

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

Sichere Ortung von Schienenfahrzeugen auf Regionalstrecken

Dr. Carla Eickmann, Wissenschaftliche Mitarbeiterin beim DLR
Katrin Gerlach, Matthias Grimm, Dr. Karsten Lemmer, Dr. Michael Meyer zu Hörste

Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung,
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in der Helmholtzgemeinschaft
Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig
T: 0531/295-3497 F: 0531/295-3402, E: Carla.Eickmann@dlr.de

1 Motivation

Die Nutzung des zukünftigen Europäischen Satellitennavigationssystems wird im Verkehrssektor zahlreiche Möglichkeiten auch für sicherheitskritische Anwendungen bieten. Da im Schienenverkehr nicht auf Sicht, sondern mit zentral geregelter Fahrerlaubnis gefahren wird, kann eine satellitenbasierte Ortung von Schienenfahrzeugen prinzipiell für die Zuweisung von Fahrerlaubnissen genutzt werden. Wesentliche Aspekte hierbei sind die erforderliche Genauigkeit und Verfügbarkeit der Ortungsinformationen sowie deren Aktualität. Um die Innovationsmöglichkeiten durch das zukünftige Europäische Satellitennavigationssystem auch im Eisenbahnverkehr zu nutzen, muss die Schwerfälligkeit berücksichtigt werden, die das System Eisenbahn in Bezug auf die Einführung von Innovationen begleitet.

Ziel dieses Beitrags ist das Aufzeigen von sicherheitskritischen Anwendungen des zukünftigen europäischen Satellitennavigationssystems im Schienenverkehr für einen Einsatz mit großem Migrationspotenzial. Während heute die erforderliche Ortung der Schienenfahrzeuge streckenseitig erfolgt, wird vorgeschlagen, diese Ortung auf das Fahrzeug zu verlagern. Damit verbunden ist eine Verlagerung der Kosten von der Streckenseite auf die Fahrzeugseite, was aufgrund der gesetzlich vorgegebenen Trennung von Netz und Betrieb eine nicht zu unterschätzende Hürde darstellt.

Bei der Betrachtung des Ortungssystems wird der Fokus auf eine schrittweise Einführung und auf die digitale Karte gelegt. Die prinzipielle Systematik eines solchen Ortungssystems wird im Beitrag von D. Beisel et al. am Beispiel DemoOrt erläutert.

1.1 ETCS

Es gibt ein europaweit verabredetes Vorgehen hin zu einer einheitlichen Sicherung des Zugverkehrs. Mit der Einführung dieses neuen Zugsicherungssystems ETCS (European Train Control System) sollen streckenseitige Einrichtungen für die Betriebsführung auf die

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

Fahrzeugseite verlagert werden. Diese Entwicklung soll schrittweise erfolgen. Bei ETCS-Level 1 (Abbildung 1) erfolgt die Ortung der Fahrzeuge und Kontrolle der Zugvollständigkeit über streckenseitige Balisen. Die Balisen können beim Passieren des Fahrzeugs eine Bremsung auslösen, wenn ein Signalbegriff missachtet worden ist. Die Überwachung des Bremsverlaufs erfolgt fahrzeugseitig in Abhängigkeit des zurückgelegten Weges. Für ETCS-Level 1 ist keine fahrzeugseitige Ortung erforderlich.

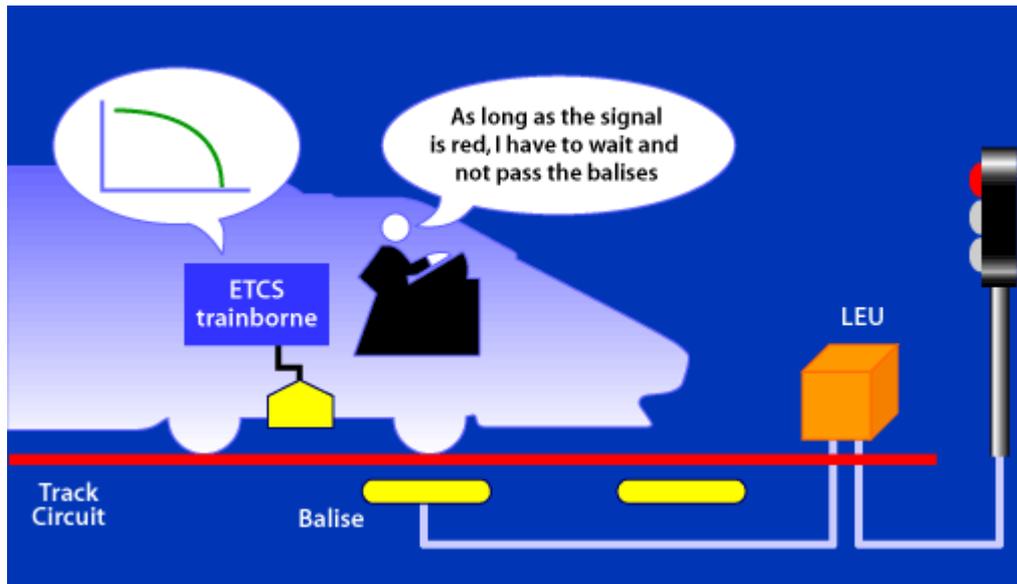


Abbildung 1: ETCS Level 1 [3]

Bei ETCS-Level 2 (Abbildung 2) erfolgt die Kommunikation zwischen Zentrale und Fahrzeug nicht mehr über ortsfeste Signale, sondern über Funk. Für die Einhaltung und Überwachung der gesendeten Fahrerlaubnis ist die Kenntnis der Fahrzeugposition auf dem Fahrzeug erforderlich. Die streckenseitige Ausrüstung beschränkt sich auf Balisen, die der absoluten Ortung und der Zugvollständigkeitsüberwachung dienen.

