



# SIGNAL+DRAHT

SIGNALLING & DATACOMMUNICATION



**06** **Vorbereitung und Optimierung der Infrastruktur für eine ETCS-Ausrüstung**  
Preparing and optimising the infrastructure for an ETCS retrofit

**23** **Erneuerung der ETCS-Simulation im PRESIM Simulationssystem der DB**  
Renewing the ETCS simulation in the PRESIM simulation system at DB

**39** **ETCS-Projekte an Landesgrenzen: Erfolgsfaktoren für die Zusammenarbeit**  
ETCS projects at national borders: success factors for co-operation



## 5. International Railway Symposium Aachen

19. bis 20. November 2025  
Aachen

[www.eurailpress.de/irsa2025](http://www.eurailpress.de/irsa2025)

### Übersicht

Die Herausforderungen des Klimawandels und die angestrebte Mobilitätswende haben gravierende Auswirkungen auf das System Bahn – vom urbanen bis hin zum internationalen Verkehr. In vielen Ländern steigt erfreulicherweise die Nachfrage sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr. Eine Reihe von Eisenbahnnetzen stoßen dabei bereits abschnittsweise an ihre Kapazitätsgrenzen, oftmals in den großen Knotenbereichen. Gleichzeitig treten vermehrt Infrastruktureinschränkungen aufgrund veralteter Anlagen und notwendigen Baumaßnahmen auf. Kommt es dann auch noch zu Einschränkungen beim Rollmaterial oder Personal, so ist es nicht verwunderlich, wenn Verspätungen im Betrieb auf der Tagesordnung stehen.

Aktuell werden viele Anstrengungen unternommen, um den Schienenverkehr attraktiver und resilienter zu gestalten. Wichtige Themen sind dabei Digitalisierung und künstliche Intelligenz, die in den nächsten Jahren vermehrt ihre Anwendung im Schienenverkehr finden werden.

Das 5. International Railway Symposium Aachen (IRSA25) im Eurogress Aachen ist das ideale Forum für einen intensiven, internationalen Austausch der Fachleute zu aktuellen Fragen, Herausforderungen und Lösungsansätzen aus dem Bereich des Schienenverkehrs. Unsere Veranstaltung deckt thematisch den gesamten technischen Bereich des Systems Bahn über Infrastruktur, Betrieb und Fahrzeugtechnik ab. Das Research Center Railways der RWTH Aachen möchte mit dem Symposium die gemeinsame Diskussion mit der Fachbranche aus Industrie, Wissenschaft und Behörden über aktuelle Themen aus Forschung und Praxis anstoßen. Die Veranstaltung wird in Deutsch und Englisch durchgeführt, um auch internationalen Vortragenden und Gästen ein Forum zu bieten.

Melden Sie sich jetzt an und erleben Sie das umfangreiche Vortragsprogramm sowie den Austausch mit den internationalen Fachexperten in Aachen vor Ort.

Weitere Informationen zum Programm und zur Anmeldung finden Sie auf der Webseite!

#### VERANSTALTER



#### PARTNER





## Paradigmenwechsel

**E**ine klare Vision für die Zukunft der digitalen Leit- und Sicherungstechnik, einschließlich ETCS, DSTW, FRMCS und ATO, hat sich etabliert. Auf der anderen Seite tragen hohe Sicherheitsanforderungen und Standards, viele Entscheidungsträger und bestehende Philosophien nicht zur Realisierung des Paradigmenwechsels bei.

Eine spürbare Beschleunigung kann durch die Automatisierung der Plan-, Prüf- und Abnahmeprozesse, ausgehend von der durchgängigen digitalen Datenhaltung, kurzfristig erreicht werden. Dank der automatisch arbeitenden Tools werden sich Arbeitsweise und Effizienz eines ETCS-Plan- und Abnahmeprüfers verbessern. So wird es möglich sein, mit wenig Ressourcen mehr zu erreichen.

Regeln, Richtlinien und Vorschriften bilden die Basis für Entwicklung und Zulassung von Produkten. Wird jedoch eine neue Technologie in die bestehenden Vorschriften aufgenommen, dauert der gesamte Prozess noch viele weitere Jahre. Wir benötigen neue Vorschriften für neue Technologien, aber wir müssen auch bestehende Vorschriften für die Übergangszeit anpassen.

