

Geo-intelligente Konfiguration der mobilen Kommunikationsnetze der Deutschen Bahn AG

Walter Friederici
DB Netz AG
Ralf Krämer
Pitney Bowes Software GmbH

Global System for Mobile Communications – Rail (GSM-R) ist ein Mobilfunksystem, das auf dem weltweiten Funkstandard GSM aufbaut und für die Verwendung bei den Eisenbahnen angepasst wurde.

Schon seit den 80er Jahren streben die Bahnen in Europa nach einer Vereinheitlichung der Eisenbahntechnik auf europäischer Ebene. Dadurch sollen unter anderem Schwierigkeiten beim Übergang von Zügen auf Schienennetze bzw. Kommunikationsnetze von Nachbarländern überwunden werden. Unter dem Dach des Internationalen Eisenbahnverbandes UIC (Union Internationale de Chemin de Fer) wurde 1993 als erster Schritt eine Vereinheitlichung der Signaltechnik festgelegt. GSM-R wurde somit als Standard für ein europaweites Verkehrsmanagementsystem ERTMS (European Rail Traffic Management System) etabliert. Vier Jahre später unterzeichneten 32 europäische Bahnen – darunter die Deutsche Bahn AG (DB) – eine Erklärung zur Einführung von GSM-R.

1 GSM-R bei der Deutschen Bahn

Neben der Motivation eines funktechnisch einheitlichen „Bahneuropas“ gab es für die Deutsche Bahn organisatorische bzw. betriebswirtschaftliche Überlegungen, die zu

einer Vereinheitlichung in Richtung GSM-R führen sollten. Nach der Wiedervereinigung und der daraus resultierenden Zusammenführung von Bundesbahn und Reichsbahn hatte die Deutsche Bahn sieben verschiedene analoge Zugfunksysteme in Betrieb. Dementsprechend groß war das Optimierungspotenzial, aus dem sich die Festlegung auf einen Funkstandard ergeben sollte. Im Jahre 1998 fiel bei der Deutschen Bahn der Startschuss; das Projekt „GSM-R“ wurde ins Leben gerufen. Am 1. Oktober 1999 wurden der Öffentlichkeit die Pläne für den GSM-R Aufbau vorgestellt. In den kommenden Jahren sollten 29 000 der insgesamt 34 000 betrieblich genutzten Netzkilometer mit GSM-R ausgestattet werden. Am 1. August 2002 wurde GSM-R auf der Schnellfahrstrecke Köln-Rhein/Main in Betrieb genommen. Bis März 2007 war GSM-R entlang von 20 000 Streckenkilometern verfügbar. Im September 2007 waren es bereits 24 000 km und im April 2010 mehr als 25 000 km. Allein bis 2007 wurden dafür rund 2 900 Basisstationen (BTS), 63 Basisstationssteuerungen (BSC), sieben Vermittlungsstellen (MSC) und vier Operation & Maintenance Center (OMC) aufgebaut, sowie rund 10 000 Fahrzeuge für GSM-R umgerüstet und 3 000 Teilnehmer im Festnetz angebunden.

2 Anforderungen an die Einrichtung und den Betrieb von GSM-R

Wie andere terrestrische Mobilfunknetze ist auch das Mobilnetz der DB (GSM-R)

zellular aufgebaut. Eine Zelle besteht dabei aus einer Basisstation, die ein bestimmtes Gebiet versorgt. Dabei ist das GSM-R Netz der Bahn linear entlang der Strecke ausgerichtet. Durch diese Charakteristik einer zellularen Versorgung bestimmter Gebiete (Streckenabschnitte) ist gleichzeitig ein starker geografischer Zusammenhang gegeben, dem im planerischen Umfeld durch entsprechende Software-Tools Rechnung getragen werden muss. Außerdem werden seitens UIC zusätzliche Dienste gefordert, die ebenfalls sehr stark von den räumlichen (geografischen) Gegebenheiten abhängig sind (Abb. 1).

