffnung einer Tür erkennen kann. Dieses System wird durch die Verbindung mit einem GPS und GSM System bei Alarmierung in Echtzeit geortet und identifiziert.



**Abb.8: Prinzipschema des elektronischen Alarmsystems (EWAS) [30]**

### **III- Automation der Zugsteuerung, -sicherung und Signalgebung**

In diesem Teil wird der Einsatz von modernen Techniken, insbesondere der Telematik, für die Automation der Zugsteuerung, der Sicherungssysteme und infrastrukturseitiger sowie fahrzeugseitiger Signale anhand einiger Beispiele präsentiert.

#### **1) Das Europäische Eisenbahnverkehrsleitsystem (ERMETS)**

Wie im ersten Teil erwähnt, muss das System Bahn interoperabel sein, um die Marktliberalisierung und eine faire Wettbewerbsfähigkeit zwischen den Verkehrsträgern zu ermöglichen. Während LKWs seit mehreren Jahren die Binnengrenzen der Union überqueren, ohne behindert zu werden, ist es selten, dass ein Zug ohne Lokwechsel auf einer grenzüberschreitenden Strecke verkehren kann. Zusätzlich zu den unterschiedlichen Spurbreiten, die Portugal und Spanien, Finnland und die baltischen Staaten betreffen, stellen die verschiedenen nationalen Stromversorgungen, unterschiedliche maximale Neigungen, höchstzulässige Gewichte je Achse, und die zwanzig meistens nationalen verschiedenen Signalgebungs- und Geschwindigkeitsüberwachungssysteme ein bedeutendes Hindernis dar, das bei internationalem Verkehr erhebliche Mehrkosten verursacht [31]. Zum Beispiel muss der zwischen Paris, Brüssel und Köln oder Amsterdam verkehrende Hochgeschwindigkeitszug Thalys mit nicht weniger als 7 solchen Systemen ausgerüstet werden, was nicht nur eine Ursache von ca. 60% Mehrkosten darstellt, sondern auch die Arbeit der Lokführer erschwert, die Fehleranfälligkeit erhöht und Platz für 7 Bildschirme im Führerstand erfordert [32].

Deswegen wurde ein harmonisiertes System innerhalb der Union, ERTMS (European Rail Traffic Management System), dank der Forschungsprogramme der Gemeinschaft seit Anfang der 1990er Jahre entwickelt. Danach wurde das Projekt mit den Haushaltsmitteln für die transeuropäischen Netze gefördert. Rechtlich bildet die Richtlinie 96/48/EG einen Rahmen und verpflichtet seit November 2002, auf allen neuen Hochgeschwindigkeitsstrecken des TEN ERTMS zu installieren und bei der Erneuerung von Signalsystemen auf das ERTMS umzustellen [32].

Das ERTMS besteht aus zwei Basiskomponenten, und zwar GSM-R und ETCS.



a- Die Einführung von GSM-R für den Schienenverkehr

Das GSM „Global System for Mobile Communication“ ist ein Standard für voll-digitale Mobilfunknetze, der seit Anfang der 90er für Mobiltelefone verbreitet wurde. Die Umsetzung von GSM-Rail im Schienenverkehr nutzt spezielle Frequenzen (Bandbreite 900 MHz). Es dient dem Informationsaustausch (Sprache und Daten) zwischen Strecke und Fahrzeug.

Das GSM-R beruht auf den Standards des öffentlichen GSM, deswegen sind die alten nationalen Systeme hinsichtlich Kosten-Nutzen Verhältnisses und Qualität weit unterlegen. Die Einführung von GSM-R fand dann ziemlich rasch statt. Bereits 2005 wurden mehr als 75% der deutschen, niederländischen und schwedischen Hauptstrecken damit ausgerüstet und bis Ende 2008 sollte auch Finnland, Italien, Spanien und Belgien zu dieser Liste hinzukommen. Auch in Großbritannien wurden damit schon mehr als 50% der Hauptstrecken ausgerüstet. Gemeinschaftliche Begleitmaßnahmen zu den nationalen Einführungsstrategien sollen trotzdem getroffen werden, um die Kontinuität der Verkehrsdienste im TEN Netz sicherzustellen und um die Interoperabilität der von den verschiedenen Herstellern entwickelten Anwendungen zu gewährleisten [31].

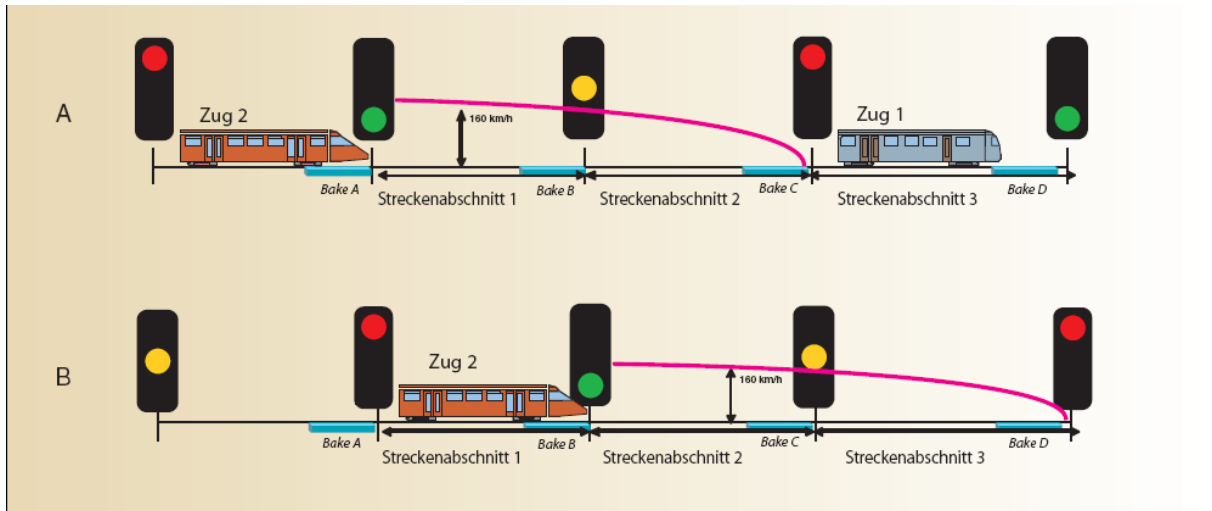
b- Die Einführung des ETCS

Das ETCS, d. h. European Train Control System, ist das europäische Zugsicherungs-/Zugsteuerungssystem, das erlaubt, dem Zugführer Informationen über die zulässige Höchstgeschwindigkeit je nach Ortung zu übermitteln und die Einhaltung dieser Vorgaben kontinuierlich zu überwachen.

Die verschiedenen Anwendungsstufen des ETCS

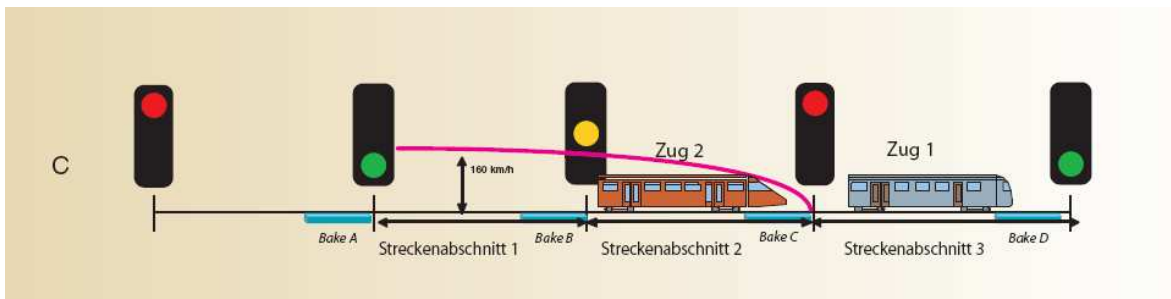
Es gibt drei Anwendungsstufen des europäischen Systems für Zugssteuerung und –sicherung. Alle drei ermöglichen jeweils eine kontinuierliche Berechnung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit.

- Bei der ECTS-1 werden die Geschwindigkeit betreffenden Daten durch die am Ende jeder definierter Streckenabschnitte gelegten Baken (Eurobalise) übermittelt und ans bestehende Signalsystem angeschlossen.



**Abb.9: Betriebsablauf ETCS-1 Normalfall [31]**

Wie im Bild dargestellt, darf der Zug 2 bei einem grünen Signal bis zum Ende des Streckenabschnitts 2 fahren. Im Normalfall (B) erhält er am Ende des ersten Streckenabschnitts die Genehmigung weiterzufahren, da der Zug 1 den dritten Abschnitt verlassen hat.



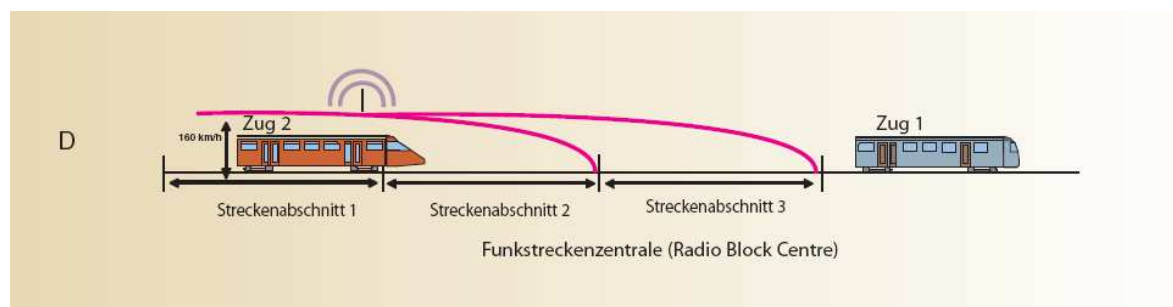
**Abb.10: Betriebsablauf ETCS-1 Störungsfall [31]**

Falls Zug 1 aus irgendwelchen Gründen den dritten Streckenabschnitt nicht verlassen hat, erhält der folgende Zug 3 ein gelbes Signal, das angibt, dass das nächste Signal rot ist. Er muss infolgedessen abbremesen, um an der nächsten Signalanlage anhalten zu können.

- Im ETCS-2 kann der Zug zu jedem Zeitpunkt eine „Genehmigung zur Weiterfahrt“ erhalten. Die Daten werden durch die Funkzentrale (Radio Block Center) von Systemen an der Strecke (Achszähler, Gleisstromkreise...) empfangen und werden unmittelbar dem Zug 2 übermittelt. Dieses System ermöglicht einen flüssigeren Verkehr, weil der Zug 2 nicht bis ans Ende des Streckenabschnitts 2 fahren muss, um eine Genehmigung zur

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht

Weiterfahrt zu erhalten (im Gegensatz mit dem ECTS-1). Das System hat auch den bedeutenden Vorteil, Investitionen und Wartung für die Außensignalanlagen zu sparen. Für Hochgeschwindigkeitszüge werden die Daten unmittelbar in den Führerstand gesendet, was erforderlich ist, da die Außensignale wegen der Geschwindigkeit schwer lesbar sind.



**Abb.11: Betriebsgrundlage des ETCS-2 [31]**

- In der Anwendungsstufe 3 wird auf eine ortsfeste Gleisfreimeldung verzichtet. Der Zug tauscht Informationen unmittelbar mit der Streckenzentrale durch GSM-R. Durch Eurobalise meldet der Zug seine Position, und die Funkstreckenzentrale kontrolliert den Abstand der Züge. Die Züge fahren so unabhängig von definierten Blockabschnitten, sodass sie geschwindigkeitsabhängig dichter hintereinander geführt werden können [60]. Im Fall zweier gleichgut bremstechnisch ausgerüsteter Züge ist der relative Bremsweg der wesentlichste Parameter. Das ETCS-3 ist noch im Versuchsstadium, aber stellt eine aussichtsreiche Technik dar, da es eine nochmalige Optimierung der Streckenkapazität und eine Reduzierung des Materials ermöglicht [31].



**Abb.12: Betriebsgrundlage des ETCS-3 [31]**

### Das Problem der Einführung des ETCS

Im Gegensatz zum GSM-R ist die Einführung des ETCS relativ langsam. Auf bestehenden Strecken ist die Beschränkung des Streckenzugangs auf die mit dem ETCS-System ausgerüsteten Züge wirtschaftlich nicht vertretbar, da die meisten Züge heute nicht ausgerüstet sind. Ein Migrationszeitraum mit der gleichzeitigen Benutzung von zwei Systemen auf derselben Strecke ist folglich vorzusehen, was die komplizierten Probleme von Interferenzen hervorruft. Auf Neubaustrecken sind Einzelanalysen unter Berücksichtigung der Randbedingungen durchzuführen, dass der überwiegende Teil des Netzes nicht ausgerüstet ist.

Gleichzeitig beträgt die Lebensdauer von streckenseitigen Signalanlagen und von Fahrzeugen über 20 Jahre. Auch bei einem systematischen Einsatz von ETCS auf allen neuen Strecken und Fahrzeugen, wäre der größte Teil des transeuropäischen Netzes in zehn Jahren noch immer nicht ausgerüstet. Deswegen fördert die EU eine verkürzte Einführung in einem Zeitraum von zehn bis zwölf Jahren zumindest auf TEN Korridoren. Diese Einführung muss von der EU koordiniert werden, da die Strategie eines nationalen Infrastrukturbetreibers von der seiner Nachbarländer abhängt.

#### c- Aussichten der Einführung von ERTMS für Eisenbahnverkehr

Wie schon erläutert, ist die Einführung von ERTMS sehr vorteilhaft für den grenzüberschreitenden Verkehr, weil es Lokomotiv- und Fahrpersonalwechsel vermeidet, wenn es sich um eine Mehrstromsystemlokomotive handelt. Bemerkenswert ist, dass der Fahrer seine Sprache wählen kann, und dass das Programm mit einer gesamteuropäischen Ausbildung der Fahrer verbunden ist.

Außerdem trägt die 2. und 3. Anwendungsstufe des ETCS zu einem flüssigeren Zugverkehr bei, da der Fahrer zu jedem Zeitpunkt die optimale Geschwindigkeit fahren kann. In der dritten Stufe kann eine Verkürzung der Zugfolgen in Betracht gezogen werden.