Die digitale Transformation erfordert nicht nur eine Umstellung der Technik, sondern auch einen kulturellen Wandel innerhalb der gesamten Branche. Häufig sind die bestehenden Philosophien und Paradigmen so tief verwurzelt, dass sich die neuen Prozesse erst gar nicht durchsetzen. Es ist von großer Bedeutung, sich von überholten Abläufen und Arbeitsweisen zu lösen.

Gerade jetzt spielen Ingenieurbüros im Bahnsektor eine wichtige Rolle. Diese können sich auf Nischenbereiche spezialisieren und innovative Produkte und Dienstleistungen anbieten, für die größere Unternehmen möglicherweise keine Ressourcen haben. Das große Ganze kann nur funktionieren, wenn alle kleinen Teile gut ineinandergreifen.

## A paradigm shift

**A** clear vision for the future of digital railway signalling, including ETCS, DSTW, FRMCS and ATO, has been established. In contrast, high safety requirements and standards, multiple decision-makers and existing philosophies are failing to make a contribution to accelerating this paradigm shift.

Significant acceleration can be achieved in the short term by automating the planning, testing and acceptance processes based on end-to-end digital data management. An ETCS planning and acceptance inspector's work methods and efficiency will improve thanks to the use of automated tools. This will make it possible to achieve more with fewer resources.

Rules, guidelines and regulations form the basis for product development and approval. However, the incorporation of new technology into existing regulatory frameworks can extend the completion timeline by several additional years. We need new regulations for new technologies, but we must also adapt the existing regulations to the migration period.

The digital transformation requires not only a shift in technology, but also a cultural change within the entire industry. Employees must be open to change and willing to embrace new technologies and workflows. Existing philosophies and paradigms are often so deeply ingrained that new processes fail to take hold. As such, it is crucial to break away from outdated procedures and practices.

Engineering firms in the rail sector are playing an especially important role right now. They can specialise in niche areas and offer innovative products and services for which larger companies may lack the resources. The big picture can only work if all the small parts fit together perfectly.

**Dr.-Ing. Daria Menzel, Prokuristin, CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik GmbH**  
Dr.-Ing. Daria Menzel, General Manager, CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik GmbH



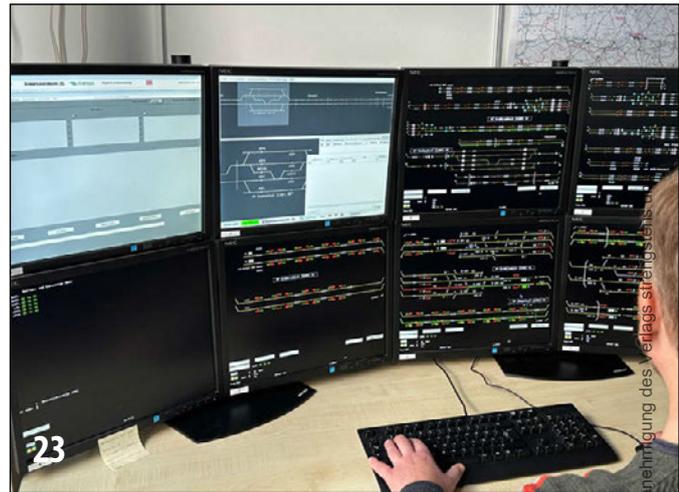
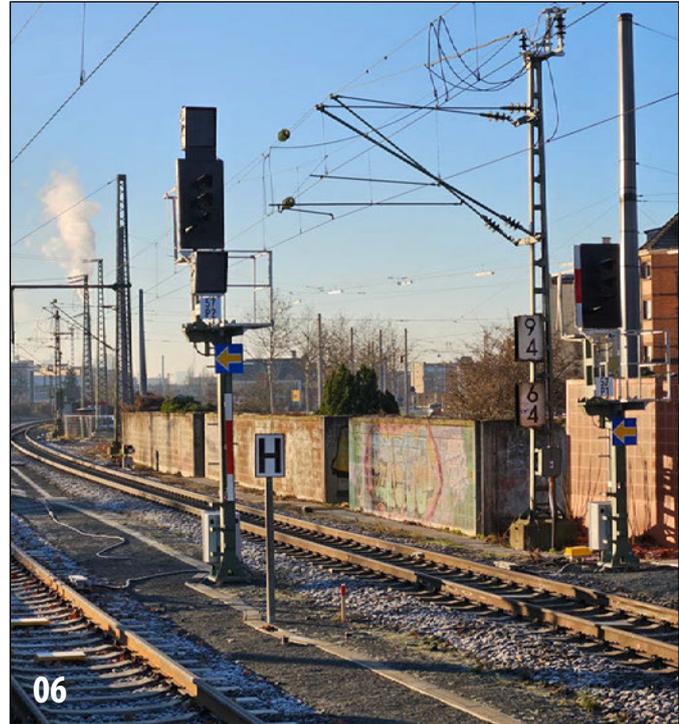
Liebe Leserinnen und Leser,  
 vor Ihnen liegt eine ETCS-orientierte Ausgabe von SIGNAL+DRAHT. Die Experten der Leit- und Sicherungstechnik berichten über die vorbereitenden Arbeiten und Optimierung der Eisenbahninfrastruktur für eine ETCS-Ausrüstung. Die besonderen Herausforderungen bei der Einführung von ETCS, die sich an den Landesgrenzen ergeben, werden detailliert beschrieben. Wir berichten über die Erneuerung der ETCS-Simulation im Rahmen des PRESIM-Projektes für eine umfassende Ausbildung der Zugverkehrssteuerer und Fahrdienstleiter. Wir zeigen, wie die Luxemburgischen Eisenbahnen (CFL) ihre ETCS L1- und L2-Funktionalität erweitern und wie ETCS-Funktionen für den Schutz der Gleisarbeiter angewendet werden können. Insgesamt begegnen wir weltweit Innovationen, die ETCS-Anwendungen den letzten Schliff geben. Vor diesen Hintergründen und einer mehr als zehn Jahre andauernden Digitalisierungsdiskussion wirkt die Auflösung der aktuellen ETCS-Migrationsstrategie der DB InfraGO wie aus der Zeit gefallen. Wir wünschen Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, einen wunderbaren Sommer und viele neue und bleibende Erkenntnisse beim Lesen dieser ETCS-Ausgabe von SIGNAL+DRAHT.