- So muss z. B. die Anruferzustellung abhängig vom Aufenthaltsort des Anrufenden möglich sein. Ein Triebfahrzeugführer kann auf diese Weise mit der gleichen Rufnummer immer den für seinen aktuellen Aufenthaltsort (Streckenabschnitt) betrieblich zuständigen Fahrdienstleiter erreichen. Location Dependent Addressing (LDA) nennt sich dieser Dienst der gerade bei Störfällen für den Triebfahrzeugführer eine zentrale und wichtige Rolle spielt.
- Ein weiterer wichtiger Dienst im Rahmen von GSM-R ist der sogenannte Voice

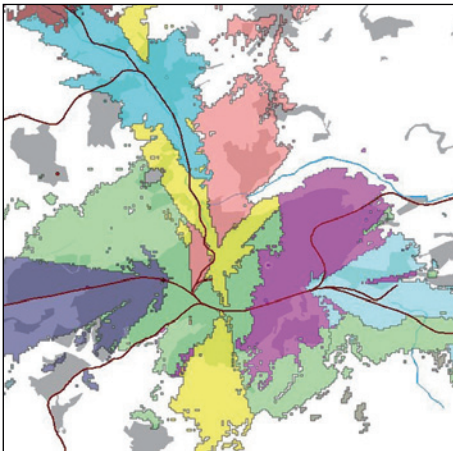


Abb. 1: Lineare Funkausleuchtung von GSM-R

Group Call Service (VGCS). Hierbei handelt es sich um einen Sammelanruf, der zeitgleich an ganze Nutzergruppen zugestellt wird und in dem alle Teilnehmer sprechen können. Die geografische Steuerung dieses Dienstes erlaubt es, dass mit einem einzigen Ruf alle Teilnehmer – vom Triebfahrzeugführer bis zum Gleisarbeiter – innerhalb eines bestimmten Gebietes (Group Call Area) erreicht werden können. Wichtig ist, dass dabei auch der betrieblich zuständige Fahrdienstleiter berücksichtigt werden kann, obwohl er sich üblicherweise nicht in der betroffenen Region aufhält, sondern in der zugehörigen Leitstelle sitzt. Durch die Einführung von GSM-R wird durch eine schnelle und effiziente Kommunikation, ein Höchstmaß an Sicherheit und eine Optimierung der bahnbetrieblichen Abläufe gewährleistet.

Die Installation des GSM-R Netzes und die Konfiguration der Netzdienste ist jedoch mit einem erheblichen technischen, organisatorischen und personellen Aufwand verbunden. Damit das Telekommunikationsnetz gemäß den bahnbetrieblichen Vorgaben seinen Dienst aufnehmen kann, müssen sämtliche Telefonnummern und geografische Zuständigkeitsbereiche im Telekommunikationssystem hinterlegt bzw. eingearbeitet werden. Während dieses Vorganges, den man Parametrierung nennt, werden alle relevanten Netzparameter geplant, erfasst und anschließend in das GSM-R Netz eingespielt. Dabei müssen selbstverständlich auch sämtliche, für LDA und VGCS wichtigen, geografischen Abhängigkeiten und Beziehungen vom Netzplaner berücksichtigt werden. Angesichts der rund 5000 über ganz Deutschland verteilten Funkzellen, die von ca. 2600 Funkbasisstationen versorgt werden, ist das ein komplexes Unterfangen, zumal die Zellen aus Planungsgründen nicht einfach von Norden nach Süden gemäß ihrer Anordnung von 1 bis 5000 durchnummeriert sind.

Auch müssen für das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) sämtliche in das Netz einzubringende Parameter zur Prüfung und Freigabe eingereicht, sowie dokumentiert werden. Dadurch vervielfacht sich der zeitliche und organisatorische Aufwand. Eine geeignete Verwaltung und Präsentation der zu konfigurierenden Dienste war bzw. ist unerlässlich.

Die anfängliche Parametrierarbeit an der Basiskonfiguration erfolgte in mehreren Schritten:

- zentrale Ermittlung der betrieblichen Zuständigkeiten (Fahrdienstleiter, Notrufe, etc.),
- Erfassung der Konfiguration in Microsoft Excel[®] (Knoten-Strecke-Knoten),
- EBA Genehmigungsprozess,
- Weitergabe der erstellten Daten an Arcor/DB Telematik GmbH (heute DB Systel),
- manuelles Einspielen der Konfigurationsparameter in die Netzwerkelemente wie z. B. MSC, IN etc. (später auch über grafisch gestützte Schnittstellensoftware RSM).