Zuletzt wird die Verbreitung des Systems zu einer Senkung der Kosten führen. Außerdem ist die Beseitigung von streckenseitigen Signalanlagen und Bodenanlagen (vollständig bei ETCS-3) ein Vorteil von dieser Technologie, wodurch die Wartungskosten erheblich senken würden. Deshalb könnten Nebenbahnen, die heute über keine Sicherungssysteme verfügen, mit diesem harmonisierten System wegen der niedrigen Kosten im Vergleich mit den bestehenden veralteten nationalen Systemen ausgerüstet

werden. Ein sicherer Verkehr und ein optimierter Fahrplan auf diesen Strecken könnten für den Güterverkehr von Vorteil sein.

Das System könnte eine Voraussetzung sein, um das Verkehren von intelligenten Fahrzeugen zu ermöglichen. In der Vergangenheit wurden verschiedene Projekte wie der selbstorganisierende Güterverkehr (SOG) durchgeführt, um Güterfahrzeuge, die selbst ihre Route berechnen und untereinander mit den Infrastrukturelementen kommunizieren können (wie bei ETCS-3), zu entwickeln und den fahrlosen Betrieb anzustreben. Eine wesentliche Hürde bleibt jedoch der Mischverkehr von Reise- und Güterzügen [26].

## 2) Entwicklung von automatisierten Checkpoints

Andere Bestandteile der Schieneninfrastruktur sind zukunftsfähige Beiträge der Güterverkehrsverbesserung wie innovative Checkpointanlagen. Checkpoints sind örtlich festgelegte Punkte im Schienenverkehr, an denen die Überprüfung von Zügen hinsichtlich ihres einwandfreien Zustandes durchgeführt wird [33]. Die Entwicklung von automatisierten Checkpoints ist aus Sicht der Infrastrukturbetreiber von großem Interesse, da ihr Ziel ist, die Sicherheit und die Qualität zu erhöhen, sowie zuverlässige Verkehrsbedingungen und den Eisenbahnverkehrsunternehmen gerechtfertigte Infrastrukturbenutzungsentgelte (IBE) anzubieten, jedoch bei gleichzeitiger Senkung der Betriebsführungskosten. Da die Checkpoints die menschliche Zugbeobachtung ersetzen können, ermöglichen sie, das Personal an wenigen Standorten zu konzentrieren und so eine zuverlässige, rasche und detaillierte Zugüberprüfung zu gewährleisten.

Ursprünglich benötigte der Zugbetrieb eine hohe Dichte an Personal sowohl für die Zugbeobachtung als auch Stellwerks-, Block- und Schrankenwärter. Die Umsetzung produktivitätssteigernder Maßnahmen, die durch die Einführung von zentral bedienten Signalanlagen und automatisierten Sicherungssystemen sowie durch die Entwicklung von Rechnertechnologie verwirklicht werden konnten, ermöglicht es, eine Vielzahl von Personal zu reduzieren. Die Anzahl von Beobachtungsstandorten kann durch die Automatisierung auch sinnvoll reduziert werden, und das bei gleich bleibender Gewährleistung des Sicherheitsniveaus, wobei dies durch eine Kosten-Nutzen-Analyse bewertet werden kann.

### a- Funktionalität eines Checkpoints

Die Checkpointanlagen sind Konzentrationspunkte von technischen Systemen, sie müssen nämlich verschiedene technische Daten der Züge bemessen oder überprüfen, deshalb verfügen sie über mehrere Sensorsystemen, und zwar:

- Eine dynamische Gleiswaage, die das Gewicht des über die Waage rollenden Materials rückrechnen, indem sie die Verformung von Dehnungsmessstreifen an der Schiene oder im Schwellenbereich bemessen. Diese Daten sind besonders wichtig, um Ladungsverschiebungen oder Ungleichbelastungen aufzuspüren. Dynamische Gleiswaagen können aber auch als Flachstellenortungsanlagen funktionieren und Unregelmäßigkeiten im Rad-Schiene Bereich aufdecken.

- Heißläuferortungsanlagen mit Fest- und Scheibenbremszusatz, die dank Infrarotsensoren berührungslos funktionieren, bemessen die Temperatur von Rädern Scheibebremsen und Radlagern. Das österreichische Netz ist mit solchen Messanlagen schon flächendeckend ausgerüstet.

- Lichtraumprofilmessanlagen, die auch bereits als Prototyp in Betrieb sind, bestehen aus einem Stahlrahmen, der mit einem optischen Messverfahren die Profilüberschreitungen misst.

- Anlagen zur Erkennung von Entgleisungen, die für Tunnelabschnitte und andere risikoträchtige Teile der Infrastruktur besonders relevant sind.

- Anlagen zur Branderkennung, besonders relevant vor den Tunnelabschnitten.

### Fahrzeugs- oder infrastruktureitige Lösungen

Es gibt Informationen – zum Beispiel die Branderkennung –, die zu jedem Zeitpunkt während der Fahrt entdeckt werden müssen. So stellt sich die Frage, ob die fahrzeugseitige Ausrüstung gegenüber Checkpoints vorzuziehen wäre. Der Einbau von Sensoren in Fahrzeugen wäre deutlich kostenintensiver als auf Seiten der Infrastruktur, weil die Anzahl an Waggonen und Lokomotiven sehr hoch ist. Außerdem wäre es viel aufwendiger als der Einbau eines dichten Netzes an infrastruktureitigen Checkpoints, und da unterschiedliche EVUs betroffen sind, würde es schwieriger sein, alle Daten einzubinden.

Bei infrastruktureitigen Checkpoints hat der Infrastrukturbetreiber die Garantie, dass alle Züge überprüft werden; bei fahrzeugseitigen Sensoren ist es schon schwieriger, eine Funktionsprüfung sicherzustellen. Der Infrastrukturbetreiber kann das Checkpointnetz durch

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht die Anpassung des Infrastrukturentgelts finanzieren, da er den Verkehrsunternehmen mehr Sicherheit und Zuverlässigkeit anbietet.

Ein Mischbetrieb, das heißt die beiden Ausrüstungsarten werden je nach den übermittelten Daten durchgeführt, ist auch vorstellbar, aber es würde einen deutlich höheren Organisationsaufwand verursachen, und der Vorteil der Konzentration der Daten mit einem einzigen Checkpoint wäre verloren.

Zusammenfassend wäre ein infrastruktureitiges Netz vorzuziehen, obwohl Sensoriklösungen entwickelt werden können, wenn es einen Gewinn an Sicherheit bringt [33].

#### b- Das technische Konzept

Die bereits installierten Heißläuferortungsanlagen erfüllen schon einen Teil der Funktionen der sich in Entwicklung befindenden Checkpoints, von dem sie sich insofern unterscheiden, als keine anderen technischen Daten verknüpft werden, die Entwicklung der Temperatur je nach Zeit oder Wegachse nicht beobachtet wird und die Alarmmeldungen nicht unmittelbar dem Fahrdienstleiter übermittelt werden.

#### Verknüpfung der Daten

Der bedeutende Vorteil von Checkpoints ist vor allem, dass die Daten der verschiedenen Sensorsysteme miteinander verknüpft werden. Die Aussagekraft wird dabei verbessert, da die Abhängigkeiten der Daten berücksichtigt werden können, wie z. B. die Temperatur des Radlagers und der Radlast. In dieser Hinsicht kann der Grenzwert der Temperatur eines schwer beladenen Wagens geringer sein als der eines leichteren Wagens. Ein Datenkonzentrator ermöglicht es, die übermittelten Daten in ein einheitliches Format umzuwandeln und dadurch zu anonymisieren. Bei Bedarf können sie mit Angaben zu den Umgebungsbedingungen oder Messparametern, sowie Positionsangaben ergänzt werden. Die Informationen können dann mit Grenzwerten verglichen werden, wobei der Infrastrukturbetreiber im Fall der Überschreitung bestimmte Maßnahmen treffen kann [33].





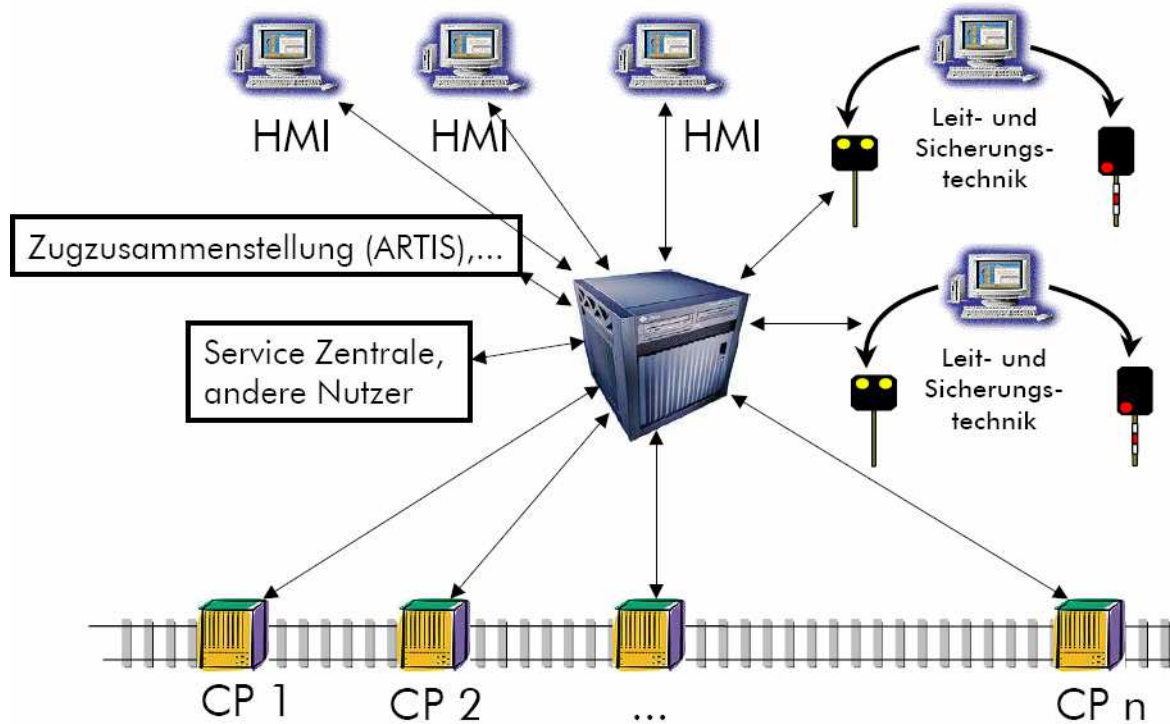


Abb.14: Checkpoint Daten Knoten [34]

#### Integration in die Leit- und Sicherungstechnik

Eine hohe Dichte an Checkpointanlagen ermöglicht, viele Daten unter der Verantwortung weniger Fahrdienstleiter zu bemessen. Deswegen müssen nicht alle Maßnahmen von Menschen, besonders im Fall von Arbeitsspitzen, durchgeführt werden. Damit alle Sofortanweisungen rechtzeitig getroffen werden, muss das Checkpointnetz in die Leit- und Sicherungstechnik eingebunden werden. In kritischen Fällen kann der Zug automatisch angehalten werden, bevor sich der Fahrdienstleiter mit Hilfe der übermittelten Informationen für die zu ergreifenden Maßnahmen entscheidet. Diese erfolgreiche Umsetzung setzt trotzdem eine Übergangsphase voraus, für die die Alarmmeldungen noch auf der Betriebsinformationsebene angezeigt werden, sodass Fehl- bzw. ausgebliebene Alarmmeldungen vermieden werden [33].

#### c- Optimierungspotential der Checkpointentwicklung für Güterverkehr

Zusammenfassend dienen die Checkpointanlagen einer verfügbareren, zuverlässigeren und wirtschaftlicheren Zugbeobachtung als menschliche Überprüfungen:

- Verfügbarer, weil solche Anlagen regelmäßig längs der Eisenbahnstrecken installiert werden können, um beide Seiten eines Zuges bei der Durchfahrt zu prüfen, und weil sie eine Vielzahl von nützlichen Daten jeder Zeit erhoben werden kann,

- Zuverlässiger, weil sie Unregelmäßigkeiten, die sich der menschlichen Wahrnehmung entziehen, aufzeigen können und weil die Daten verknüpft und vernetzt werden. Durch die Integration in die Leit- und Sicherungstechnik können kritische Situationen frühzeitig erkannt werden,

- Wirtschaftlicher, weil die Zugbeobachtung weniger personalintensiv wird, aber auch weil die Sicherheitsbedingungen durch die genaue Beobachtung des rollenden Materials verbessert werden. Die Nachhaltigkeit der Infrastruktur steigt und die Kosten für die so vermiedenen Unfälle sind eingespart. Außerdem ermöglichen die Checkpointerhebungen eine feinere Berechnung des IBE: tatsächlich führt die Benutzung der dynamischen Waage zu einem durchschnittlichen positiven Gewichtsunterschied von 10%, und auch zu fairen zusätzlichen IBE-Einnahmen. Zusammenfassend können die Investitionen für die Ausrüstung an Checkpointanlagen in zwei Jahren rentabilisiert werden [35].

Der Infrastrukturbetreiber soll so großes Interesse haben, solche Anlagen in seinem Netz einzuführen, da es die Qualität für Verkehrsunternehmen verbessert, und da die Verkehrsbedingungen der Züge ständig überprüft werden, dadurch wird Schaden an der Infrastruktur verhindert. Die Überprüfung erfolgt infrastruktureitig, sodass alle Züge von irgendwelchem EVU kontrolliert werden können. Die Entwicklung von multifunktionalen Checkpoints entspricht somit den komplexen Anforderungen des liberalisierten Eisenbahnmarkts.

### 3) Benutzung der Elektronischen Stellwerke (ESTW)

#### a- Die Entwicklung von Elektronischen Stellwerken

Stellwerke sind Bahnanlagen, von denen Einrichtungen der Eisenbahninfrastruktur wie Weichen und Signale zentral gestellt werden können. Sie dienen der Bildung von Fahrstraßen bei Zugfahrten oder Verschub und können mechanisch, elektrisch oder elektronisch betrieben werden.

#### Relaistechnik und ESTW

Die erste Programmierung von elektronischen Stellwerken (ESTW) wurde in den 80er Jahren durchgeführt. Diese bestand jedoch lediglich in der Übertragung von Rechner-technik in die Funktionalität der Relaistechnik. Ziel war die Verringerung der Hardware und die Zusammenfassung größerer Bereiche auf einen Bedienplatz, um Kosten zu reduzieren. Es war jedoch bereits in den 60er Jahren mit der Entwicklung der Relaistechnik durch Fernsteuerung von kleinen Stellwerken möglich, diese ohne örtliches Personal bedienen zu können.