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

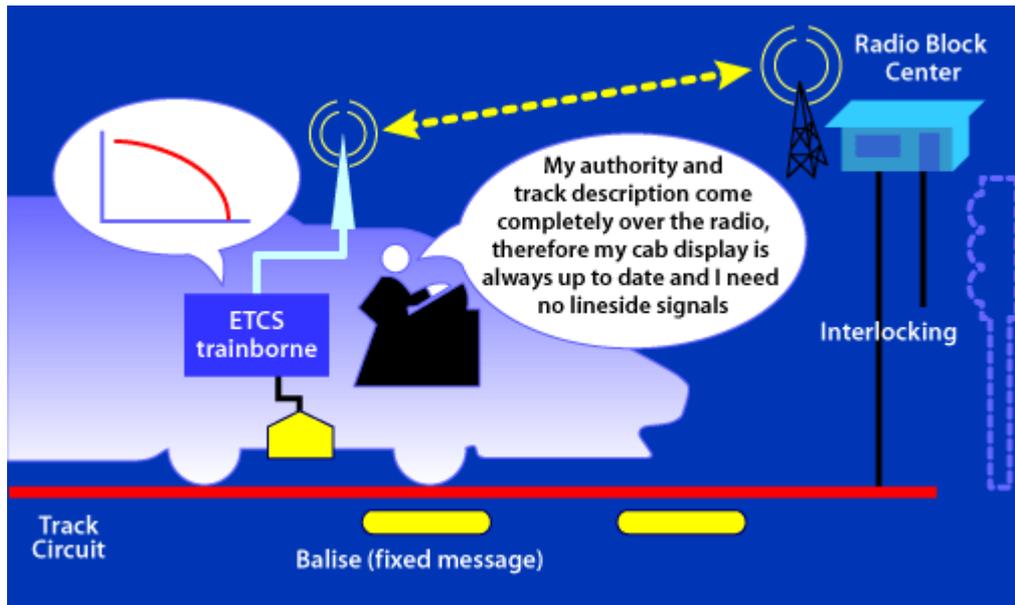


Abbildung 2: ETCS Level 2 [3]

Bei ETCS-Level 3 (Abbildung 3) wird die Zugvollständigkeit fahrzeugseitig überwacht. Das Fahrzeug ermittelt seine Position anhand von Balisen, Wegmessung und hinterlegten Geodaten.

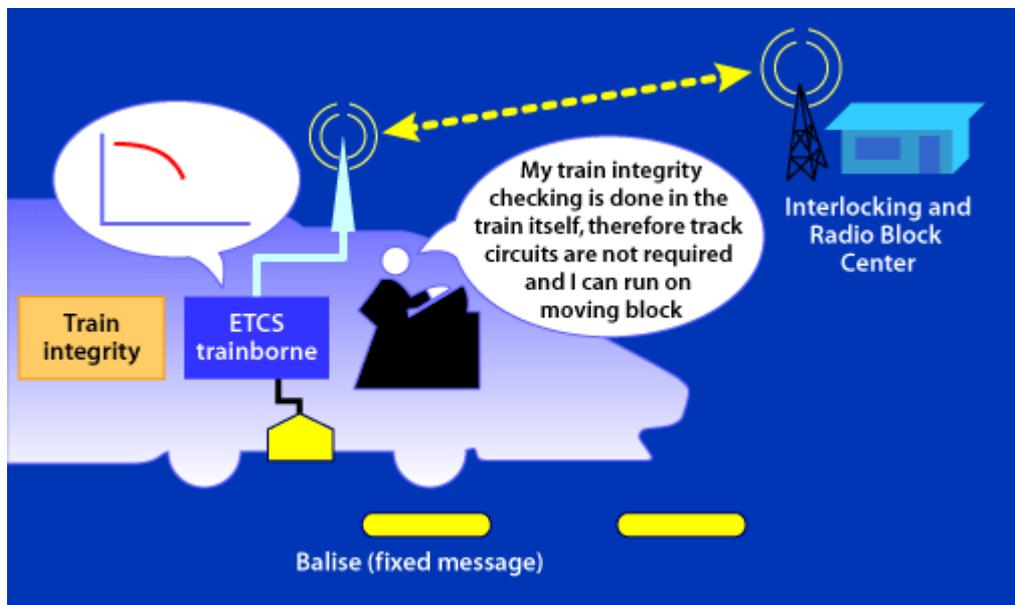


Abbildung 3: ETCS Level 3 [3]

Für diese Entwicklungsrichtung im Schienenverkehr - die Verlagerung von streckenseitigen Komponenten zur Betriebsführung auf die Fahrzeuge ist die Einbeziehung von GNSS (z. B. das zukünftige europäische Satellitennavigationssystem) prädestiniert. Angesichts der geplanten oder zu erwartenden Zeithorizonte für ETCS (Ausbaustufe ETCS 3 ist noch nicht

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

absehbar, für Ausbaustufe ETCS 2 sollen bis 2020 zwei Streckenkorridore in Europa in Betrieb sein) stellt sich die Frage, welche weiteren Strategien zur Einführung innovativer Ortungsverfahren mit dem zukünftigen europäischen Satellitennavigationssystem ihre Anwendung finden könnten.

Die Vereinheitlichung der Zugsicherungstechnik in Europa nützt in erster Linie den grenzüberschreitenden Verkehren. Dementsprechend werden Strecken mit internationaler Bedeutung vorrangig ausgerüstet. Daneben gibt es in Schweden einen Ansatz für eine regionale Anwendung von ETCS. Unter dem Namen ERTMS/ETCS & ERTMS REGIONAL soll bis 2009 ein Pilot erprobt werden, wobei hier streckenseitig neben den Balisen auch „Object Controllers“ einbezogen werden, da keine flächendeckende GSM-R-Ausleuchtung der Strecke vorausgesetzt wird.