Dieser Konfigurationsprozess dauerte in der Regel mehrere Wochen und wurde im Laufe der Zeit immer komplexer und zeitaufwendiger. Vor allem das Änderungsmanagement bereits erstellter Konfigurationen erwies sich als besonders zeit- und kostenintensiv. Es zeigte sich, dass diese Arbeitsweise mit der Zeit sehr unübersichtlich wurde und nur noch sehr schwer zu kontrollieren und zu managen war. Vor allem komplexe Dienste wie LDA konnten darüber nicht mehr in geeigneter Art und Weise abgebildet und verwaltet werden. Für die verantwortlichen Personen wurde es zunehmend schwieriger, eine konsistente und fehlerfreie Konfigurationsarbeit zu leisten.

Die DB Netz AG suchte ab Mitte 2003 nach einer Lösung, die unter Berücksichtigung des Raumbezugs eine sichere Parametrierung, Konfiguration und Verwaltung der GSM-R Dienste ermöglicht.

Nach einer intensiven Evaluierungsphase fiel die Entscheidung auf das Geoinforma-

tionssystem (GIS) MapInfo[®] von Pitney Bowes Business Insight. In kurzer Projektdauer wurden die vorhandenen Leistungs- und Funktionsmerkmale der Software um die spezifischen Anforderungen der DB Netz AG erweitert. So entstand die Spezialanwendung „GSM-R GIS“ für die Konfiguration von Diensten des digitalen GSM-R Netzes unter Berücksichtigung von geografischen Gegebenheiten.

Die ersten Versionen von GSM-R GIS wurden der DB Netz AG in sehr kurzen Releasezyklen zur Verfügung gestellt. In einem kleinen Projektteam wurden die fachlichen und funktionalen Anforderungen im Rahmen einer dynamisch gehaltenen Spezifikation definiert und in den anschließenden Implementierungsphasen umgesetzt. Diese Flexibilität während des Entwicklungsprozesses machte es möglich, rasch auf sich ändernde Rahmenbedingungen reagieren zu können. So war z. B. die erste Version von GSM-R GIS eine reine PC-Client Anwendung, für den Einsatz auf einigen wenigen Arbeitsplätzen in der Zentrale in Frankfurt. Da es sich jedoch sehr bald als sinnvoll erwies, die Konfigurationsarbeiten regional aufzuteilen (auf zeitweise über 100 Parametrierer bundesweit), erfolgte die Umstellung der Anwendung auf eine multi-user-fähige Webarchitektur. Über diese Architektur wurde es möglich, dass von nun an prinzipiell jeder BKU Rechner (entsprechende Benutzerrechte vorausgesetzt) in der Lage war, die Anwendung zu bedienen. Damit war DB Netz in der Lage durch die regionale Ortskenntnis der Mitarbeiter die betrieblichen Zuständigkeiten schneller und genauer im System abbilden zu können.

Die Anwendung GSM-R GIS basiert auf einer 3-Tier-Webapplikation, die sich nahtlos in den von Systel vorgesehenen Bahn-Net Standard integriert. Die serverseitige Business Logik ist als Java-Servlet-Technologie implementiert, die clientseitige Logik als Java-Applikation, welche mit Hilfe des DB-NetAppLaunchers auf einem BKU-Client