Dass die kompakte, moderne Rechner-technik nicht zu den erwarteten Einsparungen geführt hat, kann durch drei Gründe erklärt werden. Erstens wurden große Teile des Wissens nicht schnell genug übertragen, weil die Definition der Anforderungen von Lieferanten und Kunden nicht ausreichend dokumentiert wurde. Dazu war die Prüfbarkeit der ESTW Software im Vergleich mit der Relaistechnik zu aufwändig, Hard- und Software sowie die Beherrschung von Fehlerszenarien wurden komplizierter geworden. Zuletzt hat die Abhängigkeit der Unterteilnehmer zugenommen, was zu der Verkürzung von Innovationszyklen geführt hat: das Know-how ist folglich gesunken, da ESTW auf Programmiersprachen aus den 80er Jahren beruhen [36].

#### Die Wichtigkeit der Standardisierung

Die Probleme der Automatisierung in Stellwerkanlagen können mit der Automatisierung in Industriesteuerungen verglichen werden, weil es sich in beiden Fällen um das Einlesen von Zuständen und um die Angabe an elektrischen oder elektronischen Geräten handelt. Die Anforderungen sind dabei Verfügbarkeit und Sicherheit. Die Automatisierung im industriellen Bereich wurde Anfang der 80er Jahre mit der Einführung der Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) revolutioniert. Bedeutende Kosteneinsparungen

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht wurden dank der Vereinheitlichung der Systeme und der Anwendung von standardisierten Lösungen möglich. Jedoch unterscheidet sich die Signaltechnik in der Eisenbahn durch die Komplexität von Netzwerk, Personal, Richtlinien und Genehmigungen, die historisch gewachsen und schwerer veränderbar sind.

Trotzdem gibt es bereits einige Beispiele von Standardisierung in der Signaltechnik. Bezüglich Zugbeeinflussung und Kommunikationssysteme sind das ETCS bzw. GSM-R gute Beispiele, auch wenn Kostenvorteile erst mittelfristig zu erwarten sind. Normen gibt es auch, wie die CENELEC Normen über die Prozesse für die Erstellung von Systemen, deren Anwendung trotz 10jähriger Diskussion die Erwartungen noch nicht erfüllt [36].

#### b- Beispiel: ESTW Alister

Das elektronische Stellwerk Alister stellt ein Beispiel für die Standardisierung in der Stellwerkgestaltung dar. Die Firmengründer kommen aus der Automatisierungstechnik, und das System wurde hergestellt, um die Anforderungen der schwedischen Bahn zu erfüllen und ist dort seit 2002 in Betrieb. Das System erfüllt das Sicherheitsniveau SIL4 nach der CENELEC Norm.

Die Fehlerbeherrschung liegt in den unterschiedlichen Reaktionsmustern der Kanäle, z. B. wird verschiedene Hardware benutzt, um Fertigungsfehler zu beseitigen. Deswegen wurden Hard- aber auch Software diversitär eingesetzt, und als Sicherungssystem wurde ein zweikanaliges, diversitär SPS-Rechnersystem eingeführt, das zur Fehlerentdeckung intensive Selbsttestfunktionen enthält.

Die Ein-/Ausgabe-Baugruppen (I/O Baugruppen) dienen der Anschaltung von Signalen, Weichen und ATC-Balisen und auch der Ansteuerung der Bahnübergängen, Relaisblockstellen oder Schlüsselsperren. Sie besitzen zwei voneinander getrennte Kanäle, die die Signale der Feldbusse erhalten, bis sie am Ausgang zusammengeschaltet werden, um die Übereinstimmung zu bestätigen.

Bezüglich des Bediensystems verwaltet ein standardisiertes Überwachungssystem (SCADA) die Ein- und Ausgänge und deren Bedienung, das Diagnose-System und die Datenschriften. Weil das System für Fernsteuerung entwickelt ist, ist es auch von großer Bedeutung, dass offene Schnittstellen zu einer Leitzentrale vorhanden sind, weil die örtliche Bedienung kleinerer Bahnhöfe wenig kosteneffektiv ist.

Die Programmierung der SPS wird mit STEP5, einer verbreiteten Sprache, durchgeführt, was das Know-how länger zu gewährleisten ermöglicht, umso mehr als die

Programmiersprache nicht nur im Eisenbahnbereich benutzt ist. Zuletzt weist Alister den Vorteil auf, mit den CENELEC-Normen entwickelt worden zu sein, was mit dem Vorhandensein einer Dokumentation die Zulassungsbehörden leichter überzeugte [36].

c- Standardisierte ESTW: eine Chance für den Eisenbahnverkehr

Das Beispiel von ESTW zeigt, dass sich der Eisenbahnbereich in die anderen Industriebereiche eingliedern muss. Das System Bahn kann dann die aktuellen technischen Fortschritte sowie die durch die Standardisierung erlaubten Kosteneinsparungen voll und ganz ausnutzen. Außerdem, wenn die Bahn die aktuellen technischen Standards übernimmt, kann das Know-how besser und länger übermittelt werden.

Sowohl für ESTW als auch für die ERTMS kann das zu einer verbreiteten Ausrüstung der Netze führen, und durch diese Automatisierung könnte das Verkehrsaufkommen unter guten Zuverlässigkeitsbedingungen gesteigert werden.

## **IV- Optimierungsmöglichkeiten in der Fahrplangestaltung**

### **1) Der Fahrplan : Kernherausforderung des Infrastrukturbetreibers**

#### **a- Veränderte rechtliche Rahmenbedingungen**

Wie im ersten Teil der Arbeit erläutert, ist nun der Eisenbahnverkehrsmarkt mit dem ersten Maßnahmenpaket von 2001 liberalisiert, und der freie Zugang zur Infrastruktur setzt das optimale Management von Zugtrassen voraus. Die Verantwortungen sind zwischen dem Infrastrukturbetreiber und dem Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) verteilt, damit die Endkunden über ein qualitativ hochwertiges und zuverlässiges Produkt verfügen. Qualität im Eisenbahnbetrieb bedeutet die Gewährleistung von Sicherheit und Pünktlichkeit bei der optimalen Nutzung der Infrastruktur, was die Regelung von Zugfahrten durch Fahrpläne geregelt werden muss [37]. Soweit möglich, muss demzufolge der Infrastrukturbetreiber jedem EVU einen diskriminierungsfreien Zugang zur Infrastruktur anbieten, dies bei einem optimalen Management von Mischverkehr, d. h. es müssen Lösungen für die Konflikte zwischen Personen- und Güterverkehr gefunden werden.

Bisher wurde der Fahrplan für Güterverkehr auf der nationalen Ebene mit Abstimmung zwischen den Eisenbahnunternehmen entschieden. Die europäische Kommission will ein neues System aufstellen. Es werden nämlich sogenannte „One Stop Shops“ gegründet, die sich für die Angebotstrassen eines grenzüberschreitenden Eisenbahnkorridors kümmern. Die neuen rechtlichen Rahmenbedingungen dienen dann dazu, einen flexiblen und diskriminierungsfreien Trassenvergabemarkt zu gründen. Aufgrund von Konfliktproblemen mit dem Personenverkehr, und insbesondere in Gebieten mit dichtem Personennahverkehr ist die optimale Kapazitätsausnutzung jedoch eine große Herausforderung, der sich internationale EVU noch nicht unbedingt bewusst sind [16].

b- Ausarbeitung des Fahrplans

Sowohl für das deutsche als für das österreichische Netz ist der Fahrplan für ein Jahr festgelegt. Er geht um die Konstruktion von Trassen in Abhängigkeit der Nachfrage der EVU. Nach der deutschen Eisenbahninfrastrukturbenutzungsverordnung (EIBV) ist eine Trasse definiert als *„der Teil der Infrastruktur, der benötigt wird, um eine bestimmte Zugfahrt auf einer bestimmten Strecke innerhalb eines Zeitraumes durchzuführen“*. In Deutschland wird der Fahrplan durch das DB Netz gemäß dem folgenden mehrstufigen Verfahren erstellt [37]:

- Die Planungsbasis: sie wird 17 Monate vor Fahrplanwechsel den Kunden zur Verfügung gestellt, und berücksichtigt die Verfügbarkeit der Infrastruktur je nach Erweiterungen und Einschränkungen. Qualitätskriterien fließen ein, wie die Fahrzeitrechnung mit Regelzuschlägen (um die variierenden äußeren Einflüsse zu berücksichtigen), Bauzuschlägen zum Ausgleich von Fahrzeitverlusten, Mindesthalte-, Mindestübergangs- und Mindestwendezeiten, obere Belastungsgrenzen der Strecken und Knoten sowie Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebsqualität.

- Die Fahrlagenplanung: es handelt sich um ein 1 bis 8 Monate voraus geplantes Bedienungskonzept, wobei die Ressourcenverfügbarkeit (Triebfahrzeuge, Wagen, Personal) abgestimmt wird. Damit eventuelle Konflikte früh erkannt werden können, einigen sich viele EVU in regionalen Planungsrunden untereinander, sonst bietet das DB Netz Machbarkeitsstudien an.

- Die Trassenmeldung: der Annahmeschluss für EVU ist 8 Monate vor dem Fahrplanwechsel, und sie bestehen in der Auflistung verpflichtender Daten, und zwar des gewünschten Laufwegs und der Trassenzeiten, der Nutzungsdauer, betrieblich-technischer Angaben, der Personen oder Stellen für die Erklärung von Nutzungskonflikten.

- Die Trassenkonstruktion und –Koordination/ Konfliktlösungen: es geht um die Gegenüberstellung zwischen der Nachfrage der EVU und den Kapazitäten der Infrastruktur. Im Fall eines Konflikts wird ein Koordinierungsprozess durchgeführt, um eine einvernehmliche Lösung zu finden. Gelingt dies nicht, so gibt es in den Geschäftsbedingungen für die Nutzung der Infrastruktur definierte Konstruktionsprioritäten. Als letztes Mittel, um einen Konflikt endgültig zu klären, gibt es das Höchstpreisverfahren, wobei die betroffenen EVU ein Angebot abgeben müssen; das hochwertigere Angebot nach dem Trassenpreissystem erhält den Zuschlag. Dann werden die Trassen mit dem Werkzeug „RUT-K“ (Rechnerunterstützter Konstruktion) konstruiert. Die so trassierten Zeit-Weg-Linien berücksichtigen die Last und die Geschwindigkeit, die Halte-, Übergangs- und Wendezeiten.

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht

Dieses EDV-System stellt auch die exakten Belegungszeiten der Züge dar, berechnet das Konfliktpotential und zeigt die Konflikte in grafischer und tabellarischer Form an.

- Das Trassenangebot: es wird 5 Monate im Voraus fertig gestellt. Die EVU haben einen Monat Zeit, das Trassenangebot anzunehmen.

Zum Schluss kann man feststellen, dass hier die Gestaltung von Fahrplänen durch ein transparentes und diskriminierungsfreies Verfahren erfolgt. Ziel ist es, die Infrastruktur bestmöglich, d. h. wirtschaftlich, optimal zu nutzen und die meisten Kunden zu befriedigen, was dank technischer Lösung wie der Benutzung von „RUT-K“ ermöglicht wird.

### c- Andere Trassen

Neben den im Fahrplan geplanten Trassen werden die Restkapazitäten für Sondertrassen an sich anmeldenden EVU zur Verfügung gestellt. Dabei gibt es auch spezifische Fristen, wobei die Trassenangebotsfrist von der Trassenmeldung abhängt.

In Österreich können Güterzüge bis zwei Stunden vor Abfahrt vorbehaltlich der Verfügbarkeit trassiert werden. Diese so genannten „ad hoc Züge“ fahren gemäß dem veranlassenden Verkehr, d. h. dass sie gemäß vorgesehenen Trassen verkehren, die je nach der Nachfrage der EVU aktiviert werden oder nicht. Durchschnittlich sind 40% dieser Trasse wirklich benutzt. Dieser Vorgang erfolgt rund um die Uhr [38]. Dieses Verfahren bietet den EVU eine große Flexibilität.

## 2) Infrastrukturplanung und Fahrplan

Um Reise- und Güterzüge nebeneinander optimal verkehren zu lassen, und um optimale Kapazitäten den heutigen und vorgesehenen Verkehrsbedürfnissen entsprechend zur Verfügung stellen zu können, muss man Prognosen erstellen und die geeignetsten infrastrukturseitigen Lösungen finden. In dieser Arbeit werden zwei Beispiele betrachtet: die Anwendung von analytischen Verfahren und die Ermittlung des Wartegleisbedarfs für die Synchronisation von Personen- und Güterzügen.



a- Anwendung der analytischen Verfahren in der Eisenbahnbetriebswissenschaft

Der Infrastrukturbetreiber muss ein befriedigendes Qualitätsniveau für die EVU gewährleisten, indem er die entsprechenden infrastruktureitigen Bedingungen zu Verfügung stellt. Zur Betriebsqualität, d. h. Sicherheit und Pünktlichkeit, erwartet der Personenverkehr kurze Fahrzeiten und kleine Taktintervalle und der Güterverkehr ausreichende Kapazitäten. Deswegen muss der Infrastrukturbetreiber kapazitive Engpässe oder überdimensionierte Anlageteile beseitigen.

Bei der Errichtung von neuen Anlagen oder deren Erneuerung muss der Infrastrukturbetreiber diesen Qualitätsanforderungen entsprechen, aber auch Wirtschaftlichkeit anstreben. Es geht um die Entscheidung hoher Investitionsbeträge, wobei die langfristige Entwicklung des Netzes auf dem Spiel steht. Deswegen ist die Dimensionierung der Infrastruktur mit Hilfe von EDV-Verfahren, die der Untersuchung der Eisenbahnstrecken und –knoten dienen, sehr wichtig.

Der Vorteil des analytischen Verfahrens ist, dass sie keine exakten Fahrpläne für die Untersuchung benötigen. Wenn es auch etwas unpräzise erscheinen mag, so ist die Dimensionierung jedoch nicht von variierenden Anforderungen abhängig. Dadurch werden klare Ergebnisse unter Berücksichtigung der Qualität vermittelt. Zuletzt sind Infrastruktur und Betriebsprogramme eng verbunden, das Ändern von Gleisen, Weichen oder Signale ist leicht durchführbar und die Auswirkungen sind analysierbar [39].