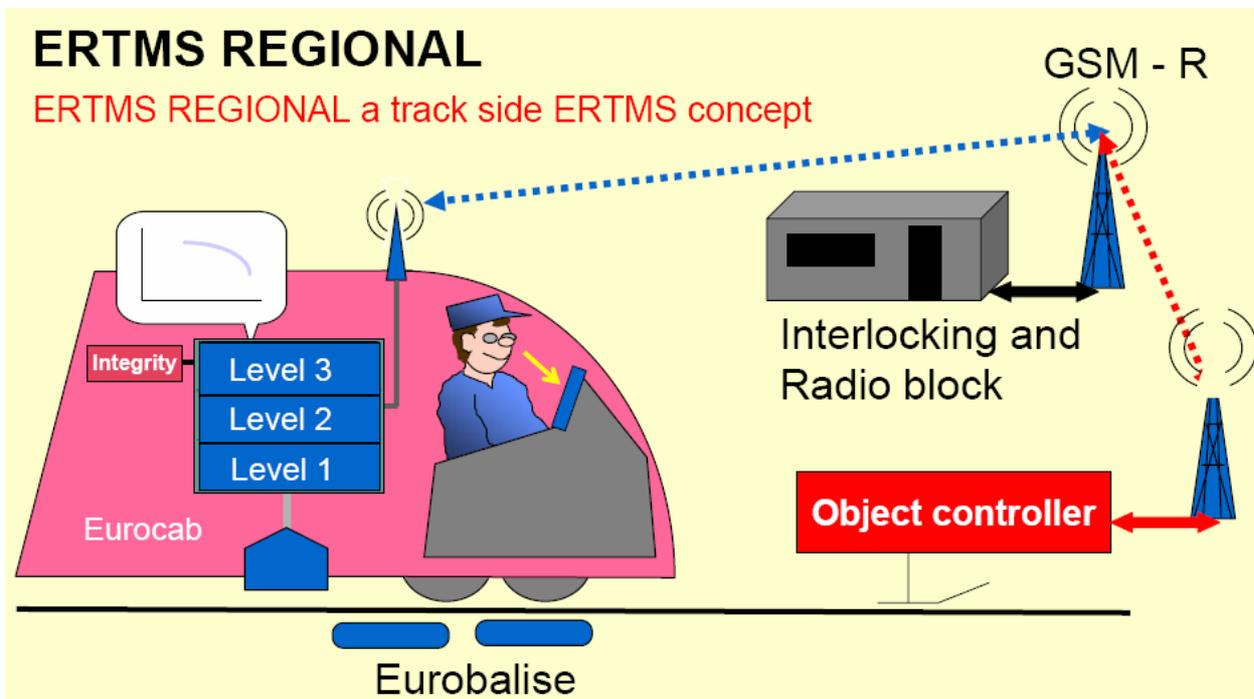


Abbildung 4: ERTMS Regional Pilot in Schweden [1]

1.2 Regionale Infrastruktur

Für die Entwicklung fahrzeugseitiger Ortungssysteme bieten sich Strecken an, deren Bedeutung in erster Linie im Zubringen zu den Hauptstrecken und nicht im Transitverkehr liegt. Solche Strecken müssen nicht dem Anspruch eines europaweiten Fahrzeugparks entsprechen, sondern können angesichts einer überschaubaren Anzahl von Fahrzeugen für Entwicklungsschritte herangezogen werden. Ein weiterer Vorteil regionaler Strecken für die Einführung von satellitenbasierten Ortungssystemen ist die in der Regel geringere Anforderung an die Streckenkapazität, da hierdurch größere Toleranzen bei der Genauigkeit in Gleislängsrichtung möglich sind.

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

Ein weiterer Grund für die Anwendung fahrzeugseitiger Ortungssysteme auf regionalen Eisenbahnstrecken liegt in den spezifischen Problemen dieser Strecken, wenn sie nur ein schwaches bis mäßiges Verkehrsaufkommen aufweisen. Denn durch den derzeitigen großen Aufwand für streckenseitige Infrastruktur (Gleisfreimeldung, Signalisierung, Zugbeeinflussung) und durch die mit alter Sicherungstechnik verbundenen hohen Betriebskosten sind weniger stark genutzte Strecken finanziell stark belastet. Bei zu geringer Auslastung der Strecken ist ein wirtschaftlich vertretbarer Betrieb unter Umständen nicht mehr gegeben. Die Folge kann eine Stilllegung solcher Strecken sein. Alternativ können Regionalstrecken auch ohne oder mit einem geringen Umfang an Technik im Zugleitbetrieb betrieben werden. Diese Betriebsweise ist zum einen an einen hohen Personalaufwand gebunden und zum anderen ist die Sicherheit nicht so hoch wie bei Betriebsverfahren mit Sicherungstechnik. Der Anteil regionaler Strecken am Gesamtstreckennetz ist hoch. Nimmt man eine nicht vorhandene Elektrifizierung undingleisigkeit einer Strecke als Hinweis auf eine schwächere Nutzung, dann kommen 41 % des 38.000 km umfassenden Streckennetzes in Deutschland für neue Ortungssysteme infrage [2]. Abbildung 5 unterstreicht den großen Anteil an Strecken mit geringer Nutzung.

