

ETCS-Ausrüstung auf der CFL-Nordstrecke in Luxemburg

Das Streckennetz in Luxemburg ist mit dem Zugbeeinflussungssystem European Train Control System Level 1 Full Supervision ausgestattet. Statt weiterhin Vor- und Hauptsignale zu verwenden, soll der Eisenbahnbetrieb zukünftig mit einer vereinfachten Außensignalisierung auf Grundlage der bestehenden Signalisierung für Rangierfahrten durchgeführt werden.



1. Einleitung

Der europäische Eisenbahnbetrieb ist durch eine Vielzahl an länderspezifischen Zugbeeinflussungssystemen gekennzeichnet. Zur Förderung der Interoperabilität wurde das Zugbeeinflussungssystem European Train Control System (ETCS) mit unterschiedlichen Ausrüstungsstufen, den sogenannten Leveln, entwickelt.

Bei der Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL), der Infrastrukturbetreiberin des staatseigenen Eisenbahnnetzes in Luxemburg, wird das gesamte Streckennetz von etwa 275 km Länge mit ETCS Level 1 Full Supervision (FS) betrieben (ETCS Baseline 2, System Requirements Specification Version 2.3.0d) [1].

In einem neuen Projekt soll zunächst auf der Nordstrecke (siehe Bild 1) die klassische Signalisierung aus Haupt- und Vorsignalen durch eine vereinfachte Außensignalisierung auf Grundlage der bestehenden Signalisierung für Rangierfahrten ersetzt werden. Über die neuen Freigabesignale wird dem Triebfahrzeugführer übermittelt, dass er die zugehörige Balisengruppe überqueren darf. Alle notwendigen Informationen, beispielsweise die Fahrerlaubnis, werden mittels Eurobalisen übertragen

und dem Triebfahrzeugführer auf dem Driver Machine Interface (DMI) angezeigt. Ermöglicht wird diese Entwicklung durch die direkte Ansteuerung der Balisengruppen durch das Stellwerk.

2. Allgemeine Beschreibung von ETCS Level 1 Full Supervision

ETCS übernimmt in Level 1 FS eine diskontinuierliche Übertragung und eine kontinuierliche Überwachung des Fahrverhaltens. Die Informationen werden mit im Gleis montierten Balisengruppen von der Infrastruktur auf das vorüberfahrende Fahrzeug übertragen. Balisengruppen, die aus mehreren Eurobalisen bestehen können, sind insbesondere an Haupt- und Vorsignalen erforderlich, wobei sie beispielsweise auch an Sperrsignalen zur Umsetzung des Flankenschutzes verwendet werden können. Um jedoch das Leistungsverhalten zu verbessern, können z. B. vor Hauptsignalen zusätzliche Balisengruppen oder lokal verlegte Linienleiter (Euroloops) eine Aufwertung des Signalbegriffs an das Fahrzeug übertragen. Alle schaltbaren Eurobalisen, auch als Transparentbalisen bezeichnet, erhalten die zu übertragenden Informationen klassischerweise über eine Lineside Electronic Unit (LEU), die für den Informationsabgriff an die bestehenden Signale (in Form eines Lampenstromabgriffs) angeschlossen ist. Bedingt durch die begrenzte Anzahl möglicher Signalbilder sind auch die ETCS-Informationen in ihrer Variabilität in solchen Anwendungen beschränkt.

Neben den Transparentbalisen ist der Einsatz nicht schaltbarer Festdatenbalisen möglich. Diese werden z. B. als zusätzliche



Albrecht Morast, M. Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen (VIA)
morast@via.rwth-aachen.de



Christopher Wink, M. Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen (VIA)
wink@via.rwth-aachen.de



Laurent Pott, B. Eng.
Mitarbeiter Neubauprojekt Linie 1 Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL)
laurent.pott@cfl.lu



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen
Institutsleiter, Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen (VIA)
niessen@via.rwth-aachen.de

Das etwa 275 km lange Streckennetz der CFL ist mit ETCS Level 1 Full Supervision ausgestattet.



Ortungsbalisen zur Kalibrierung der fahrzeugseitigen Odometrie verwendet [2].

Aufgrund der Funktionalität des DMI sind ortsfeste Signale in Level 1 nicht notwendig. Normalerweise werden jedoch mindestens Signale zur Anzeige einer neuen Fahrtfreigabe aufgestellt; in vielen Anwendungsfällen auch als Rückfallebene

In Level 1 FS übernimmt das ETCS eine diskontinuierliche Übertragung und eine kontinuierliche Überwachung des Fahrverhaltens.