Dear readers,  
 This edition of SIGNAL+DRAHT is focussed on ETCS. Experts in control and safety technology report on the preparatory work and optimisation of railway infrastructure for ETCS equipment. The particular challenges involved in introducing ETCS at national borders are described in detail. We report on the renewal of ETCS simulation as part of the PRESIM project for comprehensive training of train dispatchers and traffic controllers in charge. We show how Luxembourg's railways (CFL) are expanding their ETCS L1 and L2 functionality and how ETCS functions can be used to protect track workers. Overall, we report on innovations around the world that are putting the finishing touches on ETCS applications. Against this backdrop and following more than ten years of discussion about digitalisation, the dissolution of DB InfraGO's current ETCS migration strategy seems out of step with the times. We wish all our readers a wonderful summer and many new and lasting insights while reading this ETCS edition of SIGNAL+DRAHT.

August Zierl

Reinhold Hundt

Chefredakteure | Advising Chief Editors



**Internationaler Fachbeirat**

**Klaus Altehage**, Signon Deutschland GmbH, Berlin | **Bernhard Appel**, Hitachi Rail GTS Austria GmbH, Wien | **René Berger**, Voestalpine Signaling Austria GmbH, Wien | **Dr.-Ing. Thorsten Büker**, quattron GmbH, Aachen | **Mahir Celik**, safeTrail GmbH, Saarbrücken | **Alessandro de Grazia**, Mer Mec Deutschland GmbH, München | **Radek Dobiáš**, SŽ, Prag | **Valentin Doytchev**, Bulgarische Staatsbahnen, NRIC, Sofia | **André Feltz**, SN CFL, Luxemburg | **Andreas Freese**, DB Systel GmbH, Frankfurt/M. | **Udo Fritsch**, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV), Köln | **Thomas Gehringer**, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn | **Erich Grünberger**, Rail Expert Consult GmbH, Wien | **Urs Guggisberg**, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern | **Aki Härkönen**, Finnish Transport Infrastructure Agency, Helsinki | **Ronald Helder**, ProRail, Utrecht | **Steffen Henning**, Scheidt & Bachmann System Technik GmbH, Kiel | **Andreas Hinterschweiger**, Westermo Data Communications GmbH, Waghäusel | **Dr. István Hrivnák**, Tran-SYS Ltd., Budapest | **Dirk Isola**, ipw Ingenieurgesellschaft, Braunschweig | **Steffen Jurtz**, Nextrail GmbH, Berlin | **Szymon Kniaż**, Kombud Group, Radom | **Johannes Köbler**, Bayerische Kabelwerke AG, Roth | **Branko Korbar**, Kroatische Eisenbahnen (HŽ), Zagreb | **Dr.- Ing. Rolf-Dieter Krächter**, VDB Service GmbH, Berlin | **Andreas Langer**, ICS Informatik Consulting Systems GmbH, Stuttgart | **Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer**, DLR e.V., Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig | **Dr.-Ing. Michael Lenders**, Scheidt & Bachmann GmbH, Mönchengladbach | **Helmut Liebinger**, Voestalpine Signaling Siershahn GmbH, Siershahn | **Sebastian Lüke**, Pilz GmbH & Co. KG, Ostfildern | **Dr.-Ing. Matthias Martin**, Siemens Mobility AG, Wallisellen | **Andreas Medek**, Siemens Mobility Austria GmbH, Wien | **Dr.-Ing. Daria Menzel**, CERRS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik GmbH, Dresden | **Thomas Milewski**,