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

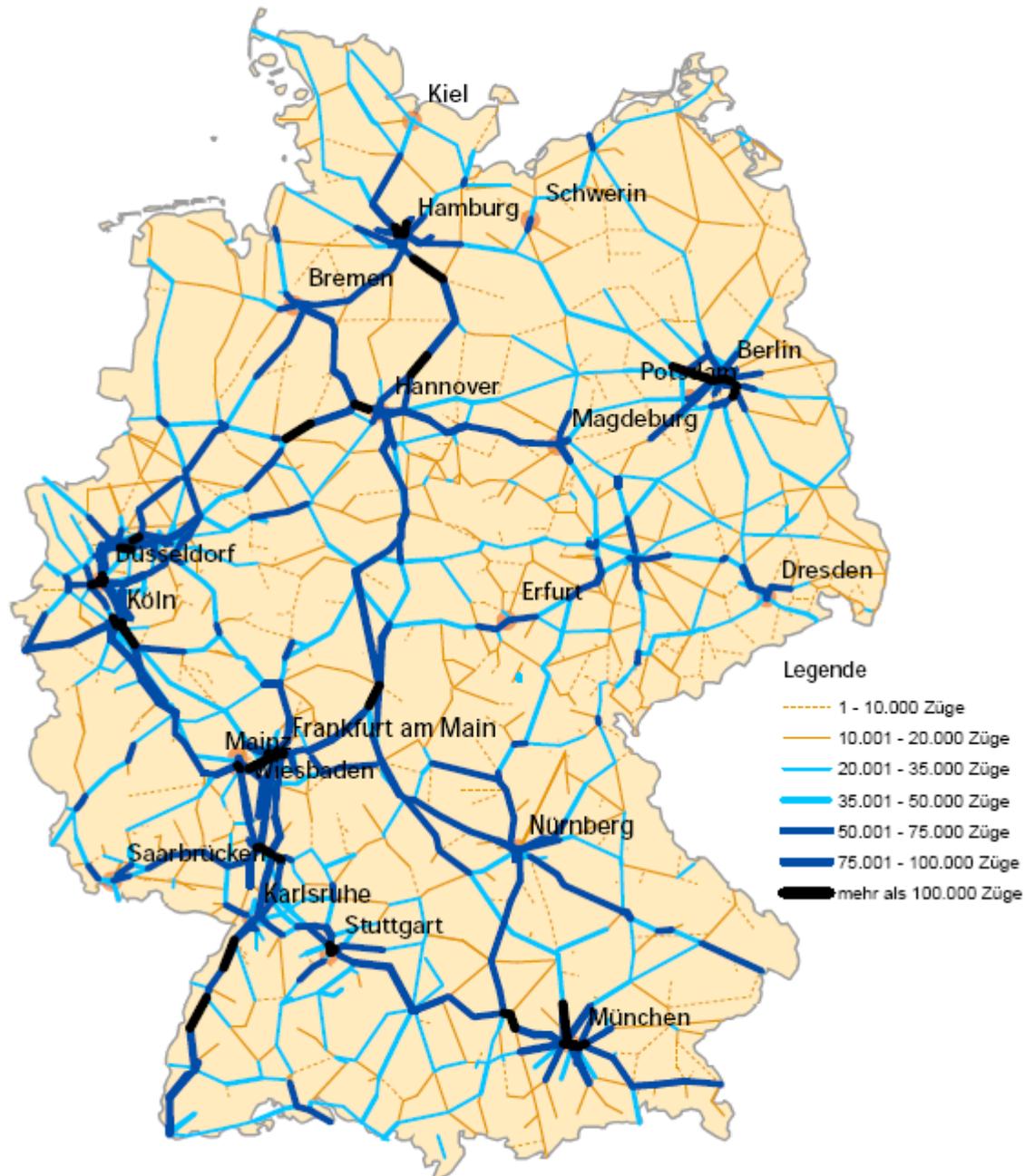


Abbildung 5: Belastung des Schienennetzes der Eisenbahnen 2005 [2]

Es ist somit ein großer Anteil an schwach genutzten Strecken vorhanden, bei denen die Betriebsführung durch die Verlagerung von streckenseitigen Komponenten der Leit- und Sicherungstechnik auf die Fahrzeuge gesenkt werden könnte und es ist gleichzeitig ein migrationsfähiges Anwendungsfeld im Eisenbahnverkehr gegeben, für das sicherheitskritische Anwendungen für das zukünftige europäische Satellitennavigationssystem entwickelt und erprobt werden können, deren Zeithorizont deutlich unter dem gesamteuropäischen Vorhaben ETCS liegen kann.

2 Lösungsansatz fahrzeugseitiges Ortungssystem

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

Neue Ortungssysteme bieten die Möglichkeit für veränderte Betriebsführungskonzepte. Mit dem hier vorgestellten Ortungssystem soll der Ablauf des Verkehrs von Schienenfahrzeugen zunächst unverändert bleiben. Er wird nach wie vor über den Betrieb der Infrastruktur geregelt. D.h. es werden von der Zentrale, dem Stellwerk, aus Fahrerlaubnisse erteilt. Für diese Fahrerlaubnisse ist die Kenntnis der Position jedes Schienenfahrzeugs erforderlich. Es wird somit auch weiterhin von einer Aufteilung des Fahrwegs in Blöcke, in denen sich stets nur ein Zug befinden darf, ausgegangen.

2.1 Aufbau Ortungssystem

Ein mögliches System zur fahrzeugseitigen Ortung von Schienenfahrzeugen stellt das Ortungssystem POSITRON (Positioning for safe Train Operation and Navigation) dar, das zur Zeit beim Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung im DLR entwickelt, aufgebaut und erprobt wird. Es besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- GNSS
- Weiterem Sensor; hier Wirbelstromsensor
- Digitale Karte
- Fahrzeugrechner

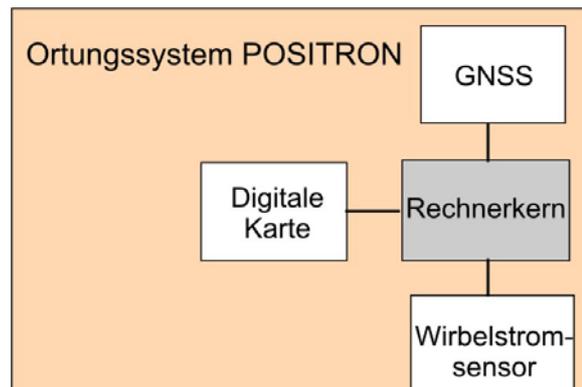


Abbildung 6 Ortungssystem POSITRON

Außerdem ist ein geeignetes Kommunikationssystem erforderlich.

2.2 Funktion Ortungssystem

Der Startpunkt einer Zugfahrt wird mittels GNSS räumlich eingegrenzt und durch die Überfahrt von zwei Weichen verifiziert. Der Wirbelstromsensor dient als Odometer und als Sensor zur Detektion von Weichen, die aufgrund ihrer Signatur (z. B. Herzstück, Radlenker) als absolute Ortungspositionen erkannt werden. Aus beiden Sensoren wird ein Wert für den momentanen Ort ermittelt und auf eine hinterlegte digitale Karte bezogen. Mithilfe der digitalen Karte und des Fahrzeugrechners werden aus den Sensordaten bereits im Fahrzeug streckenbezogene Kilometerangaben abgeleitet. In der Zentrale werden diese Positionsangaben ebenfalls auf eine digitale Karte bezogen und für die weitere Betriebsführung verwendet.

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

2.3 Umsetzungsstufen

Durch stufenweise Erweiterung der Anwendungen einer fahrzeugseitigen Ortung nehmen die Anforderungen an das Ortungssystem zu. Die Einsatzmöglichkeiten eines solchen Ortungssystems richten sich nach dem Grad der zu substituierenden streckenseitigen Infrastruktur. Die Ortung von Schienenfahrzeugen wird heute (siehe Abbildung 7) über streckenseitige Achszähler oder über Gleisstromkreise realisiert (1). Die Zugsicherung erfolgt über kombinierte Strecken- und Fahrzeugeinrichtungen (2), die Vermittlung der Fahrerlaubnis erfolgt über streckenseitige Signale (3). Außerdem werden von der Zentrale aus die Fahrwegelemente (Weichen) gesteuert (4). Es wird im Folgenden dargestellt, wie die Anforderungen an die Genauigkeit des Systems mit zunehmender Anzahl an Anwendungsfunktionen steigen.