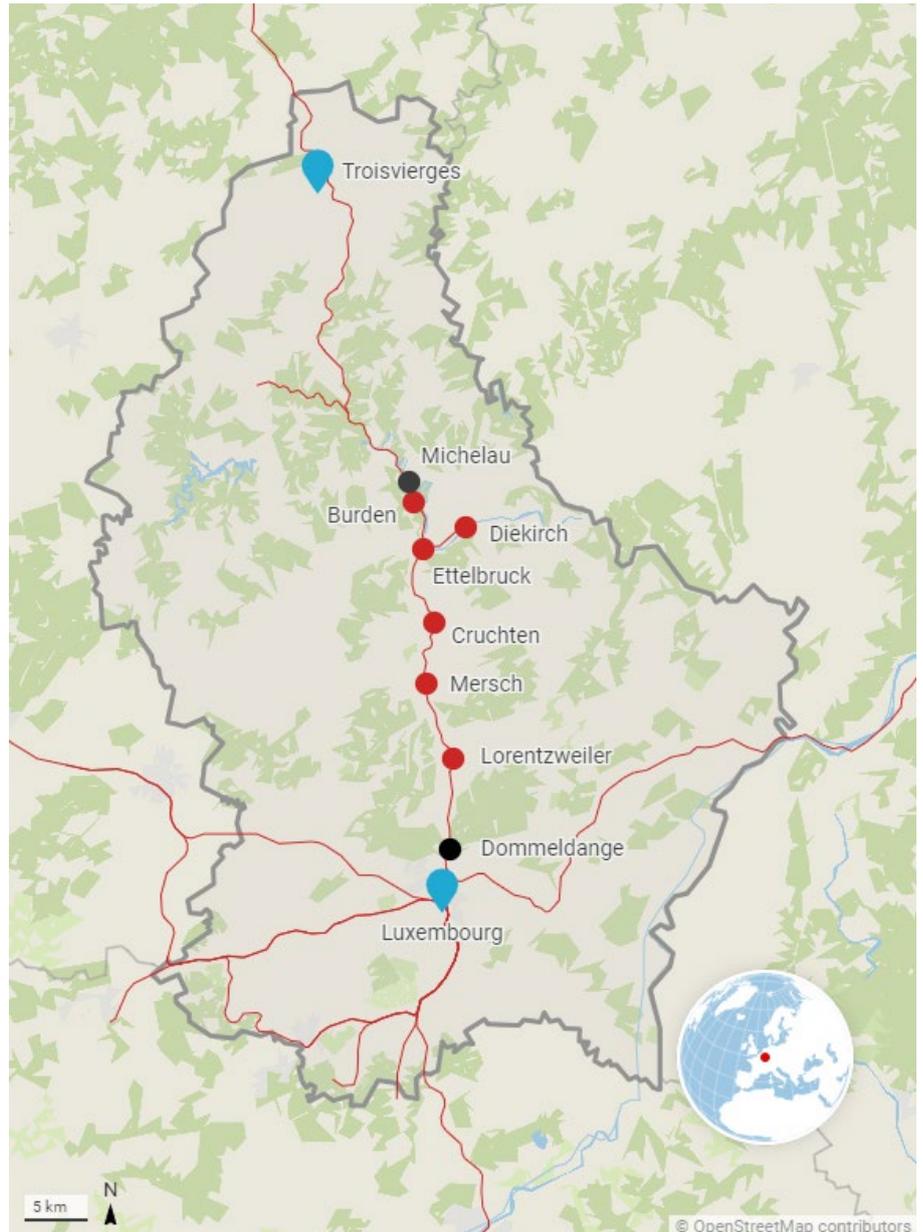


oder für Fahrzeuge ohne entsprechende ETCS-Ausrüstung. Ein Verzicht auf eine Gleisfreimeldeanlage ist dagegen nicht möglich [3]. Bild 2 stellt die Infrastrukturausrüstung bei einem Betrieb mit ETCS Level 1 FS dar.