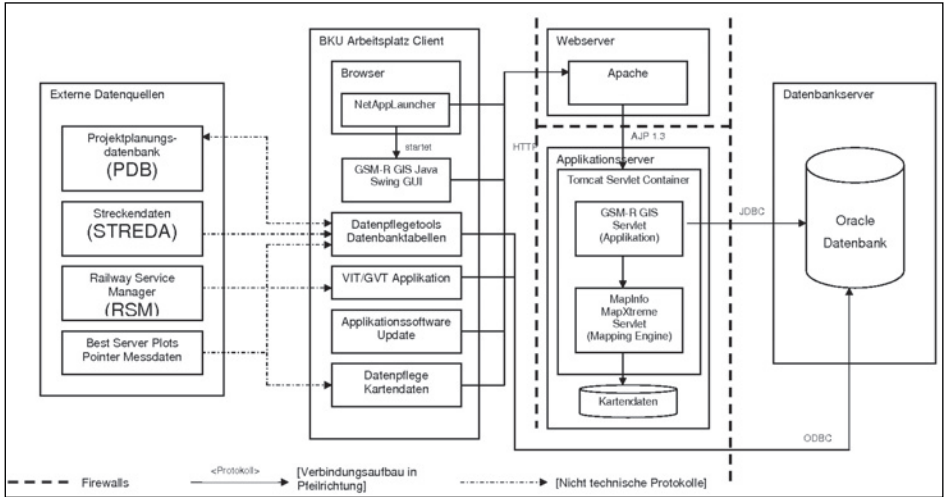


Abb. 2: Einbindung GSM-R GIS in Systemlandschaft der Deutschen Bahn

abläuft. Daher ist keine Installation auf einem Arbeitsplatz-Rechner notwendig. Der Apache Webserver, der Tomcat Applikationsserver und die Datenbank Oracle 10g liegen physikalisch auf einer Linux-Maschine. Die Betriebsführung der Anwendung wird von DB Systel geleistet (Abb. 2).

3 GSM-R GIS

Die Anwendung GSM-R GIS ist ein Visualisierungs- und Erfassungstool für die Konfiguration von Diensten des digitalen GSM-R Netzes. Neben der reinen Visualisierung der

Netzwerkzellen (funktechnische Ausleuchtung) des GSM-R Netzes, stellt GSM-R GIS die bahnbetrieblichen Daten wie Streckenverlauf und Betriebsstellen dar. Als Hintergrund der Anzeige werden geografische Themen (Städte, Gewässer) verwendet (Abb. 3). GSM-R GIS erlaubt dem Benutzer Netzwerkzellen, Gruppenrufe, Strecken und Betriebsstellen auf einer Karte auszuwählen oder durch eine Datenbankanfrage zu selektieren. Der wesentliche Vorteil bei der Arbeit mit Karten ist, dass der Benutzer eine visuelle Kontrolle über die zu konfigurierenden Dienste erhält. GSM-R GIS gewährt einen geografischen Blick auf alle Zellen, die z. B. für Gruppenrufe zusammengefasst werden müssen. Die Erfassung der betroffenen Funkzellen wird dadurch um ein Vielfaches einfacher, eventuelle Lücken werden offensichtlich. Durch die bildliche Darstellung wird zudem auf Anhieb ersichtlich, ob sich z. B. die zugehörige Leitstelle im Funkgebiet befindet oder außerhalb liegt und der Fahrdienstleiter über das Festnetz separat angesprochen werden muss (Abb. 4).

GSM-R GIS unterscheidet in Bezug auf Zugriffsrechte zwei unterschiedliche Modi:

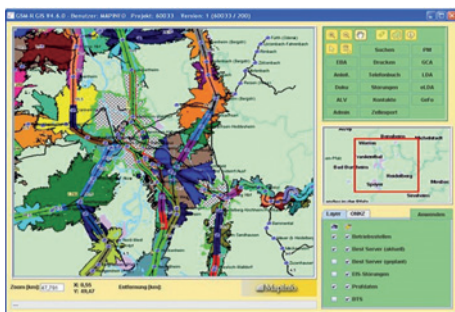


Abb. 3: Hauptfenster der Anwendung GSM-R GIS

Einen Konfigurations-Modus, der sowohl lesende als auch schreibende Aktivität erlaubt und einen Lese-Modus, der ausschließlich lesende Aktivität erlaubt. Beide Modi sind innerhalb einer Client-Server-Applikation realisiert, die gleichzeitig von verschiedenen Benutzern verwendet werden kann. Innerhalb der Client-Server-Applikation regelt das Konzept „konkurrierende Nutzung“, die gleichzeitige Änderung von identischen Datensätzen durch unterschiedliche Benutzer. Nur wenn ein Benutzer die Berechtigung hat eine Projektversion zu bearbeiten, darf er Änderungen vornehmen.

Die einzelnen Konfigurationsprojekte werden im sogenannten Projektmanagement Modul verwaltet. Hier werden Start- und Zieldatum für die Inbetriebnahme, Streckenabschnitt, Bearbeiter und weitere wichtige Zusatzinformationen zu jedem einzelnen Projekt gespeichert. Das Projektmanagement bildet den zentralen Einstiegspunkt in die Konfigurationsarbeit. Für verschiedene Anwenderrollen sind in der Software entsprechende Rechte hinterlegt, welche die Bearbeitung der Projekte in unterschiedlicher Art und Weise zulassen. Dies ist gleichzeitig eine wichtige Grundlage für das parallele Arbeiten in mehreren, regional verteilten Teams (Abb. 5).