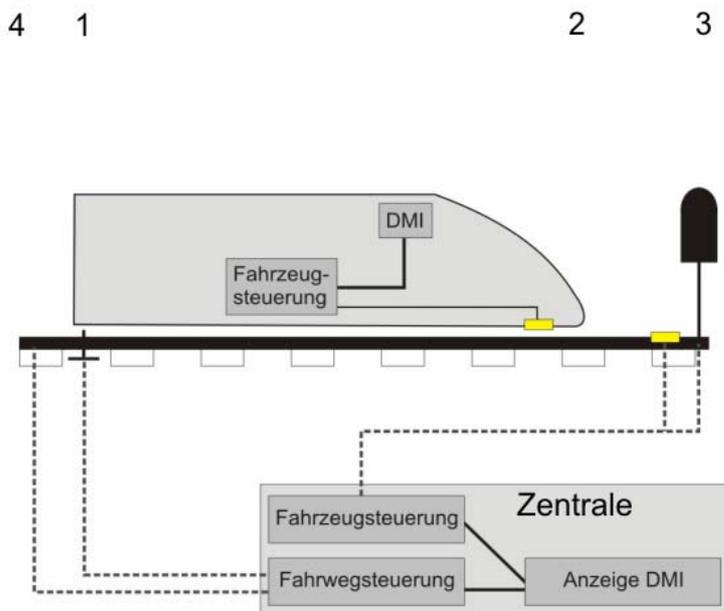


Abbildung 7: Ortung, Zugsicherung und Signalisierung heute

2.3.1 Stufe 1: Ortung der Fahrzeuge für Gleisfreimeldung

Die Elemente für die heute streckenseitige Ortung (Achszähler, Gleisstromkreise) können im ersten Schritt durch fahrzeugseitige Ortungssensoren und Datenauswertung ersetzt werden. Wesentliche Voraussetzung hierfür ist eine fahrzeugseitige Überprüfung der Zugvollständigkeit, bzw. eine Ortung von Zugspitze und Zugende. Weiter ist eine Kommunikation zwischen Fahrzeug und Zentrale erforderlich.

POSITIONs Kongress 2007
15. - 17. Oktober 2007

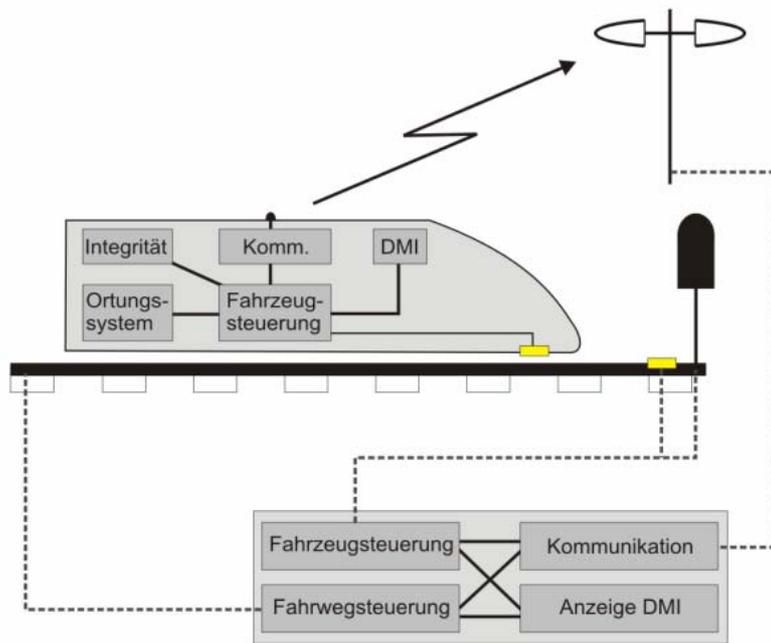


Abbildung 8: Ortungssystem POSITRON Stufe 1

Bei dieser Lösung sendet das Fahrzeug in definierten Zeitintervallen seine Position an die Zentrale. Die Steuerung der Signale und die zugehörige Steuerung der streckenseitigen Zugbeeinflussungsanlagen erfolgt wie heute über die Zentrale.

Die Anforderungen an die Genauigkeit des Ortungssystems sind zum einen abhängig von der verfügbaren Infrastruktur. Wenn ein Fahrzeug vor einem Signal vor einer Weiche oder einem anderen Gefahrenpunkt zum Stehen kommt, dann muss der zugewiesene Haltepunkt mindestens den Bereich der Genauigkeit vom Gefahrenpunkt entfernt sein. Je größer der Abstand zwischen Gefahrenpunkt und Haltsignal ist, desto geringer ist die erforderliche Genauigkeit.

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

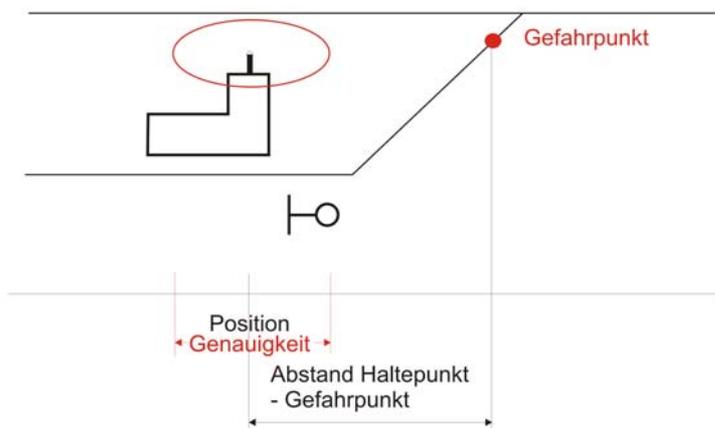


Abbildung 9: Verfügbare Toleranz bezüglich Genauigkeit vor einem Gefahrenpunkt

Zum anderen korrelieren die Anforderungen an die Genauigkeit mit der erforderlichen Kapazität der Strecke. Die erforderliche Mindestzugfolgezeit ist bei schwachem Verkehrsaufkommen geringer als bei hohem Verkehrsaufkommen. Hierdurch kann ein geringer Genauigkeitsgrad toleriert werden, ohne dabei Einbußen in der Sicherheit zu riskieren.