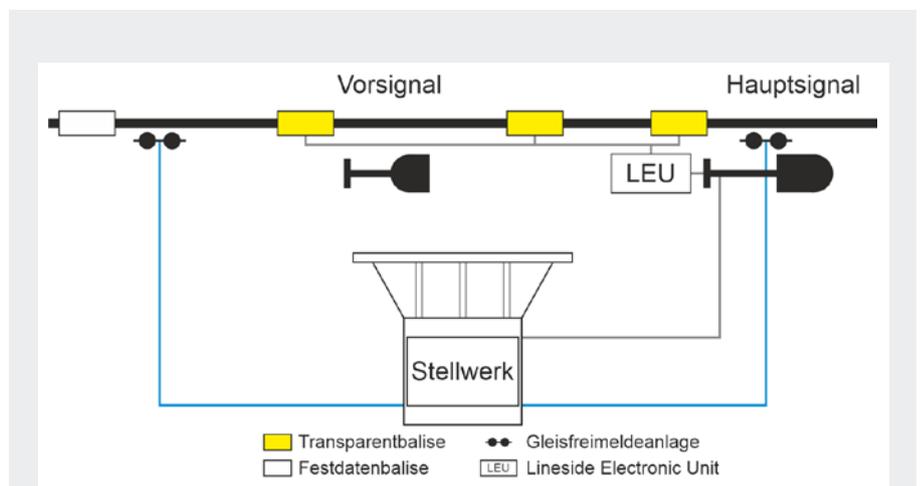
3. Betrieb bei ETCS Level 1 FS mit vereinfachter Außensignalisierung

Die Betriebsdurchführung bei der CFL unter ETCS Level 1 FS mit vereinfachter Außensignalisierung unterscheidet sich in mehreren Punkten von einem herkömmlichen Betrieb unter ETCS Level 1 FS [4]. Infrastrukturseitig werden hierfür keine LEU, sondern sogenannte Balise Control Units (BCU) für die Ansteuerung der Eurobalisen verwendet. Eine wesentliche Grundlage bildet das Stellwerk (ZSB 2000 der Firma Scheidt & Bachmann) als zentraler Datenspeicher, wo alle projektierten Daten hinterlegt sind und über einen CAN-Bus an die BCU verteilt werden [5]. Die Ansteuerung der Transparentbalisen erfolgt nicht über einen Lampenstromabgriff an den Signalen, sondern direkt vom Stellwerk. Dies bringt den Vorteil, dass neue ETCS-Daten zentral eingepflegt werden können, sodass in den meisten Fällen ein Programmieren im Feld entfallen kann. Dadurch lassen sich Änderungen der ETCS-Daten mit geringerem zeitlichen Aufwand vornehmen. Auch Fahrdienstleiter können unmittelbar bestimmte ETCS-Daten durch Bedienkommandos anpassen, z.B. fahrstraßenspezifische Geschwindigkeitsrestriktionen bei Bauarbeiten, wodurch in bestimmten Situationen auf schriftliche Befehle verzichtet werden kann.

Das Signalsystem der vereinfachten Außensignalisierung orientiert sich an der bestehenden Signalisierung für Rangierfahrten. Dabei werden keine Haupt- und Vorsignale, sondern Freigabesignale verwendet. Lichtsignale sind bei der Betriebsdurchführung grundsätzlich nicht erforderlich.



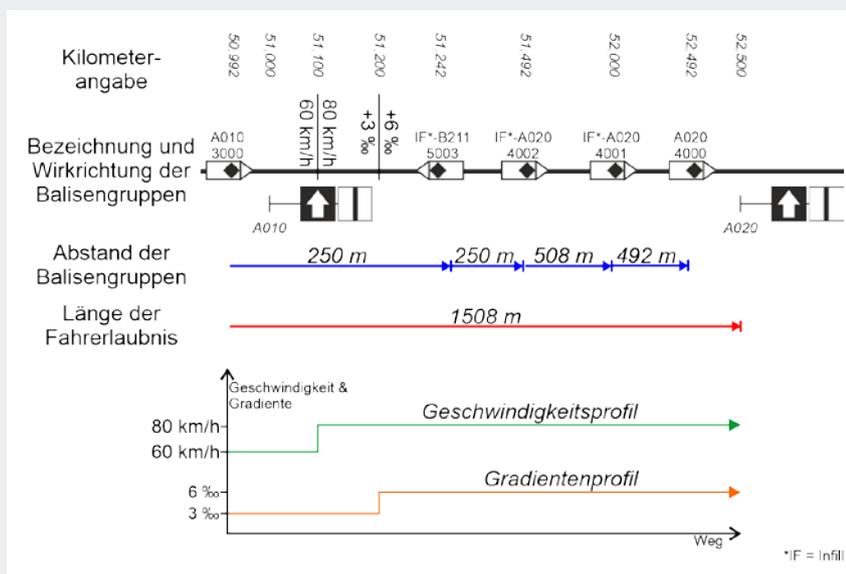
1: Zielzustand der ersten Phase zur Einführung der vereinfachten Außensignalisierung auf der Nordstrecke der CFL im Jahr 2022 (eigene Darstellung auf Basis von OpenStreetMap)