63

**03** Daria Menzel  
**Auf ein Wort: Paradigmenwechsel**  
 Statement: A paradigm shift

**06** Falk Bauer | Julia Kalkreiber | Gesine Schie-Lüdke | Detlef Brückner  
**Vorbereitung und Optimierung der Eisenbahninfrastruktur für eine ETCS-Ausrüstung**  
 Preparing and optimising the rail infrastructure for an ETCS retrofit

**16** Thorsten Bükler | Philipp Scherer  
**Teilautomatisierung der Ermittlung idealer Blocklayouts als Teil der Prozesskette**  
 Semi-automation of the determination of ideal block layouts as part of the CCS planning chain

Pintsch GmbH, Dinslaken | **Dr. Oleg Nasedkin**, Petersburger Staatl. Universität für Eisenbahnverkehr/Signaltechnik, St. Petersburg | **László Pósalaki**, MÁV ZRt, HU-Budapest | **Michael Osterkamp**, Progress Rail Inspection & Information Systems GmbH, Bad Dürkheim | **PhD. Marek Pawlik**, Railway Research Institute, Warschau | **Frank Peters**, Zöllner Signal GmbH, Kiel | **Marián Roman**, Eisenbahnen der Slowakischen Republik (ŽSR), Bratislava | **Markus F. Rothbauer**, TÜV Süd Schweiz AG, Zürich | **Dr. Guido Rumpel**, Siemens Mobility GmbH, Braunschweig | **Christian Sagmeister**, ÖBB-Infrastruktur AG, Wien | **Christian Schmidt**, Hanning & Kahl GmbH & Co KG, Oerlinghausen | **Prof. Dr.-Ing. habil. Lars Schnieder**, Cassis Railway Experts GmbH, Braunschweig | **Dr. Robert Schönauer**, Assessment Expert Services GmbH, A-Wien | **Kerstin Schreiber**, Funkwerk Systems GmbH, Köllda | **Max Schubert**, INCYDE industrial cyber defense GmbH, Frankfurt/M. | **Christian Schunke-Mau**, Alstom Transport Deutschland GmbH, Berlin | **Patrick Steinebach**, DB InfraGO AG, Frankfurt/M. | **Miroslav Stojkovic**, Serbische Eisenbahnen (ŽS), Belgrad | **Dr.-Ing. Timo Strobel**, Hitachi Rail GTS Deutschland GmbH, Ditzingen | **Detlev K. Suchanek**, GRT Global Rail Academy and Media GmbH/PMC Media, Hamburg | **Michael Thiel**, Frauscher Sensor Technology Group, St. Marienkirchen | **Péter Tóth**, Prolan Group, Budakalász | **Prof. Dr.-Ing. Jochen Trinckauf**, CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik, Dresden | **Patrick Trost**, Stadler Signalling Germany GmbH, Braunschweig | **Laurenz Trunner**, EBE Solutions, Wiener Neudorf | **Torsten Vogel**, PSI Transcom GmbH, Berlin | **Bernhard Wahl**, Obermeyer Infrastruktur GmbH & Co. KG, Köln | **Christian Weiß**, Dr. techn. Josef Zelisko Fabrik für Elektrotechnik und Maschinenbau Gesellschaft m.b.H., Mödling | **Peter Wigger**, TÜV Rheinland InterTraffic GmbH, Köln | **Anton Zahner**, HIMA Paul Hildebrandt GmbH, Brühl