Bei der Parametrierung geht es weitestgehend um die Einrichtung von festen Rufnummern mit funktionaler Adressierung, Kurzwahlen und Gruppenrufen im GSM-R Netz, die unter bestimmten, teilweise geografischen Voraussetzungen miteinander verbunden werden sollen. Hierfür wurde die Anwendung GSM-R GIS mit einem Nummern Management ausgestattet, welches sämtliche GSM-R relevante Rufnummern in einem zentralen Telefonbuch verwaltet. Auf diese Weise kann der Bearbeiter die benötigten Telefonnummern mittels Abfrage- und Suchmechanismen sehr schnell finden, auswählen und im Rahmen der Parametrierung weiterverwenden.

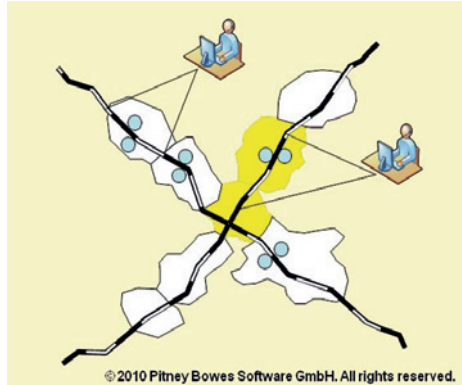


Abb. 4: Geografische Beziehungen werden durch Visualisierung sichtbar.

Die konzeptionellen Stärken des Systems können am Beispiel der beiden GSM-R Dienste LDA (Location Dependent Addressing = Ortsabhängige Adressierung) und VGCS (Voice Group Call Service = Sammelruf) sehr deutlich dargestellt werden.

Im Falle von LDA muss das Telekommunikationsnetz dergestalt konfiguriert sein, dass ein Triebfahrzeugführer auf Knopfdruck mit dem für seine aktuelle Position betrieblich zuständigen Fahrdienstleiter verbunden wird. Im Rahmen eines initialen Konfigurations- und Einrichtungsprozesses müssen diese Abhängigkeiten und Regeln definiert und in den zentralen Vermittlungsstellen hinterlegt werden. Ohne die Hilfe einer digitalen Landkarte, auf der

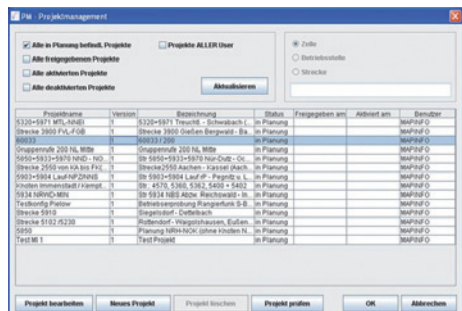


Abb. 5: Anwendungsdialog Projektmanagement



Abb. 6: Configuration von eLDA über detaillierte Kartenansicht

3

sämtliche Streckeninformationen und Netzwerkzellen hinterlegt sind, ist eine solche Aufgabe nicht zu bewältigen. Erst durch den Blick auf die Karte lassen sich die bestehenden geografischen Beziehungen erkennen und zweifelsfrei identifizieren. Der komplette Konfigurationsvorgang wird in GSM-R GIS über die zentrale Kartenansicht gesteuert. Der Anwender beginnt in der Regel mit der Auswahl von Netzwerkzellen per Mausklick, die einen bestimmten Streckenabschnitt funktechnisch versorgen. Danach hinterlegt er für genau diese selektierte Anzahl von Netzwerkzellen Ruf- bzw. Kurzwahlnummern. Befindet sich später ein Zug im Versorgungsbereich dieser Zellen, so können die vorab hinterlegten Rufnummern direkt über die Eingabe der sogenannten Shortcodes erreicht werden. Neben der Konfiguration von LDA über die Ebene der Netzwerkzellen wurde außerdem das in der GSM-R Spezifikation vorgesehene erweiterte LDA das sogenannte eLDA (Enhanced Location Dependent Addressing) implementiert. Dabei wird die Vermittlung eines Rufes über Zugnummernmeldeanlagen hergestellt, die sich auf den Stellwerken entlang einer Strecke befinden. Die Zugnummernmeldeanlage überträgt die Zugnummer (plus Uhrzeit, plus Strecken-

nummer) des vorbeifahrenden Zuges an die GSM-R Systemtechnik. Diese Methode ist somit um ein Vielfaches genauer, als die Adressierung über die teilweise sehr großen Netzwerkzellen und ist daher vor allem in Bereichen relevant, in denen sich auf kleinem Raum sehr viele Gleise nebeneinander befinden, wie z. B. in den Ballungsräumen Ruhrgebiet, Frankfurt/M., Berlin und München (Abb. 6).