2: Übersicht eines herkömmlichen ETCS Level 1 (eigene Darstellung nach [8])



3: Signalisierung an einem Freigabesignal (eigene Darstellung)



4: Infrastruktureigenschaften der Beispielanwendung (eigene Darstellung)

derlich, werden allerdings verwendet, um einem Triebfahrzeugführer bei einem Halt die Erlaubnis zum Überqueren der Balisengruppe zu erlauben. Alle notwendigen Informationen werden beim Überqueren der Eurobalisen an das Fahrzeug übermittelt, bevor das entsprechende Fahrprofil auf dem Fahrzeug berechnet wird und anschließend auf dem DMI erscheint. Es reichen aufgrund der vollständigen Führerstandssignalisierung insgesamt zwei unterschiedliche Signalbegriffe der Freigabesignale zur Durchführung der Zug- und Rangierfahrten aus, wobei ein dritter Signalbegriff ergänzt wurde (vgl. Bild 3). Neben dem Anzeigen eines Halt- (Signalbeschreibung: blauer Lichtpunkt) und Fahrtbegriffs (Signalbeschreibung: weißer Lichtpunkt) gibt es bei den Lichtsignalen eine Baustellenstellung (Signalbeschrei-

bung: weißer und blauer Lichtpunkt). Dieser Modus wird für Fahrten innerhalb von Arbeitsgleisen verwendet. Äquivalent zu diesen Signalbegriffen und -beschreibungen erfolgt die Signalisierung der Sperr- und Rangierhaltssignale. Auch dort wird entsprechend angezeigt, ob sich das Signal in Freigabe-, Halt- oder Baustellenstellung befindet. Eurobalisen werden nicht nur an Freigabe-, Sperr- und Rangierhaltssignalen verwendet, sondern auch an Infill-Punkten. Ein Infill ermöglicht die Steigerung der Leistungsfähigkeit, da die zu übertragenden Informationen eines Freigabesignals bereits eine gewisse Entfernung davor übermittelt werden.

Im beschriebenen System besteht eine Balisengruppe im Normalfall aus zwei Transparentbalisen. Abhängig von der Signalstellung und von der eingestellten Fahr-

straße werden unterschiedliche Informationen über die Eurobalisen übertragen. Die Grundlage der ETCS-Sprache bilden Variablen. Sie stellen die kleinste Informationseinheit dar und dienen der Übermittlung einzelner Datenwerte. In der nächstgrößeren Einheit, den Packets, werden mehrere Variablen strukturiert zusammengefasst. Beispielsweise enthält das Packet 12 die Level 1 Movement Authority [6]. Die von einer einzelnen Eurobalise zu übertragenden Packets werden als Telegramme zusammengefasst. Dabei ist zu beachten, dass ein Telegramm bei den hier verwendeten Eurobalisen maximal 1023 Bits lang sein darf, von denen 830 als Nutzbits verwendet werden können. Die übrigen Bits dienen der Verschlüsselung sowie als Kontrollbits. Als Message werden die kombinierten Telegramme der einzelnen Eurobalisen einer Balisengruppe bezeichnet.

Auf Basis betrieblicher, infrastruktureller und technischer Anforderungen ist eine Projektierung fahrstraßengenauer Messages möglich. Während die betrieblichen und infrastrukturellen Anforderungen von der CFL stammen, sind die technischen Anforderungen insbesondere aus Subset 026 (ETCS Baseline 2, System Requirements Specification Version 2.3.0d) zu entnehmen [6]. Damit eine Zugfahrt in ETCS Level 1 FS und somit auch bei dem angewendeten Verfahren durchgeführt werden kann, müssen mindestens die drei folgenden Packets an das Fahrzeug übertragen werden:

- Packet 12 (Level 1 Movement Authority),
- Packet 21 (Gradient Profile) und
- Packet 27 (International Static Speed Profile).