Charakteristiken der analytischen Verfahren

Das analytische Verfahren beruht auf der Bedienungstheorie oder Warteschlangentheorie. Die Bedienstellen sind die Betriebsanlage, und das unregelmäßige Eintreffen und unterschiedliche Bedienzeiten der Modellzüge können Staus vor der Bedienstellen verursachen. Die Betriebsqualität ist dann durch die maximal zulässigen Wartezeiten definiert, die zweierlei Natur sein können: planmäßig, d. h. bei der Planherstellung auftretend, oder außerplanmäßig, d. h. in der Betriebsführung infolge von Verspätungen auftretend. Ein anderer Begriff ist die Nennleistung, welche die zulässige Zugzahl je Einheit bei der vorgegebenen Leistungsanforderung bezeichnet. Danach wird die Mindestzugfolgezeit für jeden Zugabschnitt errechnet.

Die Abgrenzung des Untersuchungsraums ist wesentlich. Der Untersuchungsraum ist ein kleiner repräsentativer Teil des gesamten Betrachtungsraums, wo nur der hochwertige

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht  
Verkehr - in der Regel der Personenfernverkehr - untersucht wird. Der Untersuchungsraum muss groß genug sein, damit seine Charakteristiken für die Ermittlung der Leistungskennwerte maßgebend sein können und ausreichend klein, um den Untersuchungsaufwand zu begrenzen.

Jedoch kann dieses Verfahren nicht in allen Fällen angewandt werden. Falls der gesamte Verkehr bei integralen Fahrplänen innerhalb von 10 Minuten jede Stunde stattfindet, dann wird mit dem analytischen Verfahren die Zugfolge in der Stunde zufällig verteilt: ein simulatives oder konstruktives Verfahren ist dann notwendig [39].

#### b- Simulatives Verfahren in der Eisenbahnbetriebswissenschaft

Im Grunde genommen ist das analytische Verfahren ein mathematisches Modell, um die Wahrscheinlichkeit von bestimmten Ereignissen, Warteschlangen und Wartezeit zu berechnen. Analytisch-mathematische Verfahren werden benutzt, um die beste Lösung bei praktischen Problemen in einem Knoten z. B. zu finden. Hingegen werden Simulationen angewandt, um Netzteile oder ein ganzes Netz zu modellieren. Der Betriebsablauf wird experimentell nachgeahmt und statistisch ausgewertet [57]. Rückschlüsse auf den tatsächlichen Betriebsablauf können aus der Simulation gezogen werden. Die Fortschritte der elektronischen Datenverarbeitung ermöglichen, über immer genauere Modelle zu verfügen, sodass die simulativen Verfahren immer häufiger angewandt werden, um Netze und Infrastrukturen zu dimensionieren.

#### Beispiel der von der ÖBB benutzten Simulation Software

Bei der ÖBB wird für die Betriebssimulationen die Software SIMU<sup>®</sup>, die im Jahr 1973 am Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb der Universität Hannover entwickelt wurde. Nach mehreren aufeinander folgenden Verbesserungen ist jetzt die 7. Version im Einsatz.

Alle Randbedingungen wie die Fahrdynamik, die Fahrstraßenausschlüsse, die Zugfolgerungszeiten sowie die Zugposition werden präzise berücksichtigt, und verschiedene Inputparameter wie Signalsysteme, Fahrstrategien oder spezielle Abhängigkeit zwischen den Zugfahrten können in der Simulation dargestellt werden [58, 59].

Die Software dient kurz- bis langfristigen Planungsaufgaben und kann angewandt werden als [58]:

- Informationssysteme mit detailgenauer Darstellung des Streckennetzes mit Signalanlagen, zulässige Geschwindigkeit, Durchrutschwegen...

- Instrument zur Fahrplankonstruktion und –Verifikation: es dient der netzweiten Betrachtung von Fahrplänen aber auch der automatischen Fahrzeitberechnung und Konflikterkennung. Mögliche Hindernisse für den Fahrplan wie Baustellen können simuliert werden, und die Verspätungen mit Hilfe statistischer Verfahren ausgewertet werden.

- Anlagebemessung: es handelt sich um die monetäre Bewertung von Infrastrukturänderungen und Betriebsstrategie.

- Betriebsvisualisierung mit der Darstellung verschiedener Betriebsszenarien.

Fortschritte im Bereich der Simulation und EDV mit immer effizienterer Software können somit dazu beitragen, einen wirtschaftlicheren und konfliktfreien Betrieb des Eisenbahngüterverkehrs zu schaffen.

#### c- Ermittlung des Wartegleisbedarfs an großen Knoten

Aus betrieblicher Sicht ist ein gutes Management des Mischverkehrs zu beachten. Der im Normalfall vertaktete Reiseverkehr ist für den Güterverkehr schädlich, da die Güterzüge langsamer fahren und eine größere zeitliche Flexibilität erfordern. In diesem Hinblick stellen die Hochgeschwindigkeitszüge noch ein Hindernis für Güterverkehr dar. Diese Probleme können bei der Erschließung von viergleisigen Strecken gelöst werden [38]. Das Problem der Synchronisation ist umso schwieriger in großen Knoten, d. h. Eisenbahnsternen mit mehreren Ab- und Zulaufmöglichkeiten, und besonders im Fall des Durchgangverkehrs zu lösen. Die Güterzüge müssen in verbleibenden Zeiträumen, d. h. in den Trassenlücken des Reiseverkehrs, trassiert werden. Um die Konflikte im Knoten zu vermeiden, ist es dann notwendig, Wartezeiten für die Güterzüge vorzusehen, und infolgedessen Wartegleise zu planen.

Um diese Planung durchzuführen, wird eine Gleisbemessung gemäß Betriebsabläufen gemacht. Für neu zu bauende oder rationalisierende Gleise muss eine Simulation durchgeführt werden. Der Bezugszeitraum kann dank der Vertaktung auf 1 oder 2 Stunden begrenzt werden. Der konstruktive Ansatz ist hierfür geeignet. Im zweiten Schritt werden die zu- und ablaufenden Güterverkehrströme analysiert, sowie die Zugzahlen für den Zu- und Ablauf in einer gegebenenfalls vorhandenen Zugbildungsanlage abgebildet. Dann werden mögliche Fahrplanfenster für den Güterverkehr konstruiert (siehe Bild).



Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht und für die Ankunftszeiten wird durchgeführt. Ermittelt sind dann die von der Anzahl an Warteplätzen abhängigen Kennwerte wie der Belegungsgrad der Gleise, die Wartewahrscheinlichkeit vor der Gleisgruppe, die von 5 bis 10% beträgt soll, die mittlere Warteschlangelänge und Wartezeit [40].

Zusammenfassend ermöglicht diese Methode, die möglichen Verknüpfungen von Durchgangsverkehr durch einen Knoten auszuwerten, und die Resistanz des Systems gegenüber Änderungen in Reiseverkehr abzuschätzen. Solche konstruktiven Methoden sind ein wichtiger Beitrag zur Optimierung des Schienengüterverkehrs im Mischbetrieb, d. h. mit Berücksichtigung der Konflikte mit dem Reiseverkehr.

## V- Potentiale und Entwicklung der verschiedenen Verkehrsverfahren

### 1) Die Verschiedenen Produkte des Schienengüterverkehrs

Beim Eisenbahngüterverkehr bestehen vier verschiedene Produktgruppen, die verschiedenen Angeboten an Dienstleistungen entsprechen, und zwar [26]:

- Ganzzugverkehre: alle Wagen eines Zuges werden vom gleichen Versandbahnhof zu einem einzigen Empfangbahnhof transportiert. Die Wagenladungen können entweder aus einer Sendung oder aus Bündelung von Einzelwagenverkehren bestehen. Es handelt sich um das ideale Leistungsangebot der Bahn, da es einen minimalen Verschubsaufwand gibt und infolgedessen vergleichsweise geringe Transportzeiten, eine gute Veranschlagung der Abfahrts- und Ankunftszeiten. Mit der Konzentration der Be- und Entladprozesse bei den Kunden und mit einem minimalen organisatorischen Aufwand sind auch die Kosten geringer. Jedoch sind solche Verkehre nur für Massengüter wie z. B. Erz-, Roh- oder Baustoffe sowie starke Güterströme z. B. bei der Automobileindustrie geeignet, oder wenn die Bündelung von Güterströme möglich ist.

- Einzel- oder Wagenladungsverkehre: Mindestens ein Wagen ist von dem Kunden benutzt. Ein Zug besteht aus Wagen oder einer Wagengruppe, die verschiedene Herkunft bzw. verschiedene Fahrtziele haben. Diese Verkehre stellen den größten Teil des Verkehrsaufkommens und stellen z. B. in Deutschland 40% des Aufkommens dar, Tendenz sinkend [41]. Im Vergleich mit Ganzzügen benötigt dieses Verfahren erheblich höheren Verschubsaufwand, wodurch es meist längere Transportzeiten, mehr örtliche Arbeiten für die Abfertigung, einen großen organisatorischen Aufwand und infolgedessen mehr Kosten mit sich bringt. Das Sammeln und Verteilen der Einzelwagen ist problematisch. Wegen des Verschubs ist es auch schwieriger, die Ankunftszeiten vorzusehen und einen hohen Pünktlichkeitsgrad zu gewährleisten.

Diese zwei ersten Verkehre sind durch einen gewissen Rückgang in den letzten Jahrzehnten geprägt. Gründe dafür sind die Veränderungen an Güterstruktur und logistische Abläufen, die immer mehr kleine Sendungen in einer möglichst kurzen Zeit („just in Time“) bevorzugen. Außerdem gibt es immer weniger privaten Gleisanschlüsse, die direkte

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht  
Bahnbeförderung ermöglichen, da die Wartung und der Betrieb meistens nicht wirtschaftlich sind.

- Einzel bzw. Stückgutverkehre: Solche Verkehre sind bei weitem die aufwendigsten, hinsichtlich des Sammelns, Verteilens in der Fläche und des Umschlags. In Deutschland wird der Stückgutverkehr auf der Schiene nicht mehr betrieben und in Österreich immer weniger. Die Aufnahme- und Ausgabestellung und der personalintensive Umschlag sind nicht wirtschaftlich und gegenüber den LKW nicht wettbewerbsfähig.

- Kombiniertes Verkehr: es handelt sich um die Beförderung von Ladeeinheiten innerhalb einer verkehrsübergreifenden Transportkette, wodurch ein reibungsloser Umschlag technisch realisierbar sein muss. Die eingesetzten Fahrzeuge bei Schienentransport sind Niederflurwagen. Es bestehen drei Arten des kombinierten Verkehrs, die die Bahn in Einsatz nimmt:

Der Übergang von Ladeeinheiten, die Paletten, Container, Abrollcontainer oder Wechselaufbauten sein können, ist ein unbegleiteter Transport und die verbreitetste Form des kombinierten Verkehrs und hat das größte Entwicklungspotential. Die mit universellen Maßen aufgebauten Container haben den wesentlichen Vorteil, dass sie den Übergang zwischen Straße, Schifffahrt, Luft und Schiene ermöglichen.

Bimodale Fahrzeuge sind für den Einsatz auf verschiedenen Verkehrsträgern geeigneten Fahrzeuge. Für den Schiene-Straße Verkehr bestehen das amerikanische System Roadrailer (1956) oder die Trailerzüge. Das System benötigt keinen Umschlag, sondern ein Hochziehen der Straßenachsen und Unterschieben der Drehgestelle, also keine Umschlagsinfrastruktur: der Übergang zwischen Schiene und Straße erfolgt innerhalb 5 Minuten, jedoch ist die Konstruktion solcher Fahrzeuge wegen der benötigten Drehgestelle sehr aufwendig [42]. Deswegen ist diese Technik in Europa kaum in Einsatz.

Huckepackverkehr oder die so genannte „Rollende Landstraße“ (RoLa) ist die dritte Möglichkeit. Komplette LKW werden unmittelbar auf die Schienenwagen beladen. Es handelt sich um einen begleiteten Transport, da die LKW-Fahrer meistens in Liegewagen mitfahren. Es gibt auch keinen Umschlagbedarf, denn die Straßenfahrzeuge rollen mit eigener Kraft oder mittels Zugmaschine auf das Tragfahrzeug. Die eingesetzten Schienenfahrzeuge sind Flachwagen, damit die Höhe nicht den zulässigen maximalen Wert überschreitet. Ein Vorteil ist der geringe organisatorische Aufwand für die Logistikakteure, weshalb diese Verkehrsart für kurze Strecke (Alpentransit...) im Einsatz ist aber auch auf langen Strecken, damit die

LKW-Fahrer die gesetzlichen Ruhezeiten einhalten, ohne die Transporte unterbrechen zu müssen. Aus energetischer Sicht ist die Bilanz der RoLa jedoch sehr schlecht.

## 2) Ökologische Betrachtungen

2002 wurde eine Studie vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU) und der Studiengesellschaft für den Kombinierten Verkehr (SGKV) [43] durchgeführt, um den Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub> Emissionen bei der Beförderung einer vergleichbaren Ladeinheit (LKW, Sattelaufleger, Container) mit dem Kombinierten Verkehr Straße/Schiene oder mit dem reinen Straßenverkehr zu vergleichen. Von 19 untersuchten kombinierten Verkehren in Europa ist die Primärenergie (einschließlich Vor- und Nachlauf mit den LKW, Hauptlauf auf der Schiene und Umschlag) in 3 Fällen um bis zu 15% höher, in 8 Fällen um bis zu 20% geringer, in 6 Fällen um 20 bis 40% geringer und in 2 Fällen um mehr als 40% geringer, wenn die Ladeinheit mit dem kombinierten Verkehr statt mit dem reinen Straßenverkehr befördert wird. Die CO<sub>2</sub> Ausstöße sind immerhin in 2 Fällen bis um 3% höher, in 4 Fällen bis zu 20% geringer, in 7 Fällen 20 bis 50% geringer und in 6 Fällen um mehr als 50% geringer. Dieser Vergleich ist sehr vom Anteil der Kernenergie im betrachteten Land abhängig.