Eine 100% einwandfreie Funktionsweise dieses Dienstes ist aus betrieblicher Sicht unbedingt zu gewährleisten. Nur über eine fehlerfreie Konfiguration der ortsabhängigen Adressierung lässt sich der hohe Qualitätsstandard in puncto Sicherheit aufrechterhalten. Dabei hilft die visuelle Kontrolle während des Konfigurationsprozesses und die Darstellung der Netzwerkparameter in Form von übersichtlichen und sehr einfach zu bedienenden Dialogen. Der Bearbeiter hat alle wichtigen Werte im Blick und unter seiner Kontrolle, wodurch das frühere Fehlerpotenzial dramatisch reduziert wurde und mögliche Falschvermittlungen betrieblicher Telefonanrufe weitestgehend ausgeschlossen werden können.

Bei der Konfiguration von Voice Group Call Services (VGCS) werden nicht nur Gruppentypen (GIDs) und Rufnummern definiert, die diese Gruppenrufe auslösen bzw. empfangen dürfen. Der Netzwerkplaner startet den Konfigurationsprozess wiederum mit der Auswahl einzelner oder mehrerer Netzwerkzellen. Diese Zellselektionen definieren fortan Gebiete (Group Call Areas), die über Gruppenrufe erreicht werden sollen. Darüber werden selbstverständlich auch geografische Zuständigkeiten z. B. der einzelnen Fahrdienstleiter im GSM-R Netz abgebildet, wodurch die betriebliche Kommunikation klaren Regeln unterworfen ist. Auch hier liefert die Software GSM-R GIS einen klar strukturierten und überschaubaren Bearbeitungsdialog, wodurch auch hier die frühere Fehleranfälligkeit im Konfigurationsprozess stark reduziert werden konnte (Abb. 7).

Die Anbindung und Konfiguration der Festnetzgeräte GeFo (GSM-R Fernsprecher ortsfest) wie z. B. die Terminals der Fahrdienstleiter bzw. Disponenten erfolgt über ein weiteres Funktionsmodul der Anwendung. DB Netz ist damit in der Lage, die Tastenbelegung jedes einzelnen Endgerätes von zentraler Stelle aus zu konfigurieren. Auf diese Weise werden die einzelnen Kurzwahltasten auf den umfangreichen Bedienfeldern (Touchpads) mit entsprechenden Rufnummern, Umleitungen, Alternate Party (Umleitung im Störfall) etc. belegt. Auch für die Konfiguration jedes einzelnen Fernsprengerätes erfolgt eine nachgelagerte Abnahme durch das Eisenbahn-Bundesamt (EBA). Derzeit werden fünf sehr unterschiedliche Modelle der Hersteller Frequentis und Wenzel unterstützt (Abb. 8). Zur Unterstützung des technischen Anlagenmanagements durch die bundesweit tätigen

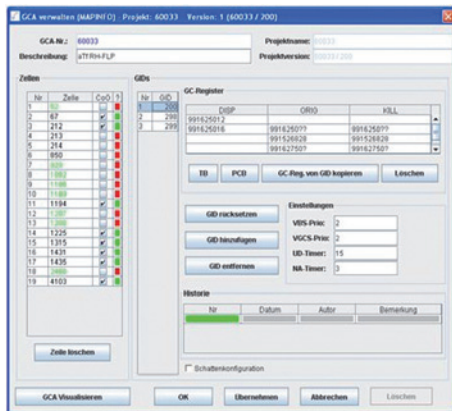


Abb. 7: Anwendungsdialg GCA (Group Call Area) Konfiguration

TK-Manager (technische Anlagenverantwortliche) werden sämtliche EBA Abnahmedokumente (als PDF-, oder TIF-Dateien)