Auf Grundlage dieser drei Packets kann auf den Fahrzeugen das individuelle Fahrprofil berechnet, auf dem DMI angezeigt und überwacht werden. Dabei ist das Packet 12 (Level 1 Movement Authority) im Regelfall der vorgestellten Anwendung zwischen 73 und 127 Bits lang, sodass sich dieses in seiner Länge nur gering unterscheidet. Anders verhält sich dagegen die Länge der beiden anderen Packets, weil sich jeder Gradienten- und Geschwindigkeitswechsel innerhalb einer Fahrstraße auf die zu übertragenden Daten auswirkt. Während ein Gradientenwechsel mit einer Länge von 24 Bits zu projektieren ist, benötigt jeder Geschwindigkeitswechsel 28 Bits. Dies bedeutet, je mehr Gradienten- und Geschwindigkeitswechsel innerhalb einer Movement Authority bzw. der Vorschaustrasse zu pro-

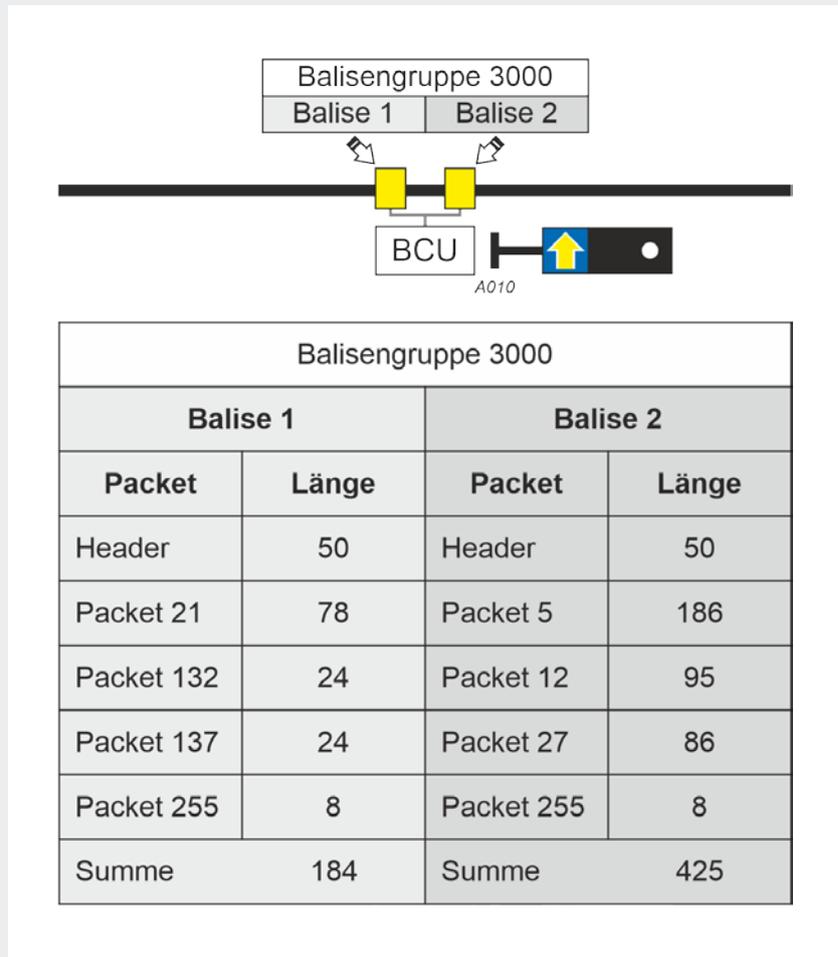
jektieren sind, umso mehr steigt die Länge der Packets und somit der Telegramme.

Die Fahrzeuge benötigen für die Betriebsdurchführung bei der CFL weitere Informationen. Eine Besonderheit ergibt sich durch das Packet 5 (Linking). Mit diesem Packet werden alle innerhalb einer Fahrstraße liegenden Balisengruppen übermittelt. Durch die fahrstraßenspezifische Übermittlung der Balisengruppen kann auf das Repositioning verzichtet werden. Dadurch weiß das Fahrzeug metergenau, welche Balisengruppe als nächstes überquert wird. Jede zu projektierende Balisengruppe ist mit einer Länge von 39 Bits zu berücksichtigen, da u. a. die Balisengruppen-ID sowie die Distanzen zwischen den Balisengruppen zu übermitteln sind. Fehlt oder wird eine falsche Balisengruppe erkannt, löst das Fahrzeug – abhängig von der Funktion der Balisengruppe – als Sicherheitsreaktion eine Emergency oder Service Brake aus.