Was den Energieverbrauch betrifft, hängt der Unterschied von verschiedenen Faktoren ab. Vor allem haben die verschiedenen Arten von kombinierten Verkehren unterschiedliche Energieeffizienz, die rollende Landstraße ist in dieser Hinsicht die schlechteste Art wegen der großen Totlast, die mit dem Zug befördert wird. Nur im Fall der RoLa ist der bewertete Energieverbrauch größer als beim ungebrochenen Straßentransport. Am effizientesten sind die Wechselbehälter- oder Containerverkehre, da die Totlast im Vergleich mit Sattelauflegern, wobei die Gestelle mit der Ladeinheit mitbefördert werden, geringer ist. Weiters ist die Länge der Züge von Bedeutung: je mehr die Züge ausgelastet sind, desto weniger Energie wird verbraucht. Außerdem ist die Transportkette wichtig: Oft erhöht sich nämlich die Strecke beim kombinierten Verkehr im Vergleich mit ungebrochenem Straßenverkehr, weil der Vor- und Nachlauf je Terminal nicht unbedingt in Richtung des Hauptverlaufs erfolgt. Die Länge der Strecke, die mit dem LKW gefahren wird, hat natürlich auch einen Einfluss.

Zum Schluss kann man sagen, dass die Effizienz des kombinierten Verkehrs aus ökologischer Sicht nicht immer gegeben ist, vor allem im Fall der Rollenden Landstraße. Bei den anderen Arten des kombinierten Verkehrs ist es wichtig, optimale Transportketten zu



Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht finden, d. h. die Züge bestens auszunutzen, und den Vor- und Nachlauf bestmöglich zu verkürzen. Aus dieser Betrachtung ergibt sich eine gute Vernetzung von Terminals zu fördern. Die Einrichtung von kleinen Terminals mit einem großen Knotenpunkt ist demzufolge wichtig, und Lösungen, um diese kleinen Einheiten wirtschaftlich zu betreiben, sind zu entwickeln und zu fördern. Unter diesen Bedingungen ist es günstig, die logistischen Vorteile des kombinierten Verkehrs zu nutzen, auch wenn die ökologischste Lösung immer der reine Bahnverkehr mit Anschlussgleisen ist.

### 3) Unbegleiteter Kombiniertes Verkehr: Problem des Umschlags

Der kombinierte Verkehr ist die Transportart des Schienengüterverkehrs mit dem größten Entwicklungspotential. Die Tendenz geht seit Jahrzehnten zu transportierten Halbfabrikaten und Zwischenprodukten sowie zu erhöhten logistischen Anforderungen wie der Just-in-time Lieferung. Dabei ist der Straßenverkehr als schnelles und flächendeckendes Transportmittel mehr als die Ganzzug- oder Einzelwagenverkehre geeignet. Wegen der steigenden Preise der Energie, der Luftverunreinigung, des Treibhauseffektgasausstoßes oder der steigenden Belastung des Straßenraums kann der kombinierte Verkehr Schiene/Straße eine Lösung sein, um die Vorteile beider Verkehrsträger zu nutzen. Außerdem ist der Einsatz universeller Container eine bessere Antwort an die Anforderungen einzelner Kunden als die Spezialisierung von Güterwagen, die zu einer geringeren Einsatzfrequenz der Züge und dann zu mehr leeren Fahrten führen würden [41].

Im Allgemeinen ist die Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf den kombinierten Verkehr aus Sicht der Kunden möglich, wenn dieser Verkehrsart hinsichtlich Zeit, Zuverlässigkeit und Kosten die Erwartungen der Kunden erfüllt. Dabei ist der begleitende Huckpackverkehr wie die rollende Landstraße die einfachste Lösung, beinhaltet aber das bereits genannte Problem der Energieeffizienz. Deswegen ist es von großer Bedeutung, andere reibungslose Umschlagsmöglichkeiten zu entwickeln.

Im Vergleich mit dem ungebrochenen Straßenverkehr stellt nämlich der zweimalige Umschlag die Achillesferse des kombinierten Verkehrs dar, da er Zeit- und Kostenaufwand der Transportkette erhöht. In Österreich wird der Betrieb von Umschlagsbahnhöfen oder Terminals nicht vom Infrastrukturbetreiber, sondern von EVUs oder privaten Terminalbetreiber (Wiener Hafen...) durchgeführt. In Deutschland ist die Trennung anders, und die Terminalgestaltung liegt im Verantwortungsbereich des Infrastrukturbetreibers.

### a- Bestehende Umschlagsarten

Es bestehen zwei Gruppen von Umschlagstechniken je nach Verloaderichtung:

- Der Horizontalumschlag erfolgt ohne Kranmanipulation. Zu diesen Systemen gehören der Umschlag von den Fahrzeugen der rollenden Landstraße, bimodale Trailers (Roadrailer), Abrollcontainers oder auch unten genannte innovative Systeme (CargoBeamer, Modalohr, KombiLifter und Mobiler). Für Abrollcontainer ist das System ACTS in Einsatz. Der Umschlag des Abrollcontainers erfolgt zwischen einem Eisenbahnwagen mit Drehrahmen und einem LKW mit Umsetzvorrichtung [44].

Die Vorteile dieser Systeme sind der rasche Durchlauf der Umschlagsvorgang und die Möglichkeit, unter dem Fahrdrat umzuschlagen. Die Kosten für fixe Umschlaggeräte entfallen. Diese Systeme benötigen jedoch in Allgemeinen hohen Investitionsbedarf, obwohl kleine Systeme wirtschaftlich betrieben werden können, da es keine weiteren Anforderungen an die Infrastruktur gibt.

- Der Vertikalumschlag ist die meist benutzte Technik. Container, Wechsellaufbauten oder kranbare Sattelaufleger werden mit einem mobilen Umschlaggerät oder einem längsverfahrbaren Portalkran durch Hebevorgang umgeschlagen. Außerhalb des Kranbereichs oder bei aufkommenschwächeren Terminals werden auch mobile Umschlaggeräte genutzt, die billiger in der Anschaffung sind aber höhere Erhaltungskosten verursachen und geringere Kapazität haben [44].

Die Vorteile von Portalkränen sind der geringe Platzbedarf bei großer Verkehrsfläche unter dem Kran, der schnelle Zugriff mit speziellen Ladegeschirren, der begrenzte Personalaufwand, eine hohe Verfügbarkeit und zufriedenstellende Kapazitäten. Jedoch darf es keine Oberleitung auf dem Gleise geben, da der Umschlag von oben erfolgt, sodass ein Lokwechsel von einer elektrischen zu einer Diesellok notwendig ist. Der Einsatz von sehr kleineren flachen Kränen, die unter der Oberleitung arbeiten können, ist auch möglich.



**Abb.16: Fahrbarer Portal Kran im Terminal Nord-West Bahn (Wien)**  
persönliches Foto 6. April 2007



**Abb.17: Mobiles Umschlaggerät im Terminal Nord-West Bahn (Wien)**  
persönliches Foto 6. Apr 2007

Außerdem gibt es zwei Arten von Umschlagverfahren [42]:

- Beim Standverfahren wird die eingefahrene Garnitur des Güterzuges sowohl entladen als auch beladen, ohne die Tragwagengarnitur verschubtechnisch zu behandeln. Die Vorteile dabei sind das entfallende Zwischenlager, der damit einhergehende reduzierte Flächenverbrauch dafür, kein zeitlich und finanziell aufwendiger Verschub und eine gute Übersichtlichkeit, da die Ladeeinheiten nicht gelagert sind. Andererseits erfolgt eine entsprechend lange Gleisbelegung, da jede Destination ein eignes Ladegleis benötigt,

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht infolgedessen eine hohe Anzahl an Ladegleisen braucht und einen Verlust an Kapazität verursacht.

- Beim Fließverfahren wird die eingefahrene Garnitur sofort entladen, ohne Rücksicht auf wartende LKW. Zur Beladung wird der Tragwagen wieder bereitgestellt und wartet auf die planmäßige Abfahrt auf einem Abstellgleis. Daraus ergibt sich eine bessere Auslastung der Gleise und eine höhere Leistungsfähigkeit. Die Nachteile sind der Bedarf an Zwischenlagern im Greifbereich des Kranes und der zweimaligen Umschlag jeder Einheit.

Am häufigsten wird eine Mischung der beiden Verfahren benutzt, damit ergeben sich geringere Wartezeiten für den LKW, geringere Kosten und eine optimale Nutzung der Gerätekapazitäten.

#### b- Innovative Umschlagslösungen

Die Kosten sind das entscheidende Kriterium für die Investoren bei der Wahl von Umschlagtechniken. Der Zeitaufwand für den Umschlag einer Ladeeinheit ist in der Tat nicht in allen Fällen das Wichtigste, sondern die Investitionen, die sich von der Benutzung einer Umschlagtechnik ableiten, und zwar ob ein eigener Terminalstandort und eigene Umschlaggeräte benötigt werden, und vor allem ob alle Waggons adaptiert oder im schlechtesten Fall ersetzt werden müssen. Diese finanziellen Zwänge sind wesentliche Hürden für die Investitionen in innovative Umschlagtechniken. Wie man feststellen kann, gibt es keine beste Lösung, sondern nur best-practice Lösungen je nach der Anforderung der Kunden [45].

#### IUT: Innovatives Umschlagterminal

Das Innovative Umschlagterminal (IUT) ist ein von Rail Cargo Austria entwickeltes Umschlagssystem, das der Optimierung des Fließverfahrens dient. Bei konventionellem Umschlagverfahren werden die drei Aufgaben Umsetzen, Lagern und Sortieren unabhängig durchgeführt, und zwischen Entladung, Lagerung des Containers und Neubeladung auf die LKW vergehen meistens mehrere Stunden. Die Zwischenlagerung fördert einen großen Flächenbedarf auf der Freifläche des Terminals an.

Das IUT besteht aus einem 2-geschössigen und 30 m langen Hochregallager, das in Länge und Höhe erweitert werden kann, aus einem Containerumsetzer und einem Regal-Bediengerät, die parallel zu dem Umschlagprozess eingesetzt werden können. Die Innovation

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht

besteht darin, dass der Umschlagprozess in zwei statt drei Arbeitsschritte aufgeteilt ist: das Ent- und Beladen, das Lagern und Sortieren. Gleichzeitig kann der Containerumsetzer den Zug entladen und die Container auf die Vorsortierfläche legen, während das Regalbediengerät als Lagerkran die Transportgefäße von der Vorsortierfläche ins Hochregallager auflegt. Der Containerumsetzer kann als Schnellumschlaggerät die Ladung eines 500 Meter langen Zuges in 30 Minuten durchführen [46].



**Abb.18: Prinzip des IUT-Systems [30]**



**Abb.19: Versuchsanlage des IUT Systems in Terminal Nord-West Bahn Wien  
(persönliches Foto 6/4.2007)**

Eine solche Anlage ist für ein kleines bis mittleres Terminal geeignet, außerdem ist die Größe der Anlage an die Größe des Terminals anpassbar. Die Vorteile dabei sind eine optimale Nutzung der Terminalfläche, da 40% der Abstellfläche im Vergleich zu konventionellem Verfahren eingespart werden können, ein schnellerer Umschlag und eine günstige Bewirtschaftung, da der Bau einer solchen Anlage preisgünstig bleibt. Es ist zu bemerken, dass bei der Erschließung von Umschlagbahnhöfen die mobilen Komponenten nur ein Drittel der Investitionen haben, während zwei Drittel in Grund und Boden fließen [42]. Außerdem ermöglicht sie eine bessere Auslastung des Terminals, weil die Stehzeiten des Zuges kürzer sind, wodurch mehr Wagen umlaufen und auch besser ausgelastet werden können.

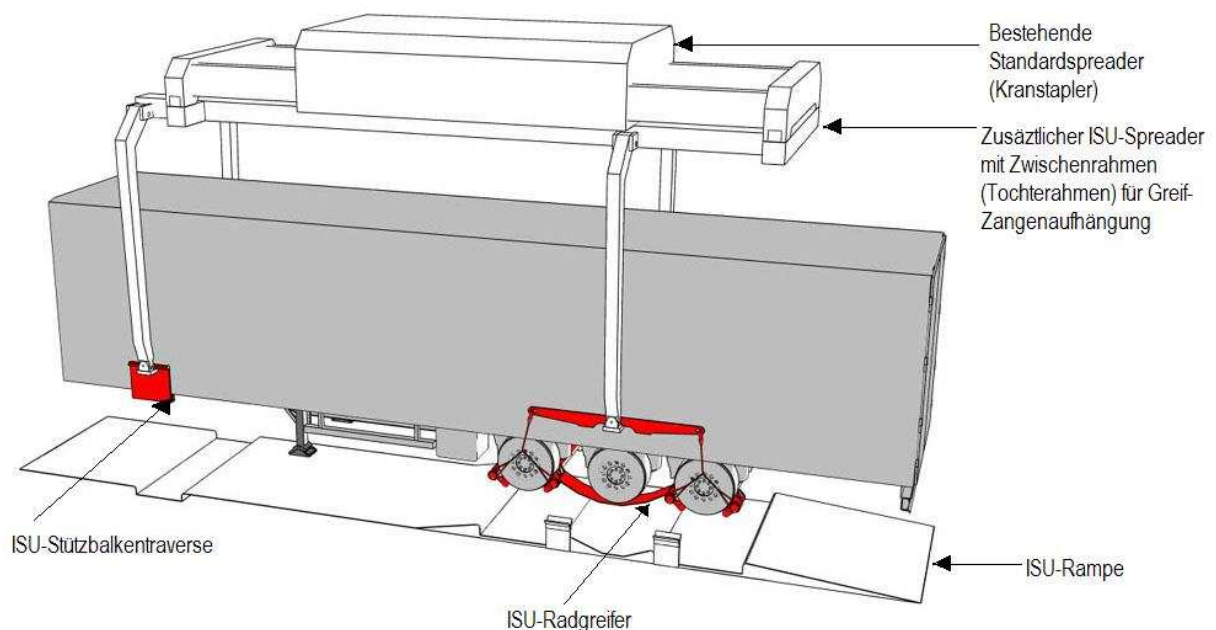


### ISU-System

Das ISU (Innovativer Sattelhänger Umschlag) System wird von Rail Cargo Austria entwickelt. Ziel des Projektes ist es, bisher nicht kranbare Trailer mit nicht begleitendem kombinierten Verkehr auf die Schiene zu bringen und mit vertikalem Verfahren umzuschlagen, damit es eine Tür zu Tür Beförderung erfüllt d. h. ohne wesentliche Hürden im Vergleich zu durchgehendem Straßenverkehr. Die Zwänge sind demzufolge keine kommerziellen, technischen und organisatorischen Veränderungen hinzuzufügen, d. h. vergleichbare Kosten und Investitionen, Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit, und auch nur ein Partner für den Beförderungsprozess [45].