**23** Jörg Demitz | Hendrik Bähr | Attila Dobrosi  
**Erneuerung der ETCS-Simulation im PRESIM Simulationssystem der DB**  
 Renewing the ETCS simulation in the PRESIM simulation system at DB

**30** Uwe Wendland | Daniel Meurer | Christian Bielchen | Vincent Mayer | Dennis Honstein | Peter Schließmann  
**ETCS-Planung auf der 1. und 2. Stammstrecke der S-Bahn München**  
 ETCS planning on the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> "Stammstrecke" at the Munich S-Bahn

**39** Lars Brune | Verena Grübert  
**ETCS-Projekte an Landesgrenzen: Erfolgsfaktoren für die Zusammenarbeit**  
 ETCS projects at national borders: success factors for co-operation

**47** Johannes Müller | Verena Grübert  
**ETCS-Ausrüstung an Landesgrenzen am Beispiel Görlitz – Zgorzelec**  
 ETCS retrofits at national borders using the example of Görlitz – Zgorzelec

**55** Andre Wenning | Marcell Gransch  
**ETCS L1 FS plus mit L2-Funktionalitäten: neue Architektur bei der luxemburgischen Eisenbahn in Betrieb**  
 ETCS L1 FS plus with L2-Features: a new architecture in service at the Luxembourg railway

**63** Jocelyn Lemoine | Francois Hausmann | Til Arkenberg  
**Onvia Balise ETCS L: Ein innovatives Produkt, das neue Horizonte im Arbeitsschutz eröffnet**  
 Onvia ETCS L balise: an innovative product opening new horizons in worker protection

**73** Jenny Kluge  
**ISA – AsBo – PSV: Wer macht was und wann wird wer gebraucht?**  
 ISA – AsBo – PSV: Who does what and who is needed when?

**79** Kurzberichte | Newsflash

**82** Impressum | Imprint

Wir wählen in den Fachbeiträgen aufgrund der besseren Lesbarkeit entweder die männliche oder weibliche Form von personenbezogenen Hauptwörtern. Wo möglich verwenden wir geschlechtsneutrale Alternativen. Meinungsbeiträge können auf ausdrücklichen Wunsch der verfassenden Person von dieser Regel ausgenommen sein. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung anderer Geschlechtsidentitäten.

For the sake of readability, we use either the masculine or feminine form of personal nouns in the specialist articles. Where possible, we use gender-neutral alternatives. Opinion pieces may be exempt from this rule at the express wish of the author. This in no way implies any discrimination against other gender identities.



**Eurailpress Fachartikelarchiv | Archive of specialist articles**

Alle Fachartikel sind dauerhaft unter [www.eurailpress.de/archiv/](http://www.eurailpress.de/archiv/) hinterlegt. Achten Sie auf unsere mit dem Archivsymbol gekennzeichneten Themenlinks, die an ausgewählten Beiträgen im Heft zu finden sind und auf weitere relevante Inhalte verweisen.

All specialist articles are filed permanently at [www.eurailpress.de/archiv/](http://www.eurailpress.de/archiv/). Look out for our links to subjects flagged with the archive symbol. This is placed on selected contributions in each issue and draws attention to additional relevant contents.

# Vorbereitung und Optimierung der Eisenbahninfrastruktur für eine ETCS-Ausrüstung

## Preparing and optimising the rail infrastructure for an ETCS retrofit

Falk Bauer | Julia Kalkreiber | Gesine Schie-Lüdke | Detlef Brückner

**A**ls Mitgliedstaat der Europäischen Union treibt Deutschland die Interoperabilität des europäischen Eisenbahnverkehrs voran. Hierfür erfolgt die schrittweise Ausrüstung des Eisenbahnnetzes mit dem Zugbeeinflussungssystem European Train Control System (ETCS) Level 2. Um das Potenzial von ETCS optimal auszunutzen, ist es erforderlich, die Eisenbahninfrastruktur dahingehend vorzubereiten, dass diese auf ETCS als führendes Zugbeeinflussungssystem ausgerichtet ist. Der Beitrag befasst sich mit vorbereitenden Maßnahmen, die im Vorfeld einer ETCS-Ausrüstung zu berücksichtigen sind.