Abhängig vom Standort der Balisengruppen können die Messages weitere Packets enthalten. Beispielsweise ist bei Fahrten von Netzen anderer Infrastrukturbetreiber in das Streckennetz der CFL das Packet 3 (National Values) zu übertragen. Über das 186 Bits lange Packet werden u. a. Informationen bzgl. der Maximalgeschwindigkeit beim Rangieren übertragen. Um kurzfristige Geschwindigkeitsrestriktionen zu übermitteln, wird das Packet 65 (Temporary Speed Restriction) verwendet. Für einen definierten Abschnitt, der im Regelfall von zwei Freigabesignalen begrenzt wird, lassen sich im Voraus unterschiedliche Geschwindigkeiten projektieren, z. B. 40 km/h. Ist in einem Abschnitt die Höchstgeschwindigkeit herabzusetzen, beispielsweise während oder nach Bauarbeiten, hat ein Fahrdienstleiter die Geschwindigkeitsbeschränkung durch Bedienkommandos zu aktivieren. Das Stellwerk ergänzt beim Einstellen betroffener Fahrstraßen sodann die notwendigen Packets 65 entsprechend automatisch. Dadurch ist es möglich, die Höchstgeschwindigkeit innerhalb eines

Neue ETCS-Daten können zentral eingepflegt werden, sodass in den meisten Fällen ein Programmieren im Feld entfallen kann.

Tabelle 1: Zuordnung der Packets auf der Balisengruppe 3000 für die Zugfahrstraße A010-A020 (eigene Darstellung)



Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois, RTWH Aachen / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Technology To Trust

- | Engineering Services
- | Cybersecurity
- | Assessment Services



Engineering und Software-Entwicklung



Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

Halle 6.1 | Stand 430

info@ese.de | www.ese.de

Abschnitts mit geringem Aufwand durch das Stellwerkpersonal anzupassen.

Jedes Telegramm einer Balise muss einen Header (50 Bits) und mit dem Packet 255 ein Schluss-Packet (8 Bits) enthalten. Dadurch werden die zur Verfügung stehenden Nutzbits einer Eurobalise von 830 auf 772 Bits reduziert. Werden mehr Bits benötigt, können unter Umständen bestimmte Packets gekürzt werden. Ansonsten ist es möglich, eine Balisengruppe mit einer zusätzlichen Eurobalise zu ergänzen. Dann besteht eine Balisengruppe nicht aus zwei, sondern drei Eurobalisen. Dies hat allerdings weitreichende Auswirkungen, da eine BCU in dem ZSB-System aktuell maximal zwei Eurobalisen ansteuern kann. Daher wäre in einer solchen Situation eine weitere BCU erforderlich.

Nach dem Projektieren der Packets sind diese den Eurobalisen einer Balisengruppe zuzuordnen. Dabei sind bestimmte Restriktionen zu beachten, welches Packet über die erste bzw. die zweite Eurobalise übertragen wird. Neben der maximalen Länge eines Telegramms muss ein Fahrzeug beim Überqueren einer Balisengruppe stets eine konsistente Message erhalten. Dies gilt insbesondere bei Änderung der Baliseninhalte während der Überfahrt (z. B. durch eine Aufwertung der Fahrerlaubnis) sowie beim Ausfall einer einzelnen Balise. Ansonsten könnte es zu Verarbeitungsproblemen auf dem Fahrzeug kommen und es würde eine Sicherheitsrestriktion folgen, beispielsweise eine Service Brake.

Weitere Ergebnisse der Projektierung für ETCS Level 1 FS mit vereinfachter Außensignalisierung auf Grundlage der bestehenden Signalisierung für Rangierfahrten werden in [7] erläutert, beispielsweise die Umsetzung eines Nothalts über die Balisengruppen.

4. Beispielanwendung

Nachfolgend wird die Projektierung anhand einer Zugfahrstraße zwischen zwei Freigabesignalen beispielhaft erklärt. Die wesentlichen Infrastruktureigenschaften zur Erstellung der erforderlichen Packets an der Balisengruppe 3000 für die Zugfahrstraße vom Startsignal A010 zum Ziel-signal A020 sind in Bild 4 dargestellt. Dazu zählen insbesondere die Streckenhöchstgeschwindigkeit, das Gradientenprofil, die Länge der Fahrerlaubnis sowie die Standorte der Balisengruppen inklusive Bezeichnung, Kilometerangabe und Wirkrichtung. Darüber hinaus sind weitere Informatio-

nen für die Projektierung erforderlich, u. a. die Entfernung zum Gefahrenpunkt (Danger Point) am Zielsignal. Der Übersichtlichkeit wegen wird auf solche und weitere Informationen in der Abbildung verzichtet.