Der wesentliche Vorteil des ISU-Systems ist die Möglichkeit, Trailer umzuschlagen, indem es in das bestehende Terminalverfahren ohne große Veränderungen eingegliedert wird. Benötigt wird für die Greifzangenaufhängung ein zusätzlicher Zwischenrahmen (Tochterrahmen) unter einem Standardspreader eines fahrbaren Portalkranes, um den Trailer auf einer ISU-Rampe mit Radgreifern und Stützbalkentraversen aufzulegen [47].

So ist nur in diese vier Elemente, die an konventionelle Umschlagsgeräte adaptierbar sind, zu investieren, denn die Technik kann an normalen Trailern angewandt werden und die Wagons sind übliche Taschenwagen (z. B. T3000). Außerdem ist das System für die Terminalmitarbeiter flexibel, weil es keine wesentlichen Änderungen im Vergleich mit heutigen Vertikalumschlagstechniken gibt.



**Abb.20: Bestandteile der ISU [47]**

Die Zeitaufwand ist zwar im Vergleich mit herkömmlichen Umschlagstechniken nicht verringert, das ISU-System gilt aber als eine gute Lösung, um Trailer auf die Schiene zu bringen ohne große Investitionen an den Waggons, an der Terminalgestaltung oder –ausrüstung.

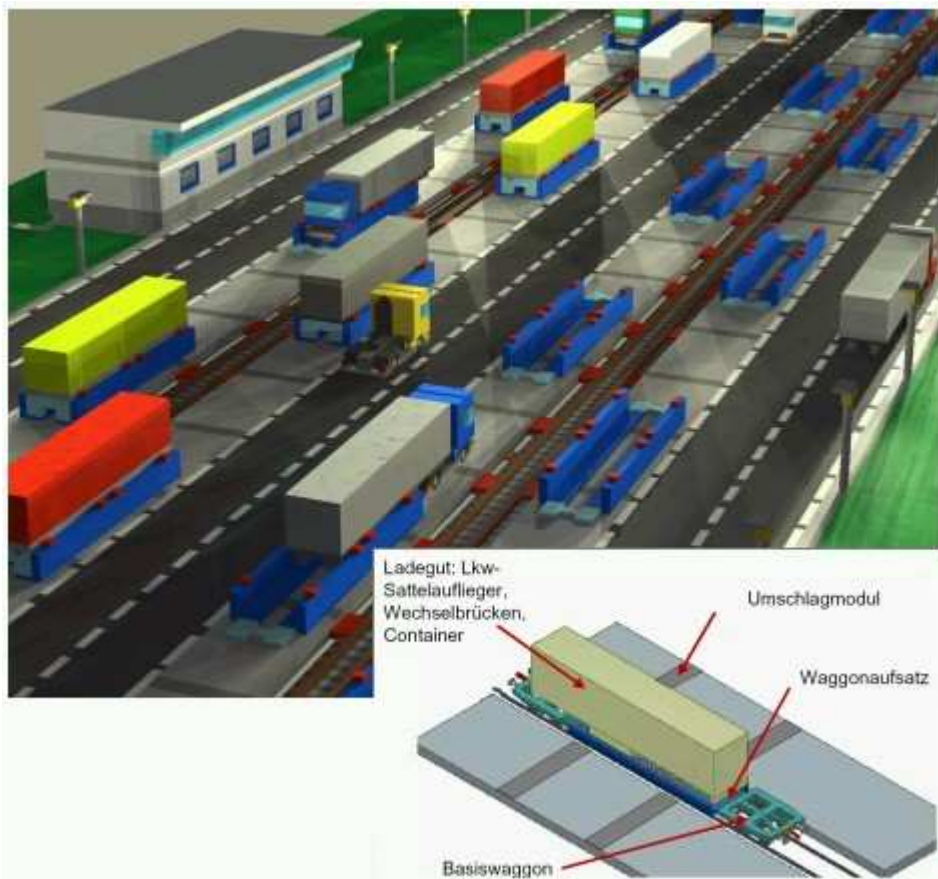
### CargoBeamer

Eine andere Lösung für den Umschlag von nicht kranbaren herkömmlichen Sattelauflegern ist das System CargoBeamer von einem deutschen Unternehmen. Das System gilt auch für den Umschlag von Containern, Wechselbrücken oder Megatrailern. Der Umschlag erfolgt auf einer mit Anhubeinrichtung, Rollbahn und Shuttle-Balken ausgerüsteten horizontalen Umschlagseinheit. Eine Musteranlage ist momentan realisiert, deren Funktionsweise wird mit dem folgenden Schema beschrieben:



**Abb.21: CargoBeamer : Funktionsweise [48]**





**Abb.22: CaroBeamer: Systemübersicht [48]**

Der CargoBeamer ist eine geeignete Lösung für die Entwicklung von unbegleitendem kombinierten Verkehr. Mit dem Umschlag von 32 Einheiten in 10 Minuten [48] ermöglicht das System eine rasche Be- und Entladung des Zuges, die wie in der Abbildung dargestellt in einem Arbeitsgang durchgeführt werden kann. Der Umschlag ist weitgehend automatisiert, und der LKW-Fahrer muss nicht am Umschlag teilnehmen. Außerdem ist der Vorgang kranfrei und kann somit unter dem elektrischen Fahrdrabt durchgeführt werden. Ziel des Systems ist dann ein rascher Umschlag zwischen Bahn und LKW, um Linienzugkonzept beim Ersparen von zeitaufwändigen Verschubverfahren zu erfüllen.

Es handelt sich jedoch um eine Lösung mit großem Investitionsbedarf. Wenn es auch keine Änderungen an den Sattelauflegern erfordert, es benötigt Investitionen an den Terminals mit der Erschließung von Fahr-, Verlade- und Parkspuren neben der horizontalen Umschlags-Einheit und dem Eisenbahngleis. Außerdem funktioniert der Vorgang nur mit speziellen Basiswaggons.

### Modalohr

Modalohr, von der französischen Firma Lohr entwickelt, ist eine schon bestehende Lösung für die schnelle Beladung. Das System benötigt einen Taschewagen, dessen Tasche um einen Drehzapfen in Wagenmitte ausgedreht werden kann. Das Anheben der Tasche erfolgt durch ortsfeste stempelähnliche hydraulische Vorrichtungen, auf deren Kopf Rollen montiert sind. Wenn der Waggon ein Stück ausgedreht ist, ermöglichen Rollen an den Kopfenden der ortsfesten Auffahrrampe das Ausdrehen der Tasche.

Diese Lösung benötigt auch bedeutende hohe Investitionen in Systemausrüstungen und dem Terminalaufbau, der ziemlich flächenaufwendig ist, die Vorteile dabei aber sind, dass die angeforderten Drehgestelle Standardgüterwagendrehgestelle sind, und dass der Wagenboden 10 bis 18 cm über der Schienenoberkante (SOK) liegt, womit 20cm mehr Eckhöhe bei den verladenen LKW möglich ist [42].

Eine ähnliche Lösung wird auch von einer britischen Firma mit CargoSpeed vorgeschlagen.

### Kleine Umschlaggeräte

Die kleinen Umschlaggeräte sind flexiblere Systeme, denn es gibt keine Ansprüche und Investitionen an die Infrastruktur, jedoch sind die Wartungskosten größer und der Umschlag erfolgt nicht so schnell. Sie sind geeignet für kleinere Umschlagpunkte in Regionen mit schwachen Verkehrsaufkommen [26]. Als kranfreie Systeme können diese Systeme in alle Standorte integriert werden, soweit ein befahrenes Gleis vorhanden ist. Diese Systeme wären dann eine Lösung, um die großen Terminals, die schnell zu Engpässen werden können, zu entlasten.

### *Kombilifter*

Dieses System wurde von Daimler-Chrysler entwickelt und dient dazu, Wechselbauten leichter aufzunehmen. Die Wechselbrücken werden auf ihre Stützfüße gestellt, dann drückt ein Triebfahrzeug die Tragwagen gekuppelt unter die stehenden Wechselbrücken. Sie werden durch hydraulische Hubmechanismen an den Tragwagen gehoben, positioniert und zentriert, damit die Stützfüße einklappen [26]. Spezielle Wagen sind für dieses System erforderlich, und der Kombilifter ist wegen der Hubeinrichtung doppelt so teuer wie ein

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht konventioneller Tragwagen, aber lediglich ein befahrbares Gleis mit Standmarkierungen ist von der Seite der Infrastruktur erforderlich, wodurch dies ein sehr flexibles System darstellt.

#### *ALS Automatic Loading System*

Das System ALS wurde in Deutschland vor 10 Jahren vorgestellt und dient dem Umschlag von Sattelaufliegern. Benötigt werden ein Ladegleis mit beidseitiger Rampe und ein spezieller Güterwagen mit Wagenboden in Form eines Tiefbetts, auf dessen Ladefläche zwei Umladeroboter mitgeführt werden. Es handelt sich um ein Raupenfahrwerk, das bordeigene Lafetten benötigt, und die ferngesteuert quer zur Fahrtrichtung auf die Ladestraße ausfahren können. Sie heben die Sattelaufleger an, ziehen über den Wagen und senken dort ab. Der Verladebahnsteig muss dem Niveau des Tiefbetts entsprechen.

Das System funktioniert nur mit speziellen Waggons, auf denen elektrische Energieversorgung notwendig ist. Dadurch ist ALS auf Blockzüge beschränkt [26].

#### *Mobiler*

Das System Mobiler ist eine sehr flexible Umschlagslösung, da es keine Terminal-Anlage benötigt. Die einzige infrastrukturseitige Voraussetzung ist, dass der LKW an den Waggon seitlich heranfahren kann. Es besteht aus zwei Konsolen, vier einzelsteuerbaren Stützfüßen und einer Hydraulikpumpe [42]. Das hydraulisch angetriebene und elektrisch gesteuerte System wird auf dem LKW montiert, das Fahrzeug wird schließlich abgestützt und der Container aus der Verriegelung gehoben und vom Mobiler seitlich auf dem Waggon geschoben [49]. Der Vorgang ist rasch, da dieser innerhalb einer Minute erfolgt kann, und automatisiert; die Bewegungs-Funktionen werden über die Funkfernsteuerung bedient. Die Hubkapazität beträgt entweder 18, 25 oder 32 Tonnen.

Es gibt keine Anforderungen an die Trägerfahrzeuge: alle LKW Chassis mit 3 bis 5 Achsen, Sattelaufleger oder andere Zentralachsanhänger sind geeignet. Die Waggons sind mit geringen Investitionen anpassbar, da lediglich zwei Auflagebleche, die den Mobilern als Lauffläche dienen, einfach eingeschweißt oder eingeschraubt werden sollen. Jedoch benötigen die Ladeeinheiten spezielle Öffnungen in Boden, in die die Traversen einfahren können und dadurch als Lastaufnahme dienen. Auf ISO Container kann diese Lastaufnahme angeschweißt oder abnehmbare Adapter montiert werden [49].

Dieses System ist in der Schweiz entstanden und ist von einer raschen Entwicklung seit der Einführung in Österreich geprägt, da 2002 25 000 Tonnen, 2004 310 000 Tonnen und

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht

2006 390 000 Tonnen mit dieser Lösung transportiert wurden, jedoch bleibt dies ein Nischenprodukt. Diese Lösung ist wirksam für Kunden, die sowohl über eine oder keine Anschlussbahnen oder über keine einfache Verbindung mit einem Terminal verfügen, und ermöglicht die Beförderung von großen Volumina [45]. Diese Lösung ermöglicht eine Ergänzung von Terminaldiensten mit einer dezentralisierten Verkehrsorganisation. Die Hürde für eine Entwicklung europaweit ist vielleicht die notwendige Adaptierung der Container [49].

#### c- Einsatz der Telematik im Umschlag Schiene/Straße

Bei durchgehendem Straßentransport ist der Kunde nur mit einem Transportunternehmen in Kontakt, während es bei kombiniertem Verkehr eine Vielzahl von zuständigen Personen gibt (das EVU, der Terminalbetreiber, der Infrastrukturbetreiber, das Straßenverkehrsunternehmen...). Ein wesentlicher Punkt für den Erfolg des kombinierten Verkehrs ist eine effiziente Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren mit einer automatisierten Informationskette, damit der Kunde seine Waren verfolgen kann. Der Einsatz von Telematiksystemen ist dabei ein wichtiger Aspekt (siehe KVMS und logistische Lösungen im 2. Kapitel).

Beim Betriebsablauf im Terminal selbst ist die Einführung der Telematik ein Beitrag zur Qualitätsverbesserung. Zum Beispiel könnte die Automatische Identifikation von Ladeeinheit und Wagons im Schienenverkehr (Projekt AILWS der Rail Cargo Austria AG) die bisherige von einem Terminalmitarbeiter durchgeführte manuelle Inspektion des Zuges ersetzen. Die Voranmeldedaten über die schienenseitig eingehenden Ladeeinheiten und Tragwagen aus den jeweiligen Ausgangsbahnhöfen müssen nämlich mit den Eigenschaften der einlangenden Züge verglichen werden und in eine Liste oder ein mobiles Datenerfassungsterminal eingetragen werden, wodurch es aber einen Zeitverlust zwischen der Einfahrt des Zuges und dem Umschlagsbeginn gibt [42]. In diese Richtung geht das von Rail Cargo Austria entwickelte System AILWS (Automatische Identifikation von Ladeeinheit und Wagons im Schienenverkehr), das zur optischen Erkennung, Digitalisierung und Übertragung der Wagon-, Container- oder Wechselaufbaunummern der eingefahrenen Güterzüge dient. Zurzeit funktioniert die Erkennung von Containern durch das Kamerasystem gut und die Wagenummer kann erkannt werden, sofern sie nicht verschmutzt ist. Die manuelle Zugsinspektion ist jedoch noch erforderlich, aber kann mit Videofilm erfolgen, und nicht mehr unmittelbar im Gleis [45].

Die bessere Nutzung der Kapazitäten eines Umschlagsbahnhofes kann auch mit der unmittelbaren Einbeziehung der Kunden und des Terminalbetreibers erfüllt werden. Meistens wird ein ankommender Zug möglichst rasch entladen und gelagert, um freie Kapazitäten zu erhalten. Am Morgen kann es jedoch mitunter einige Stunde dauern, bis eine Laderampe frei wird, da das Terminal sehr ausgelastet ist. Durch den automatischen Abruf der Ladeeinheit durch den Kunden könnte somit viel Zeit gespart und die Umschlagsgeräte besser ausgelastet werden [42]. Lösungen für die RoLa-Terminals werden von Rail Cargo Austria z. B. entwickelt. Mit dem Projekt ROLOP sollte ein Informationsportal über die jeweilige freie Kapazität der LKW-Parkplätze für die Kunden zur Verfügung gestellt werden. Durch Laser- und Videosensorik werden die Zu- und Abfahrten des Terminals erfasst und in einer Datenbank verarbeitet. Die Parkplatzauslastung ist anschließend via Mobiltelefon oder Internet von den Kunden abrufbar.