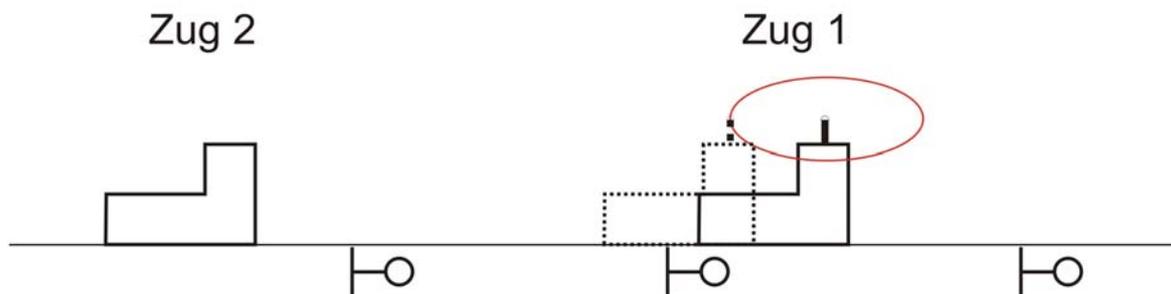


Abbildung 10: Zugfolge bei geringer Genauigkeit des Ortungssystems

Abbildung 10 zeigt zwei aufeinander folgende Züge. Bei einer Ortung von Zug 1 mit einer hohen Genauigkeit wäre der zurückliegende Block eindeutig geräumt. Das Signal für Zug 2 könnte auf Fahrt gestellt werden. Bei einer ungenauen Ortung ist nicht auszuschließen, dass das Zugende von Zug 1 noch den zurückliegenden Block belegt. Infolge muss das Signal für diesen Block auf Halt stehen bleiben.

Diese geringeren Anforderungen an die Genauigkeit ermöglichen ein optimales Anwendungsfeld für sicherheitskritische Ortung. In Querrichtung hingegen muss das

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

Ortungssystem eine gleisgenaue Angabe unabhängig von der erforderlichen Streckenkapazität ermöglichen.

2.3.2 Stufe 2: Substitution der punktförmigen Zugbeeinflussung

Im zweiten Schritt kann der streckenseitige Teil der Zugsicherung entfallen. Die punktförmige Zugbeeinflussung, die für Strecken bis 160 km/h in Deutschland eingesetzt wird, überträgt heute per Induktion ein Signal an das Fahrzeug, ob eine Überschreitung der Fahrerlaubnis vorgelegen hat. Sollte dies der Fall sein (z.B. Fahrt über Halt zeigendes Signal), dann wird der fahrzeugseitige Teil der Ausrüstung aktiviert und eine Zwangsbremung ausgelöst. Soll also entsprechend Stufe 2 der Anwendung eines fahrzeugseitigen Ortungssystems der streckenseitige Teil der punktförmigen Zugbeeinflussung entfallen, dann muss die Information des bisherigen streckenseitigen Elements an den Zug übermittelt werden (Mitteilung, ob die Zugbeeinflussung aktiviert werden soll). Hierfür muss das Fahrzeug über eine entsprechende Einrichtung zum Anregen der Fahrzeugausrüstung verfügen.

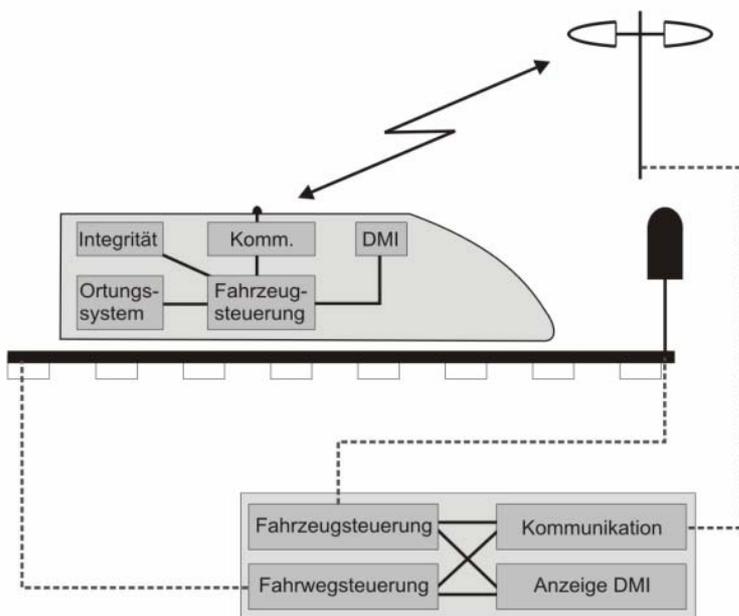


Abbildung 11: Fahrzeugseitige Ortung mit Auslöser für Zugbeeinflussung

Im Unterschied zum ersten Schritt sind die Anforderungen an die Genauigkeit eines Ortungssystems mit punktförmiger Zugbeeinflussung wesentlich höher. Nach Missachtung eines Signalbegriffs muss die Zugbeeinflussung aktiv werden, bevor es zu einer gefährlichen Situation kommen kann. Der zur Verfügung stehende Weg, der hinter einem Signal gesichert

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

werden muss, wird „Durchrutschweg“ genannt. Je höher die zulässige Streckengeschwindigkeit ist, desto länger ist der erforderliche Durchrutschweg. Das heißt, bei regionaler Infrastruktur mit geringer zulässiger Geschwindigkeit können die erforderlichen Durchrutschwege entsprechend kurz sein (bei Streckengeschwindigkeiten bis 60 km/h entsprechend minimal 100 m Durchrutschweg). Eine zu geringe Genauigkeit eines neuen Ortungssystems könnte zu zu kurzen Durchrutschwegen führen.