### 1 Anlass und Notwendigkeit

Die Vorbereitung und Optimierung der Eisenbahninfrastruktur für eine Ausrüstung mit ETCS Level 2 mit Signalen (ETCS L2mS) sowie mit ETCS Level 2 ohne konventionelle Signalisierung (ETCS L2oS) erfolgt durch Maßnahmen innerhalb der ETCS-tangierenden Gewerke. Diese Maßnahmen können entweder unmittelbar im Zusammenhang mit einer initialen ETCS-Ausrüstung oder bereits vorher im Rahmen von Baumaßnahmen der tangierenden Gewerke umgesetzt werden.

Da bei aktuellen und zukünftigen Eisenbahninfrastrukturprojekten von ETCS Level 2 (L2) im Zielzustand ausgegangen werden kann, unterstützt eine frühe Vorbereitung der Eisenbahninfrastruktur für eine Ausrüstung mit ETCS die Erreichung dieses Zielzustands. Die vorbereitenden Maßnahmen bilden die Grundlage für eine optimierte, kapazitätsorientierte und kosteneffiziente Ausrüstung mit ETCS. Da ein Großteil der Ausrüstungsmaßnahmen sperrzeitenneutral realisiert werden kann, kommt die Vorbereitung von ETCS auch einer termingerechten Inbetriebnahme zugute. So trägt die frühzeitige Vorbereitung der Eisenbahninfrastruktur auf ETCS im Rahmen einer ohnehin stattfindenden Baumaßnahme und unter effizienter Nutzung von Ressourcen zu einer Reduzierung der Gesamtkosten und zu mehr Planungssicherheit bei. Die für die ETCS-Ausrüstung vorbereitenden Maßnahmen werden bereits ab der Leistungsphase 1 im Rahmen der Erstellung der betrieblichen beziehungsweise technischen Aufgabenstellung berücksichtigt.

Die Vorbereitung der Eisenbahninfrastruktur auf ETCS leistet einen essenziellen Beitrag bei der Modernisierung des Eisenbahnnetzes und fügt sich in die strategische Vorgehensweise der Rolloutplanung der DB InfraGO AG ein. Das langfristige Ziel ist es, durch die Vorbereitung und insbesondere durch die Einführung von ETCS resiliente, interoperable und zukunftsfähige Systeme zu schaffen, die den Anforderungen an Kritische Infrastruktur (KRITIS) entsprechen. Die Vorbereitung für eine Ausrüstung mit

**A**s a member state of the European Union, Germany is driving the interoperability of European rail traffic forward. To this end, the rail network is gradually being equipped with the European Train Control System (ETCS) Level 2. If we are to exploit the potential of ETCS to the full, it is necessary to first prepare the rail infrastructure for ETCS as the leading train control system. This article deals with the preparatory measures that need to be taken into account in the run-up to the installation of ETCS.

### 1 The reason and necessity

The preparation and optimisation of the rail infrastructure for ETCS Level 2 with signalling (ETCS L2mS) and ETCS Level 2 without signalling (ETCS L2oS) will be realised by means of measures undertaken by the ETCS tangential trades. These measures can be implemented either directly in connection with the initial ETCS retrofit or beforehand as part of the construction work on the tangential sections.

Given that ETCS Level 2 (L2) can be considered the target state for all current and future rail infrastructure projects, early preparation of the rail infrastructure for an ETCS retrofit supports the achievement of this target state. The preparatory measures form the basis for an optimised, capacity-oriented and cost-efficient ETCS retrofit. Since a large proportion of the retrofit measures can be implemented with no impact on blockage times, the preparation for ETCS also benefits the timely commissioning. The early preparation of the rail infrastructure for ETCS as part of an ongoing construction project and the efficient use of resources can help reduce any overall costs and increase planning reliability. The preparatory measures for the ETCS retrofit are taken into account as part of the preparation of the operating or technical project requirement specification from the basic evaluation onwards (HOAI phase 1).

Preparing the rail infrastructure for ETCS constitutes an essential contribution to the modernisation of the rail network and is part of DB InfraGO AG's strategic approach to rollout planning. The long-term goal is to create resilient, interoperable and sustainable systems that meet the requirements for critical infrastructure (KRITIS) by means of the preparation and, in particular, the introduction of ETCS. The preparations for the ETCS retrofit must also be seen within a European context: the ETCS retrofit has been planned in accordance with the existing European equipment obligation as per the European Deployment Plan (EDP) and the preparatory measures constitute an inherent part of the ETCS retrofit.