Die einzelnen Packets sind nach [6] zu projektieren. Darin ist der allgemeine Aufbau der Packets beschrieben. Für die Zugfahrstraße sind neben den bereits beschriebenen Packets 5 (Linking), 12 (Level 1 Movement Authority), 21 (Gradient Profile), 27 (International Static Speed Profile) sowie dem Header und Packet 255 (End of Information) die Packets 132 (Danger for Shunting Information) und 137 (Stop if in Staff Responsible) erforderlich. Die letzten beiden Packets werden derart angewendet, damit in Abhängigkeit des am Freigabesignal vorliegenden Fahrtbegriffs entweder Fahrzeuge im Modus Shunting (bei eingestellter Rangierstraße) oder im Modus Staff Responsible (für startende Züge bei eingestellter Zugfahrstraße) das Startsignal passieren dürfen.

Nach dem Projektieren der Packets müssen diese den beiden Eurobalisen der Balisengruppe 3000 zugeordnet werden (siehe Tabelle 1). Aufgrund der geringen Anzahl an erforderlichen Packets sowie deren geringen Länge ist die Zuordnung nach einer anwendungsspezifisch erstellten Standardfestlegung möglich. Hierdurch wird eine effiziente Projektierung ermöglicht, da für alle Standardfälle eine Zuordnungsregel besteht und lediglich Abweichungen davon in Bezug auf z. B. die Ausfalloffenbarung betrachtet werden müssen.

5. Zusammenfassung

Zukünftig sollen in Luxemburg Zug- und Rangierfahrten auf Grundlage von ETCS Level 1 FS mit vereinfachter Außensignalisierung durchgeführt werden. Dabei werden Signale entsprechend der bestehenden Signalisierung für Rangierfahrten verwendet, sodass nur noch eine Freigabe-, Halt- oder Baustellenstellung angezeigt wird. Als besonders vorteilhaft stellt sich die Anpassung der zu übertragenden Telegramme im Stellwerk dar, weil der Datenaustausch bei geänderten Packets nicht mehr an der Infrastruktur vorzunehmen ist. Zusätzlich werden die Telegramme aufgrund der direkten Ansteuerung der Balisengruppen durch das Stellwerk fahrstraßenspezifisch übermittelt. Mit Packet 5 (Linking) werden die Balisengruppen innerhalb einer Fahrstraße übertragen,

weshalb auf das Repositioning verzichtet werden kann. Darüber hinaus lassen sich durch das Stellwerkpersonal kurzfristige Geschwindigkeitseinschränkungen mit Packet 65 (Temporary Speed Restriction) umsetzen. Die Anwendung in Luxemburg verdeutlicht die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten des ETCS-Systems. •

Literatur

- [1] Feltz, A.; Nießen, N.; Jacobs, J.; Walke, T.: Ermittlung der Leistungsfähigkeit des Luxemburger Eisenbahnnetzes unter Berücksichtigung von ETCS Level 1 FS. In: ETR-Eisenbahntechnische Rundschau, 11/2016, S. 14-20.
- [2] Stanley, P.: ETCS for Engineers, Eurailpress, Hamburg, ISBN: 978-3-7771-0416-4.
- [3] Schnieder, L.: Eine Einführung in das European Train Control System (ETCS), Springer Vieweg, Wiesbaden, ISBN: 978-3-658-26884-8.
- [4] Arend, L.; Pott, L.; Hoffmann, N.; Schanck, R.: ETCS Level 2 ohne GSM-R. In: Signal+Draht (110), 10/2018, S. 18-28.
- [5] Finken, K.; Hamblock, T.; Klötters, G.: ZSB 2000 auf dem Weg zu ETCS. In: Signal+Draht (111), 10/2019, S. 32-37.
- [6] European Union Agency for Railways (ERA), Subset 026 – System Requirements Specification, Baseline 2.3.0, issue 2.3.0, 24.02.2006.
- [7] Wink, C.; Krüger, B.; Laumen, P.; Morast, A.; Nießen, N.; Pott, L.: Prototypische ETCS-Projektierung für Level 1 Full Supervision. In: IRSA 2021: Tagungsband, Proceedings: 3rd International Railway Symposium Aachen, 21.11.2021-23.11.2021, Aachen, Deutschland, S. 254-271.
- [8] Maschek, U.: Sicherung des Schienenverkehrs, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, ISBN: 978-3-658-22877-4.