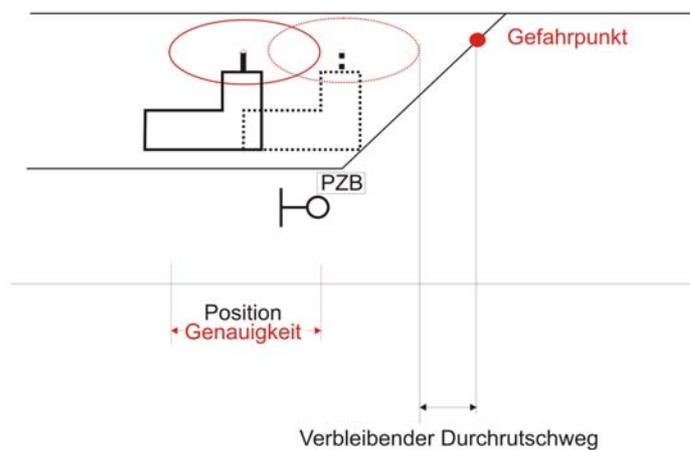


Abbildung 12: Verringerung des Durchrutschwegs bei zu geringer Genauigkeit

Das Ortungssystem muss nicht nur den aktuellen Ort ermitteln, sondern muss auch erkennen, ob eine als definierter Referenzpunkt markierte Position einer Zugbeeinflussung passiert worden ist.

2.3.3 Stufe 3: Wegfall von streckenseitigen Signalen

Bei dieser Stufe sind die Signalbegriffe dem Triebfahrzeugführer in den Führerstand zu übermitteln. Der Aufwand für diesen Schritt wird unter anderem durch das zusätzliche Display für den Triebfahrzeugführer gesteigert. Diese dritte Stufe ermöglicht prinzipiell neue Betriebsverfahren unabhängig von der Einteilung in starre Blöcke. Signalstandorte können prinzipiell verschoben werden. Die Zugfolge kann flexibler gestaltet werden.

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

sind. Darüber hinaus könnte bei Fahrzeugen, die speziell auf solchen Regionalstrecken eingesetzt werden, auf Balisenleser verzichtet werden.

3 Digitale Karte

In letzter Zeit gehört insbesondere die digitale Karte zum Gegenstand wissenschaftlicher und technischer Diskussionen in Bezug auf eine erforderliche Sicherheit. Es soll hier daher dargestellt werden, in welchem Maße mit der oben beschriebenen zunehmenden Anzahl an Funktionen des Ortungssystems die Anforderungen an die digitale Karte steigen.

Insbesondere die erforderliche Aktualität der digitalen Karte wird thematisiert.

3.1 Umfang

Eine digitale Karte ist eine Datenbank oder eine Datei, die dadurch zu einer Karte wird, dass sie alle relevanten Punkte und Abschnitte der Strecke sowie die dazugehörigen Parameter enthält. Sie entspricht einer herkömmlichen Karte, sobald ein Ausdruck oder eine Bildschirmdarstellung produziert wird. Für das dargestellte Ortungssystem POSITRON muss die digitale Karte für die Anzeige der Zugposition folgende Daten enthalten:

- Ein Bezugskordinatensystem
- Den Streckenverlauf (beispielsweise in Form eines Knoten-Kanten Modells, dazu die Attribute von Knoten und Kanten)
- Den Bezug zwischen Koordinaten und Strecken
- Referenzpunkte (Signalstandorte, Gefahrenpunkte, Weichen etc)

Die erforderlichen Referenzpunkte sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Aufgabe Ortungssystem	Anforderungen Zug	Hinterlegte Elemente
Stufe 1 Gleisfreimeldung	Überprüfung Zugvollständigkeit, Kommunikations- möglichkeit	Fahrweg (Gleise, Weichen)
Stufe 2 Gleisfreimeldung + Zielpunktüberwachung	+ Möglichkeit zur PZB- Aktivierung	Fahrweg, Referenzpunkte (Positionen PZB)
Stufe 3 Gleisfreimeldung + Zielpunktüberwachung + Signalbegriffe überliefern	+ Führerstandanzeige und Kommunikation Führerstand	Fahrweg, Referenzpunkte (Positionen Signale, Positionen Blockanfang, Blockende, Positionen Zugbeeinflussung)
Stufe 4 Steuerung der Fahrwegelemente	Steuerung Fahrwegelemente Kommunikation mit anderen Zügen	Fahrweg, Referenzpunkte (z.B. Gefahrpunkte) ggf. Stellung der Fahrwegelemente

Tabelle 1: Erforderliche Informationen der digitalen Karte in Abhängigkeit der Anwendung des Ortungssystems (+: zusätzlich zur vorhergehenden Stufe)

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

Für die Erstellung der Ortungsinformation sind weitere Daten auf der digitalen Karte erforderlich:

- GNSS-Daten und Transformation auf das Koordinatensystem
- Weichensignaturen
- Ergänzende Informationen, wie z.B. Hinterlegung von Bereichen, in denen einzelne Sensoren nicht glaubwürdig sind (z.B. Bereiche ohne Schienenbefestigung für Radar- oder Wirbelstromsensor oder Bereiche starker Reflexion für GNSS)

Es bietet sich an, diese diese weiteren Daten mit zur digitalen Karte zu zählen. Der genaue Umfang, Struktur und Inhalt der digitalen Karte ist derzeit noch Gegenstand wissenschaftlicher Arbeiten.

3.2 Aktualität und Fehlererkennung

Sobald POSITRON Sicherheitsverantwortung übernimmt, muss auch die digitale Karte neben den funktionalen Anforderungen eine Reihe von nicht-funktionalen Anforderungen erfüllen. Zu diesen Anforderungen gehört:

- Es dürfen keine Inkonsistenzen in der Karte auftreten, wie z.B. Gleise weisen eine Lücke auf oder zwei Gleise sind fehlerhaft als verbunden dargestellt. Solche Fehler müssen soweit wie möglich automatisch erkannt werden
- Es darf keine veraltete Karte verwendet werden.