3

Umfassender Einblick in das Angebot im Schienengüterverkehr



Die starke Arbeitshilfe für alle Akteure des Gütertransports

- Kontaktdaten von Bahnen, Speditionen, Infrastrukturbetreibern und weiteren Dienstleistern
- Leistungsprofile der Unternehmen
- Darstellung der Funktionsweise des Schienengüterverkehrs

Weitere Informationen finden Sie unter www.eurailpress.de/vdvgueter

Technische Daten: ISBN 978-3-7771-0368-6, 184 Seiten, Format 170 x 240 mm
Preis: € 48,- inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, **Kontakt:** DVV Media Group GmbH • Eurailpress
Telefon: +49 40/2 37 14-440 • Fax: +49 40/2 37 14-450 • E-Mail: buch@dvvmedia.com

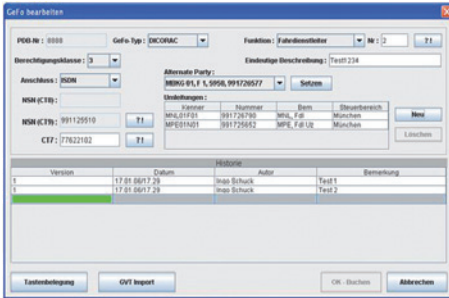


Abb. 8: Anwendungsdialog GeFo Konfiguration

mit den jeweiligen Anlageobjekten, wie z. B. Bahnübergänge, Strecken verknüpft und zentral gespeichert. Diese Form des Dokumentenmanagements wird als weiteres Modul über GSM-R GIS zur Verfügung gestellt. Neben der Konfiguration und Einrichtung des Mobilfunknetzes bildet die gleichzeitige Überwachung der technisch einwandfreien Funktionsweise von GSM-R einen weiteren zentralen und konsequenten Teil im Rahmen des Netzmanagements der Deutschen Bahn AG. Das dafür von DB Netz eingerichtete Entstörmanagement betreibt bei DB Dialog ein GSM-R Call Center, in dem aktuelle Netzzustände überwacht und aktive Meldungen aus dem laufenden Zugbetrieb per Anruf oder E-Mail entgegengenommen werden. So können mit Hilfe von GSM-R GIS die Mitarbeiter im Call Center sehr schnell ausgefallene Funk-Basisstationen oder Einschränkungen



Abb. 9: Anwendungsdialoge Entstörmanagement

im Funkverkehr identifizieren und systemgestützt ermitteln, welche GSM-R Dienste und Teilnehmer von den Systemausfällen betroffen sind. Dafür greift die Anwendung auf die zentrale Konfigurationsdatenbank zu, die Auskunft darüber gibt, welche Gruppenrufe oder ortsabhängigen Adressierungen beeinträchtigt sein können und welche Ansprechpartner benachrichtigt werden müssen. Über eine integrierte Trouble Ticket Funktion wird jede einzelne Störung erfasst und zentral gespeichert. Die geografische Visualisierung von Störungen und den vergebenen Trouble Tickets spielt eine entscheidende Rolle. Dadurch werden eine bessere Orientierung und die Gewährleistung kurzer Reaktionszeiten sichergestellt (Abb. 9).

4 Ausblick

GSM-R GIS ist schon heute ein umfassendes Werkzeug zur Administration der mobilen Kommunikation. Folgende Erweiterungen sollen die Handhabung und die Funktionen weiter verbessern:

- Einrichten von Konferenzbrücken (PCB),
- Darstellung Funkfeldnachweis an Bahnübergängen (im Rahmen Einführung FbS),
- Einbindung von ONKZ (Ortsnetzkenzahlen) als „Rückfall-Lösung“,
- Parametrierung des Rangierfunkes.

5 Schlussbemerkung

2006 hat die Anwendung GSM-R GIS im Rahmen eines internationalen Wettbewerbs (Meridian Awards) den 1. Platz in der Kategorie „Technical Achievement“ für die innovativste GIS-Anwendung erreicht. GSM-R GIS beweist damit nicht nur technologische Zukunftsfähigkeit, sondern stellt als geointelligente Anwendung die betriebliche Kommunikation zwischen dem Zug- und Lokpersonal, Wartungsteams, Fahrdienstleitern und Disponenten bereit.