Summary

ETCS equipment on CFL- North line in Luxembourg

The CFL route net is equipped with ETCS Level 1 Full Supervision. In future, railway operation will be operated by a simplified exterior signalling based on the existing signalling for shunting. Here, balise groups are directly controlled by the interlocking. This has an effect on the project planning of ETCS data, but also enables new functions. Both are presented by means of an example application.

Multi-Gigabit-Kommunikationsdienst für die Schiene

Rail-5G versorgt das WLAN-System im Zug mit mehr als einem Gigabit an Internetdaten, was den Fahrgästen ein noch nie dagewesenes Maß an Konnektivität ermöglicht.

evo rail
TRAVEL CONNECTED

3 Waterhouse Square
138-142 Holborn
London EC1N 2SW
Großbritannien

Email: enquiries@evo-rail.com

► Das Unternehmen Evo-Rail aus Großbritannien hat einen Strecke zu Zug-Kommunikationsdienst auf den Markt gebracht, der Fahrgästen eine bislang noch nicht erreichte Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit bei ihrer Internetverbindung bietet. Die Lösung Rail-5G ermöglicht eine kontinuierliche Konnektivität von über 1 GB mobiler Bandbreite, so dass Fahrgäste Aktivitäten wie Videokonferenzen, 3D-Spiele, Live-Sport, Streaming und superschnelle Downloads von jedem Gerät aus genießen können - und das alles während der Zugfahrt.

Die Lösung verwendet Funkeinheiten am Gleis und im Zug, die für den Betrieb und die besondere Umgebung der Eisenbahn ausgelegt sind. Die streckenseitigen Funkeinheiten können eine Bandbreite von mehr als 1 GB pro Sekunde liefern und sind über Glasfaserkabel mit einem Netz verbunden, das eine sehr geringe Latenzzeit und eine sehr hohe Bandbreite für die Verbindung zu den Zügen bietet. Im Zug werden zwei Funkeinheiten installiert, die mit den streckenseitigen Funkeinheiten kommunizieren und eine kontinuierliche Verbindung ermöglichen. Die Funkeinheiten im Zug werden dann mit der bestehenden WLAN-Lösung verbunden. Rail-5G ist so konzipiert, dass es einfach auf der bestehenden Infrastruktur funktioniert und leicht nachrüstbar ist.

KONNEKTIVITÄT ALS BESCHLEUNIGER DER VERKEHRSWENDE

Eine Anfang des Jahres durchgeführte Umfrage von Ipsos in Deutschland hat ergeben, dass mehr als ein Drittel der Menschen den

Zug gegenüber umweltschädlicheren Verkehrsmitteln bevorzugen würden, wenn sie an Bord ein superschnelles und zuverlässiges WLAN zur Verfügung hätten. In der Altersgruppe der 16- bis 24-Jährigen ist dieser Anteil noch deutlich höher: 68% der jungen Leute würden sich dann für eine Bahnfahrt entscheiden.

Die Verbesserung des Komforts und des Gesamterlebnisses der Fahrgäste ist von entscheidender Bedeutung, wenn die politischen Entscheidungsträger eine nachhaltige und langfristige Verlagerung der Verkehrsmittelpräferenzen anstreben. Um zu erreichen, dass die Bahn das attraktivste Fortbewegungsmittel ist, muss der Schwerpunkt auf das Kundenerlebnis gelegt werden. Die Internetanbindung an Bord ist ein wichtiger Bestandteil davon.

TECHNISCHE VORTEILE UND UMWELTFREUNDLICHKEIT

Die verbesserte Konnektivität der Technologie Rail-5G ermöglicht auch einen schnelleren Download von Daten aus den Bordsystemen und eine höhere Sicherheit für die Berichterstattungssysteme des Zugmanagements. Rail-5G bietet damit die Möglichkeit, das derzeitige System der Bahnwartung zu verbessern. Dank der besseren Konnektivität und der erhöhten Datenkapazität kann die Technologie das Konzept der vorausschauenden Wartung besser verwirklichen und damit zur Sicherheit des Schienenverkehrs beitragen.

Evo-Rail nutzt auch mit Energie selbstversorgte Masten, um drahtloses Internet wirklich drahtlos und energieeffizient zu machen. Die Technologie integriert die effizientesten Solarzellen mit einer Windturbine und einer Lithium-Batterie in einem einzigen, schlanken Mast, der von einem einzigartigen Energiemanagementsystem betrieben wird. ◀

Funktionsweise von Rail-5G