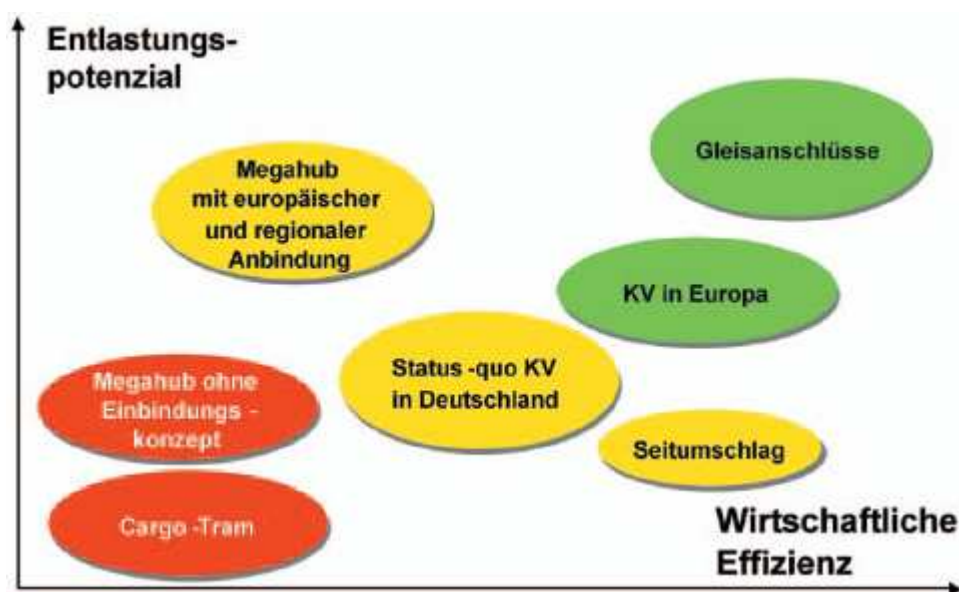
#### 4) Anschlussbahnen

Der kombinierten Verkehr, d. h. die Beförderung von einem Terminal zu einer Anderen, ist wegen seiner Flexibilität ein Verkehrsverfahren mit Zukunft. Dahingegen werden die Anschlussbahnen, d. h. der unmittelbare Anschluss durch private Infrastruktur an der Verkehrsinfrastruktur, die dem Kunden gehört, immer weniger genutzt. Die wesentlichen Nachteile dieser Verfahren sind nämlich hohe Infrastruktur- und Betriebsführungskosten, großer Übergangswiderstand zwischen Anschlussbedienung und Zugfahrt, sowie die fehlende Flexibilität bei schwankender Güterproduktion oder wechselnden Produktionsstandorten [50]. In der Folge werden immer weniger Gewerbe- oder Industriegebiete neben der Eisenbahninfrastruktur errichtet, und die über einen Anschluss verfügenden Unternehmen investieren dafür immer weniger oder geben ihn oft schrittweise auf. Dennoch ermöglichen die Gleisanschlüsse einen unmittelbaren Zugang zur Schieneninfrastruktur, d. h. den Anschluss an das nationale und internationale Eisenbahnnetz, eine zuverlässige Transportplanung, sowie die Integration in den Produktionsablauf und in Logistikkonzepte für den Wagenaustausch sowie ein kontinuierlicher Be- und Entladeprozess [51].

Laut einer Abschätzung [50] bleiben die Anschlussbahnen die Lösung mit wirtschaftlicherer Effizienz und mit größtem Entlastungspotential des Straßennetzes (siehe Abbildung: Megahub bezeichnet Konzepte von Linienzügen [siehe auch § V-5-Verschub],

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht

CargoTram ist ein städtisches Güterverkehrskonzept mittels Straßenbahn). Außerdem ist es die umweltfreundlichste Lösung.



**Abb.23: Potentialabschätzung untersuchter Strategien zur Steigerung der Güterverkehrsleistung der Eisenbahn [50]**

Um eine zufriedenere Vernetzung von Anschlussbahnen wieder zu errichten und die bestehenden Anlagen zu modernisieren sind finanzielle Instrumente wie etwa staatliche Förderungen erforderlich. Anschlussbahnen sollen trotzdem mit einer regelmäßigen Bedienung und einer kontinuierlichen Mindestgütermenge wirtschaftlich betrieben werden, d. h. bei gedämpften Infrastruktur- und Betriebskosten. Eine reine Infrastrukturförderung ist in dieser Hinsicht auf Weichen, Bahnübergänge und Ingenieurbauwerke einzuschränken, und diese sollten durch eine Fahrzeugförderung und Förderungen, die von Verkehrsleistungen mit der Eisenbahn abhängig sind, ergänzt werden [51].

## 5) Verschub: Verbesserungsmöglichkeiten

Die Einzel- oder Wagenladungsverkehre benötigen die Zerlegung und Neubildung von Zügen, Verschubverfahren sind dabei notwendig. Verschub stellt noch einen Schwachpunkt des Schienengüterverkehrs dar, da die Investitionen für Verschiebebahnhöfe mit Einfahr-, Richtungs- und Ausfahrgruppe hoch und personalintensiv sind und da die Wagen oft mehrere Stunden in diesen Anlagen warten müssen.

### a- Automatische Zugkupplung

Die erste Optimierungsmöglichkeit beim Verschub ist wahrscheinlich der Einsatz einer automatischen Zugkupplung. Während solche Kupplungen in den USA, in Russland und in Japan seit Anfang des letzten Jahrhunderts in Einsatz sind, ist in Europa die manuelle Schraubekupplung die Norm. Wenn die Güterwagen durch diese Lösung in ganz Europa interoperabel sind, erfordert diese Technik einen hohen Aufwand bei der Zugbildung. Diese uralte Kupplungsart hat eigentlich nur Nachteile im Besonderen für die Güterzüge [52]:

- Sie muss handhabbar bleiben und ist auf einen Gewicht von 35 kg beschränkt. Daraus ergibt sich eine höchste Zerreißfestigkeit von 850 kN [52], wodurch die übertragbare Zugkraft und in der Folge die fahrbare Gesamtzuggewichte, die Zuglänge bzw. die Geschwindigkeit begrenzt sind.

- Die manuelle Kupplung ist sehr zeitsaufwendig, und es ist keine Rationalisierung in der Zugbildung und –zerlegung möglich. Sie ist auch personalintensiv, und für die Mitarbeiter gefährlich.

Es wurde mehrfach versucht, vereinheitliche automatisierte Kupplungen in Europa einzuführen. Ab 1960 hat die UIC in Zusammenarbeit mit dem Verband der osteuropäischen Länder (OSShD) über eine automatische Zug-Druck Kupplung mit einem Mittelpuffer statt Seitenpuffer gearbeitet. Dieses Projekt ist wegen der hohen Investitionen für die Ausrüstung aller Wagen und der Inkompatibilität mit herkömmlichen Kupplungen gescheitert, sodass die neue Kupplung nur simultan einführbar war. Am Anfang der 90er Jahre wurde von der Firma Knorr die Bremse und der DB AG die automatische Zugkupplung (Z-AK) entwickelt. Der wesentliche Vorteil dabei war die Kompatibilität mit der Schraubekupplung durch integrierte Gemischtzugkupplung und Gemischtluftkupplung [52], wodurch eine schrittweise Einführung möglich wurde. Durchschnittlich könnte 25 Minuten pro Zugbildung eingespart

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht werden [53]. Die Entkupplung ist jedoch dabei nicht automatisiert, deswegen wurde für das automatisierte Trennen der Wagen ein Kupplungsroboter entwickelt [54]. Darüber hinaus wurde in Verbindung mit der Z-AK das System EBAS (elektronische Bremsabfrage und –steuerung) für die automatische Bremsprobe vom Führerstand vorgesehen [55]. Der letzte Versuch, die mit dem russischen System SA-3 kompatible C-AKv, wurde 2002 vom Unternehmen SAB WABCO gestartet. Es gibt aber bisher auf der europäischen Ebene keine Einföhrungsbemühungen.

#### b- Automatisierung in Verschiebebahnhöfen

Der Betrieb von großen Verschiebeanlagen ermöglicht die wirtschaftliche Einführung von Automatisierung, die die Verschubverfahren vereinfachen und den Personalbedarf reduzieren. Zentrale Dispositionssysteme für die Planung und Überwachung von Zugankunft, Vorbereitung zur Zugzerlegung, Zugbildung, Abfahrt und Operationssysteme z. B. die Fernsteuerung von der Abdrücklok oder die Laufwegsteuerung sind Stand der Technik. Im Wiener Zentralverschiebebahnhof [56] wurde darüber hinaus das Reihungskontrollsystem Arkos eingeföhrt, das der Überprüfung der vorgemeldeten Wagenlisten dient. Alle Züge fahren über eine Arkos-Messstellen, und die gemessenen Daten werden einem Zugsinformationssystem gegenüberstellt. Eine manuelle Überprüfung ist dann nur bei einem negativen Validierungsergebnis notwendig.

#### c- Aktuelle Produktionsverfahren und Alternative zum Verschubverfahren

Es gibt beim Güterverkehr verschiedenen Produktionsverfahren [26]. Beim klassischen Verfahren folgt der Wagenlauf weitgehend dem Leitungsweg. In der Folge ist die Fläche sehr gut erschlossen, aber es werden viele Betriebsstellen benötigt, sowie ein hoher Personalbedarf und Rangieraufwand. Weiters bewirkt dies eine ungünstige Auslastung der Triebfahrzeuge, lange Wagenumlaufzeiten und schlechte Automatisierungsmöglichkeiten. Dieses Verfahren wurde zugunsten des Knotenpunktverfahrens abgelöst. Dabei werden die Betriebsstellen hierarchisiert, und die Wagen verkehren durch einen Satellitenbahnhof (Versandknoten) für die Beladung, das Sammeln von Ladestellen und das Bilden von Übergabezügen, durch einen Knotenbahnhof (Sammelknoten), in dem die auf gekommenen Wagen für die Nah-/Fernumstellung gesammelt sind, dann zwischen zwei großen



Verschiebebahnhöfe für die Zugbildung und –auflösung für den Fernverkehr, und anschließend wieder durch einen Knotenbahnhof (Verteilknoten) und einen Satellitenbahnhof (Empfangsknoten). Der Verschub ist konzentriert und damit effizienter. Kosten werden eingespart und es bieten sich dadurch bessere Automatisierungsmöglichkeiten. Um durch die Knotenhierarchie auftretende Umwege und die Überlastung der Anlage zu vermeiden, wird das flexible Knotenpunktverfahren eingesetzt, wobei Etappen bei Bedarf übersprungen werden können.

Wegen des auftretenden Zeit- und Kostenverlusts beim Verschubverfahren wird es immer mehr angestrebt, innovative Konzepte zu finden, um den Verschub zu vermeiden. Ziel ist es, die Effizienz von Ganzzügen mit der Flexibilität des Einzelwagenverkehrs zu verbinden. Dadurch wird der Einzelwagenverkehr durch den Containerverkehr ersetzt, wenn die beförderten Güter es ermöglichen. Laut [41] ist 91,5% der Verkehrsmenge des heutigen deutschen Einzelwagenverkehrs containerisierbar. Statt des Verschubs würden zentrale durchfahrbare Terminals (Megahubs) eingereicht, damit die Container „umsteigen“ können. Um diesen Umschlag von einem Gleis zu einem Anderen rasch zu betreiben, können innovative Techniken wie der CargoBeamer eingesetzt werden, oder fahrbare Kräne und zwei Gleisen nebeneinander. Zwischen diesen Megahubs können hoch ausgelastete Linienzüge pendeln und von dort können die Container in verschiedene Richtungen bis zu kleineren dezentralen Umschlagseinrichtungen für den Übergang auf den LKW verteilt werden.

## **Schlussfolgerung**

In Zukunft ist die Entwicklung umweltfreundlicher Lösungen immer mehr notwendig, um das wirtschaftliche Wachstum weiter fortsetzen zu können. Davon ist der Güterverkehr in erster Linie betroffen. Deshalb versucht die europäische Kommission, den Schienengüterverkehr wieder zu beleben, indem sie u. a. die rechtlichen Rahmenbedingungen geändert hat. Diese Maßnahmen können theoretisch, wie in dieser Arbeit dargestellt, den grenzüberschreitenden Schienenverkehr vereinfachen, aber erfordern harmonisierte technische Standards für eine zufriedenstellende Interoperabilität. Diesbezügliche Entwicklungen sind in den verschiedenen Mitgliedsländern sehr unterschiedlich, wobei gerade die Zollverfahren noch immer eine Hürde darstellen.

Der Zwang zur Modernisierung ist demzufolge nicht nur marktwirtschaftlich geprägt, sondern auch technisch erforderlich. Das System ERTMS ist ein bedeutender Fortschritt hinsichtlich der Interoperabilität und ist geeignet für eine bessere Auslastung der Schieneninfrastruktur. Die flächendeckende Ausrüstung in ganz Europa erfordert jedoch große Investitionen. Die Verkehrstelematik hat gerade für die Bahn ein bedeutendes Potential. Neben der Erhöhung der Sicherheit - von Zügen und Waren - können bessere Qualitätsanforderungen realisiert werden. Technologien wie Checkpoints ermöglichen die Überwachung von Zügen unabhängig vom Beförderer. Dies ist vor allem im Zusammenhang mit den neuen rechtlichen Rahmenbedingungen wesentlich. Außerdem müssen Technologien, die schon seit langem bestehen, wie etwa die elektronischen Stellwerke, noch weiterentwickelt werden. Die lange Lebensdauer ist dabei immer problematisch zu bewerten, wodurch die Migration von alter zu neuer Technik ein wesentliches Anliegen ist.

Für eine optimale Nutzung der Infrastruktur ist auch das Management des Mischbetriebes wesentlich, da das Verkehren von Reise- und Güterzüge auf der Mehrheit der europäischen Schieneninfrastruktur ein Hemmnis für die Weiterentwicklung des Güterverkehrs darstellt. Dabei können Telematikanwendungen schnellere Lösung in Konfliktsfällen ermöglichen.