Man kann die möglichen Fehler weiter im Detail klassifizieren. So sind z.B. prinzipiell folgende Fehler bei den Positionsangaben möglich:

Daten sind fehlerhaft in Längsrichtung

- Daten geben falsches Gleis an
- Daten können keinem Gleis zugeordnet werden

Für jede dieser möglichen Abweichungen kann die Ursache sowohl in den Sensoren und ihrer Auswertung, in der Kommunikation wie auch in der digitalen Karte liegen. Das Ortungssystem POSITRON wird so aufgebaut, dass Messfehler nach Möglichkeit erkannt und soweit möglich eliminiert werden. Die Anforderungen an die digitale Karte sind daher so zu formulieren, dass diese genannten Fehler nicht durch die digitale Karte zustande kommen können.

Die Aktualität der digitalen Karte kann unterschieden werden nach

- Einflüsse, die keine Änderung der Infrastruktur darstellen

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

- Änderungen, die keine betrieblichen Auswirkungen haben, aber eine Anpassung der Sensorik erforderlich machen (z.B. Abrieb von Schienenoberkanten, Veränderungen der Weichensignatur)
- Änderungen der Witterung (Nässe, Laub) (nur bei Odometer)
- Änderungen, die den Betrieb beeinflussen (Fahrweg (Weichenverbindungen, Streckensperrungen...), Referenzpunkte, ggf. Signalbegriffe)

Für eine Anwendung des Ortungssystems auf der ersten Stufe, also als Ersatz für die streckenseitige Gleisfreimeldung, können solche Fehlermöglichkeiten bezüglich der digitalen Karte gut erkannt und behoben werden. Vermessungsfahrten, bei denen insbesondere die Blockgrenzen überprüft werden, können zu einer Beseitigung etwaiger Fehler der digitalen Karte genutzt werden. Die digitale Karte muss nur bei baulichen Veränderungen angepasst werden.

Die digitale Karte ist sowohl im Fahrzeug wie auch in der Zentrale hinterlegt. Die Aktualität ist auf bauliche Maßnahmen beschränkt. Die Aktualität der Karte ist mit einfachen Mitteln zu gewährleisten, da bauliche Maßnahmen auf Regionalstrecken nicht täglich vorkommen. Bei der zweiten Stufe der POSITRON-Anwendung wird auch die Zugbeeinflussung einbezogen. Die Anforderungen an die digitale Karte sind für diese Stufe zunächst vergleichbar den Anforderungen für die erste Stufe. Hinzu kommt die Hinterlegung der Referenzpunkte, also der Standorte von Zugbeeinflussungsanlagen, auf der digitalen Karte. Die Einrichtung solcher Zugüberwachungseinrichtungen ist mit POSITRON keine bauliche Veränderung. Insofern ist die Aktualität der Karte auch bei baulicher Unveränderbarkeit nicht mehr unbedingt gegeben. Aus der Hinterlegung von Referenzpunkten können Fehler resultieren. Eine Abweichung der Aktualität der Karten auf einem Fahrzeug und in der Zentrale muss verhindert werden. Das Prüfen nach solchen Fehlern ist aufwändiger als für die erste Stufe. Das heißt, die Anforderungen an die digitale Karte und an die Vermeidung von Fehlern sind für diese Stufe höher.

Noch höher sind die Anforderungen bei der dritten Stufe, bei der die Signalisierung über den Führerstand erfolgt. Neben baulichen Veränderungen und der Hinterlegung von Referenzpunkten für Zugbeeinflussung müssen Signalstandorte in der digitalen Karte vermerkt sein. Fehlerhaft eingetragene Signalstandorte müssen identifiziert werden.

3.3 Gültigkeit

Bei dem genannten Ortungssystem POSITRON ist die digitale Karte sowohl im Fahrzeug wie auch in der Zentrale hinterlegt. Beide Karten müssen zueinander passen und dem tatsächlichen Streckenzustand entsprechen. Eine Möglichkeit für die Überprüfung der

POSITIONs Kongress 2007

15. - 17. Oktober 2007

Übereinstimmung beider Karten wäre ein Abgleich zu Beginn des Fahrzeugeinsatzes, indem das jeweilige Datum der Karten verglichen wird.

3.4 Weitere Nutzungen der digitalen Karte

Die in der digitalen Karte hinterlegten Informationen können auch für andere Anwendungen genutzt werden bzw. Daten für andere Nutzungen können mit der digitalen Karte von POSITRON vereint werden. Weitere Datennutzungen können sich aus Ortungsanwendungen für nicht sicherheitsrelevante Aufgaben (Fahrzeugdisposition, Fahrgastinformation) ergeben. Weitere Gründe für die Haltung aktueller Infrastrukturdaten können in der Instandhaltung oder in der Fahrplanplanung liegen. Neben der gemeinsamen Datenhaltung kann mithilfe des Ortungssystems eine permanente Aktualisierung vorgenommen werden. Diese kann mit mitlaufenden Inspektionseinrichtungen kombiniert werden. Hier zeigt sich ein weites Feld weiterer Aufgaben im Eisenbahnbereich.

4 Fazit

Regionale Infrastruktur bietet ein optimales Einstiegsfeld für das zukünftige europäische Satellitennavigationssystem für sicherheitskritische Anwendungen im Schienenverkehr. Das hier vorgestellte Ortungssystem POSITRON ist stufenweise einführbar und kann mit dem zukünftigen Zugsicherungssystem ETCS kombiniert werden. Es bietet die Möglichkeit, die streckenseitigen Kosten von schwach ausgelasteten Strecken zu reduzieren.

Die dargestellten Anforderungen an die Genauigkeit des Ortungssystems veranschaulichen die Vorteilhaftigkeit regionaler Strecken gegenüber stark ausgelasteten Hauptstrecken im internationalen Verkehr.

Anhand der digitalen Karte lässt sich sehr gut die Steigerung der Anforderungen in Abhängigkeit der Funktionen des Ortungssystems darstellen.

5 Literatur

- [1] Frøsig, Poul: ERTMS/ETCS & ERTMS REGIONAL, the European Train Control System UIC; UIC ERTMS REGIONAL Workshop 2005
- [2] Statistisches Bundesamt: Verkehr; Eisenbahnverkehr; Betriebsdaten des Schienenverkehrs; Fachserie 8 Reihe 2.1; erschienen am 21. August 2007, Artikelnummer: 2080210057004
- [3] UNIFE (Union of European Railway Industries): ERTMS website; <http://www.ertms.com/> (02.09.2007)