ETCS ist darüber hinaus auch im europäischen Kontext zu sehen: Eine ETCS-Ausrüstung ist entsprechend der bestehenden europäischen Ausrüstungsverpflichtung gemäß European Deployment Plan (EDP) vorgesehen, und die vorbereitenden Maßnahmen sind ein inhärenter Teil der ETCS-Ausrüstung.

## 2 Ausgewählte Maßnahmen zur Vorbereitung der ETCS-Ausrüstung

Die Vorbereitung der Eisenbahninfrastruktur für eine Ausrüstung mit ETCS wurde in einigen Projekten, wie beispielsweise auf den Streckenabschnitten Knappenrode – Horka, Darmstadt – Eberstadt und Freiburg – Buggingen, bereits umgesetzt.

Um gewerkeübergreifend einen Gesamtüberblick über die erforderlichen Maßnahmen zu schaffen, hat die DB InfraGO AG die Arbeitshilfe 819.1343 NV „ETCS-ready – Anforderungen an tangierende Gewerke“ bereitgestellt. Darin werden die im Vorfeld einer ETCS-Ausrüstung erforderlichen Maßnahmen gebündelt zur Verfügung gestellt. Der Inhalt ist dabei entsprechend der Gewerke in Kapitel unterteilt. Zu den behandelten Gewerken zählen unter anderem Leit- und Sicherungstechnik, Telekommunikation, Verkehrsanlagen sowie elektrische Energieanlagen und der Oberbau. Im Folgenden wird vertiefend auf technische Hintergründe ausgewählter Maßnahmen zur Vorbereitung der Eisenbahninfrastruktur auf eine ETCS-Ausrüstung eingegangen, um deren Notwendigkeit zu verdeutlichen. Dabei wird eine ETCS-Fähigkeit aller zum Einsatz kommenden Komponenten vorausgesetzt [1].

## 2 Selected preparatory measures for the ETCS retrofit

Preparation of the rail infrastructure for the ETCS retrofit has already been carried out in some projects, such as on the Knappenrode – Horka, Darmstadt – Eberstadt and Freiburg – Buggingen sections.

In order to create a comprehensive overview of the necessary measures across all railway assets, DB InfraGO AG has produced the 819.1343 NV “ETCS-ready - Requirements for tangential assets” tool. This provides a summary of the measures required in advance of an ETCS retrofit. The content has been divided into chapters according to rail assets. The covered assets include control and safety technology, telecommunications, traffic systems, electrical energy systems and the superstructure. The following discusses the technical background of selected measures for the preparation of the rail infrastructure for an ETCS retrofit in detail so as to illustrate their necessity. It is assumed that all the used components are ETCS-capable [1].

### 2.1 Dimensioning the signal posts for the installation of an Ne 14 (L2mS)

If a route section is to be equipped with ETCS L2mS in the future, the main signal masts must be dimensioned for the installation of an Ne 14 (ETCS Stop Marker) as part of the interlocking design. Otherwise, it may prove necessary to replace the signal masts during the subsequent ETCS measure. In addition to

# We Create FRMCS

## Mission-Critical Communication Solutions Are Our DNA.

With 20+ years of experience in mission-critical communication, we are the #1 partner for railways in their migration to FRMCS.

We shape standards, drive regulation, and deliver an end-to-end 5G portfolio that meets the highest benchmarks of safety, reliability and lifecycle support.

Kontron Transportation  
Your trusted partner for FRMCS.

**kontron**  
The Power of IoT

[www.kontron.com/ktrdn](http://www.kontron.com/ktrdn)

**2.1 Dimensionierung der Signalmaste für die Montage der Ne 14 (L2mS)**

Ist auf einem Streckenabschnitt perspektivisch eine Ausrüstung mit ETCS L2mS vorgesehen, müssen die Hauptsignalmasten im Rahmen der Stellwerksplanung für die Montage einer Ne 14 (ETCS-Halt-Tafel) dimensioniert werden. Andernfalls kann bei der nachfolgenden ETCS-Maßnahme der Tausch von Signalmasten erforderlich werden. Neben dem baulichen Aufwand für diese Umbaumaßnahme ist hierfür auch eine Anpassung der Planunterlagen des Stellwerkes notwendig [1]. Die Möglichkeiten zur Anordnung einer Ne 14 werden in der Regelzeichnung Rz S 541.1.7 beschrieben [2].