Zuletzt stellt der kombinierte Verkehr ein wesentliches Entwicklungspotential für den Schienengüterverkehr dar. Dadurch wäre die Entwicklung des Straßen- und Schienengüterverkehrs nicht mehr als reinen Wettbewerb zu betrachten, sondern sie müssten als komplementäre Verkehrsarten gesehen werden. Die Weiterentwicklung dieser Verkehrsart

Technisches Optimierungspotential des Schienengüterverkehrs aus Infrastrukturbetreibersicht

in den verschiedenen beschriebenen Formen setzt jedoch Investitionen sowohl in die Umschlagsinfrastruktur als auch in die Telematikanwendungen voraus.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die technischen Optimierungspotentiale eine wesentliche Rolle in der Entwicklung des Schienengüterverkehrs spielen, aber immer von wirtschaftlichen Rahmenbedingungen begleitet werden.

## Literaturverzeichnis

- [1] Brief Presentation of the White Paper „European transport for 2010: Time to decide“, Directorate General for Energy and Transport Information-Communication, September 2001.
- [2] Weißbuch „Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellungen für die Zukunft“, Europäische Kommission, 2001
- [3] Euro Railway Legislation Handbook, Community of European Railways and Infrastructure Companies (CER), Eurailpress 2004
- [4] Mitteilung der europäischen Kommission „Fortsetzung der Integration des europäischen Eisenbahnsystems – drittes Eisenbahnpaket“, 2004
- [5] Vorlesung Infrastrukturplanung und –management, Infrastrukturmanagement Schiene, FH des BFI Wien, Wolfgang Pfaff, 2006.
- [6] Aberle, Gerd/Hedderich, Alexander: Diskriminierungsfreier Netzzugang bei den Eisenbahnen, in: Internationales Verkehrswesen, 1+2 (1993), S. 17
- [7] Liberalisierungsindex Bahn 2004, Vergleich der Marktöffnung der Eisenbahnmärkte der Mitgliedstaaten der Europäischen Union, der Schweiz und Norwegens, IBM Business Consulting Services in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Dr. Christian Kirchner, Humboldt-Universität zu Berlin
- [8] Auswirkung der Interoperabilität auf den europäischen Eisenbahngüterverkehr, DI Hartmut Freystein in Europäischer Schienengüterverkehr, Ein Markt der Zukunft, VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen), 2006
- [9] Handbuch CIM-Frachtbrief (GLV-CIM), CIT (Internationales Eisenbahntransportkomitee), 2006.
- [10] Bericht „Verwendung des neuen Frachtbriefs CIM als Versandanmeldung im vereinfachten Eisenbahnversandverfahren“, Europäische Kommission Generaldirektion für Steuern und Zollunion, Oktober 2005.
- [11] Interview mit DI Salhenegger, Rail Cargo Austria, Teamleiter Zoll, Verträge, Grenzverkehr.
- [12] Bericht „Analyse Ist-Zustand – Soll-Konzept von GemoG (Grenzerfassung und Monitoring von Gefahrgutsendung im Schienengüterverkehr“, DI Günther Greisl im Zusammenarbeit mit Rail Cargo Austria, Scope Consulting, ABC Consulting, Dezember 2005.

- [13] <http://www.oebb.at>
- [14] <http://www.oebb.at/vip8/oebb/de/Konzern/Organisation/index.jsp>
- [15] Nach der Ringvorlesung „Eisenbahnverkehr“, unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Sebastian Kummer, Institut für Transportwirtschaft und Logistik der Wirtschaftsuniversität Wien, Teil „Rechtliche Grundlagen des Eisenbahnwesens in Österreich“, Dr. Wolfgang Catharin.
- [16] Interview mit DI Hans Peter Huber, ÖBB Infrastruktur Betrieb, Netzzugang, Kapazitätsmanagement.
- [17] „Das Infrastrukturbenutzungsentgelt als Steuerungsmechanismus zur Reduzierung des Eisenbahnlärms“, Manfred Kalivoda (psiA Consult), DI Ruth Hierzer und Univ.Prof. DI Dr techn. Norbert Ostermann (Institut für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen der TU Wien, Special ETR Austria Mai 2006.
- [18] „Das Infrastrukturbenutzungsentgelt als Steuerungsmechanismus zur Reduzierung des Eisenbahnlärms; 2. Teil: Monitoringmethoden“, DI Martin Jaksch und DI Dr.Techn. Manfred Kalivoda (psiA Consult), DI Dr.Techn. Andreas Oberhauser und Univ.Prof. DI Dr.Techn. Norbert Ostermann (Institut für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen der TU Wien, zu erschienen in Special ETR Austria.
- [19] „Die elektronisch-pneumatische Aluminium-Scheibenbremse des LEILA-Drehgestell“, DI Mahmud Keschwari, DI Helmut F. Ruppert, ETR Jan./Feb. 2005.
- [20] Telematikrahmenplan: Rahmenplan für den Einsatz von Telematik im österreichischen Verkehrssystem, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Oktober 2004.
- [21] Vorlesung „Infrastrukturplanung und Management“, Potentiale des Telematikeinsatzes im Schienenverkehr, Fachhochschule der BFI Wien, Dipl.-Ing. Alexander Chloupek, 2007.
- [22] „Factor of influence for the spreading of telematic systems in the rail-road environment“, Unterlagen der “International Railway Telematics Conference” März 2007, DI Thomas Rieckenberg, Railway consultant.
- [23] Schlussbericht Wirkungspotential der Verkehrstelematik zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur und Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsmittelnutzung, H. Keller, K. Kämpf vom Institut Prognose im Auftrag mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen – Juli 2001.
- [24] „Using the Telematics Applications for Freight, TSI for Business Advantage“, Unterlagen der “International Railway Telematics Conference”, März 2007, Jeremy Acklam, Strategic European Deployment Plan project Manager.

- [25] Interview mit DI Alexander Chloupek, ABC Consulting – Berater für das Projekt KVMS
- [26] Thomas Berndt, Eisenbahngüterverkehr, 2001
- [27] „Bringing significant and long-lasting improvements to rail freight operations in Europe/ why securing wagon positioning is not enough“, Andrea Migliuolo (ELOG European Freight Car Logistics) Unterlagen der “International Railway Telematics Conference” März 2007
- [28] „Transportüberwachung und –steuerung im multimodalen Verkehr sparen Zeit und Kosten“, Dr Peter Boesem Armin Hansmann (Dornier Consulting GmbH), ETR November 2004
- [29] Präsentation „KombiVerkehrs Monitoring Services“, Alexander Chloupek (Consultant), Dietmat Schrott (Rail Cargo Austria)
- [30] Übersicht der Forschungs- & Entwicklungsprojekte der Rail Cargo Austria, 2004
- [31] ERTMS – Für einen flüssigen und sicheren Eisenbahnverkehr. Ein europäisches wirtschaftliches Großvorhaben, Broschüre der Europäischen Kommission, 2006.
- [32] Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament über die Einführung des Europäischen Zugsicherungs-/Zugsteuerungs- und Signalgebungssystems ERTMS/ECTS (Juli 2005)
- [33] „Entwicklung eines Checkpointprototypen bei der ÖBB Infrastruktur Betrieb AG, Signal+Draht 7+8/2006, DI Dr. Tech. Bernhard Knoll (ÖBB Infrastruktur Betrieb AG), DI Dr. Techn. Andreas Schöbel (Institut für Eisenbahnwesen, TU Wien), Mag. Michael Sünder (Alcatel Austria), DI Thomas Maly (Institut für elektrische Mess- und Schaltungstechnik, TU Wien).
- [34] Checkpoint: Solutions for automatic supervision, DI (FH) Roland Stadlbauer und DI Michael Rumpler (Thales Rail Signaling Solutions), Mag.(FH) Herwig Rumpeltes (ÖBB Netz- und Streckenentwicklung GmbH), Signal+Draht April 2007
- [35] Präsentation Innotrans 2006, „Checkpoint, solution for automatic supervision of train conditions, R. Stadlbauer, Thales Rail Signaling Solutions GmbH.
- [36] Vorteile der Automatisierungstechnik in der Signaltechnik am Beispiel des ESTW Alister, DI Carsten Trog, ETR März 2005
- [37] „Der Fahrplan – Kernelement des Eisenbahnbetriebes, Godehard Weber, ETR Juni 2004.
- [38] Interview mit Harald Schwaiger, ÖBB Infrastruktur Betrieb, Netzzugang, Abteilung Vertrieb.

- [39] „Analytische Verfahren der Eisenbahnbetriebswissenschaft“, Dr.-Ing. Christian Ferchland, Tobias Körner, ETR Juli/August 2004
- [40] Nach „Wartegleisbedarf in Großknoten für Synchronisation von Güterverkehr mit vertaktem Reiseverkehr“, Verkehrsing. Karsten Mutschink, DB Netz, ETR Mai 2005
- [41] „Bietet die Containerisierung neue Chancen für den Einzelwagenverkehr?“, DI Dirk Bruckmann (Institut für Verkehrswesen und -bau Uni Duisburg Essen) ETR April 2006
- [42] „Über Terminals für den Kombinierten Verkehr in der Region Wien, Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der TU Wien, Michael Reinbacher, 2001.
- [43] Vergleichende Analyse von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Straßengüterverkehr und kombinierten Verkehr Straße/Schiene, IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH), SGKV (Studiengesellschaft für den kombinierten Verkehr e.V.) im Auftrag mit dem IRU (International Road Transport Union) und BGL (Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL), April 2002.
- [44] „Der Kombinierte Verkehr im Alpen transit“, Diplomarbeit der Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der TU Wien Helmut Loderbauer, 1996.
- [45] Interview mit DI Erich Possegger, Leiter Terminal Services Austria (Rail Cargo Austria)
- [46] KV Neuentwicklungen, Christoph Müller, Internationales Verkehrswesen, April 2003 S. 161
- [47] [www.isu-system.de](http://www.isu-system.de)
- [48] [www.cargobeamer.com](http://www.cargobeamer.com)
- [49] Mobiler Verkaufsunterstützung, Walter Schwaighofer, Leiter Mobiler, Rail Cargo Austria Intermodal, 2005.
- [50] „Braucht die moderne Bahn noch Anschlussbahnen?“, Univ.-Prof. Dr.-Ing Ullrich Martin, Direktor des Instituts für Eisenbahn- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart, ETR März 2004
- [51] „Bedeutung, Planung und Förderung von Gleisanschlüssen“, Godehard Weber (Leiter Vertrieb und Fahrplan DB Netz), ETR Juli/August 2005.

- [52] „Die automatische Zugkupplung – Stand der Entwicklung und Versuchprogramm“, DI Adolf Felsing, DI Eberhard Hoffmann (DB AG), ETR April 1995.
- [53] Die automatische Zugkupplung – ein neuer Weg zur Ablösung der konventionellen Schraubenkupplung“, DI Gerhard Stieler (DB AG), DI Axel Schnelle (Knorr Bremse AG), ETR Mai 1992.
- [54] Automatisierung von Ablaufanlagen mit dem Kupplungsroboter, Univ.-Prof. DI Heinrich Rake, Univ.-Prof. DI Wulf Schwanhäuser, Univ.-Prof. DI Fritz Frederich, DI Manfred Enning (RWTH Aachen), ETR April 1993.
- [55] Revolutionieren innovative Wagenkomponenten die Zugbildung im Güterverkehr?, DI Adolf Felsing (DB AG), ETR Juli/August 1996
- [56] Zentralverschiebebahnhof Wien auf dem neuesten Stand der Technik, Johann Berger (ÖBB Infrastruktur Bau), Michael Glöckl (Siemens AG), Signal+Draht April 2007
- [57] „Einsatz des Simulationsmodells SIMU VII bei den österreichischen Bundesbahnen am Beispiel Knoten Oberösterreich“, Diplomarbeit der Institut für Betriebswissenschaft, Arbeits- und Wirtschaftslehre der TU Wien, Martin Duchek, 1996.
- [58] Präsentationsbroschüre von SIMU<sup>®</sup>, Ingenieurbüro für Bahnbetriebssystem GmbH, Hannover.
- [59] Interview mit Ing. Josef Höllmüller, ÖBB Netz- und Streckenentwicklung, Netzanalyse.
- [60] ERTMS Website der UIC: [ertms.uic.asso.fr](http://ertms.uic.asso.fr)



## Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Güterverkehrsleistung 1970-2000 [1] .....	11
Abb.2: Diskrimierungspotential je nach Organisationsart der Eisenbahnunternehmen [6]...	17
Abb.3: Liberalisierungsindex Bahn 2004 der EU-Mitgliedsländer [7].....	18
Abb.4: Strom- und Sicherungssysteme in Europa [5;31].....	19
Abb.5: Organisationsschema der ÖBB [13].....	26
Abb.6: Vernetzung der Komponenten in Telematiksysteme [21].....	34
Abb.7: System Konzept der KVMS [29] .....	38
Abb.8: Prinzipschema des elektronischen Alarmsystem (EWAS) [30].....	39
Abb.9: Betriebsablauf ETCS-1 Normalfall [31] .....	42
Abb.10: Betriebsablauf ETCS-1 Störfall [31] .....	42
Abb.11: Betriebsgrundlage des ETCS-2 [31] .....	43
Abb.12: Betriebsgrundlage des ETCS-3 [31] .....	43
Abb.13: Selbständige Checkpoint-Lösung [34].....	48
Abb.14: Checkpoint Daten Knoten [34] .....	49
Abb.15: Beispiel für Fahrplanfenster des Güterverkehrs bei vertaktem Personenverkehr einer Zulaufstrecke eines Knotens [40].....	60
Abb.16: Fahrbarer Portal Kran in Terminal Nord-West Bahn (Wien) persönliches Foto 4/2007..	67
Abb.17: Mobiles Umschlaggerät Terminal Nord-West Bahn (Wien) persönliches Foto 4/2007...	67
Abb.18: Prinzip des IUT-Systems [30] .....	69
Abb.19: Versuchsanlage des IUT Systems in Terminal Nord-West Bahn Wien .....	70
(persönliche Foto 4/2007) .....	70
Abb.20: Bestandteile der ISU (www.isu-system.de) [47].....	71
Abb.21: CargoBeamer : Funktionsweise [48].....	72
Abb.22: CaroBeamer: Systemübersicht [48] .....	73
Abb.23: Potentialabschätzung untersuchter Strategien zur Steigerung der Güterverkehrsleistung der Eisenbahn [50].....	78