**2.2 Berücksichtigung von Schaltabschnittsgrenzen bei der Planung von Signalstandorten**

In der Richtlinie 997.0301 (Oberleitungsanlagen; Speisung und Schaltung der Oberleitung planen) werden die geforderten Mindestabstände zwischen Signalen und Schaltabschnittsgrenzen beschrieben. Hierbei sind größere Abstände einzuhalten, wenn Fahrzeuge unter ETCS-Führung verkehren, als auf reinen PZB-Strecken. Die Mindestabstände sind erforderlich, da es beim Halt eines Fahrzeuges mit gehobenem Stromabnehmer im Bereich der Schaltabschnittsgrenze zu Beschädigungen am Stromabnehmer und an der Oberleitungsanlage kommen kann [3]. Um das nachträgliche Versetzen von Signalen im Rahmen einer ETCS-Maßnahme zu vermeiden, sollten bei einem Neu- oder Umbau eines Stellwerkes bei der Planung von Signalstandorten bereits im Vorfeld die Anforderungen von ETCS hinsichtlich der Abstände zu Schaltabschnittsgrenzen berücksichtigt werden [1].

**2.3 Berücksichtigung der Release Speed bei der Planung von Signalstandorten**

Bei ETCS-geführten Fahrzeugen werden durch das ETCS-Fahrzeuggerät zugsspezifisch verschiedene Bremskurven berechnet und überwacht. Unterhalb der Release Speed wird die Bremskurvenüberwachung aufgehoben, sodass individuell bis an das Halt zeigende Signal herangefahren werden kann. Die Höhe der Release Speed (0 km/h, 5 km/h, 10 km/h oder 15 km/h) hängt vom jeweiligen Ab-

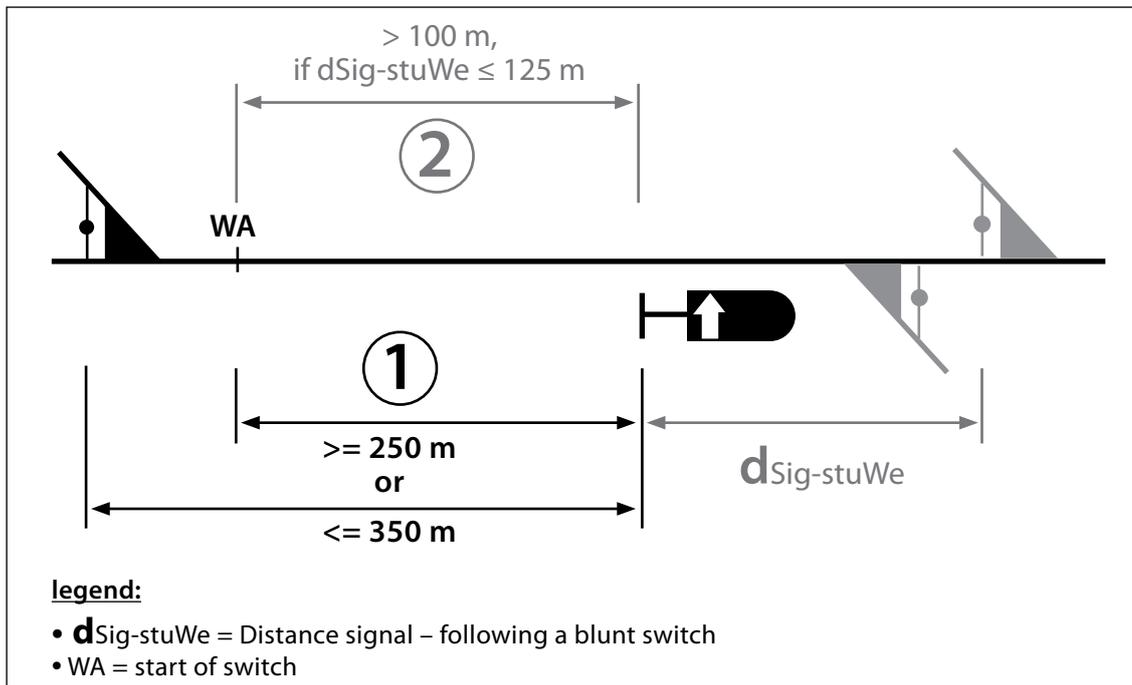
the construction work associated with this modification, the design documents for the interlocking must also be adapted [1]. The possibilities for arranging an Ne 14 are described in the Rz S 541.1.7 standard drawing [2].

**2.2 Taking switching section boundaries into consideration when designing signal locations**

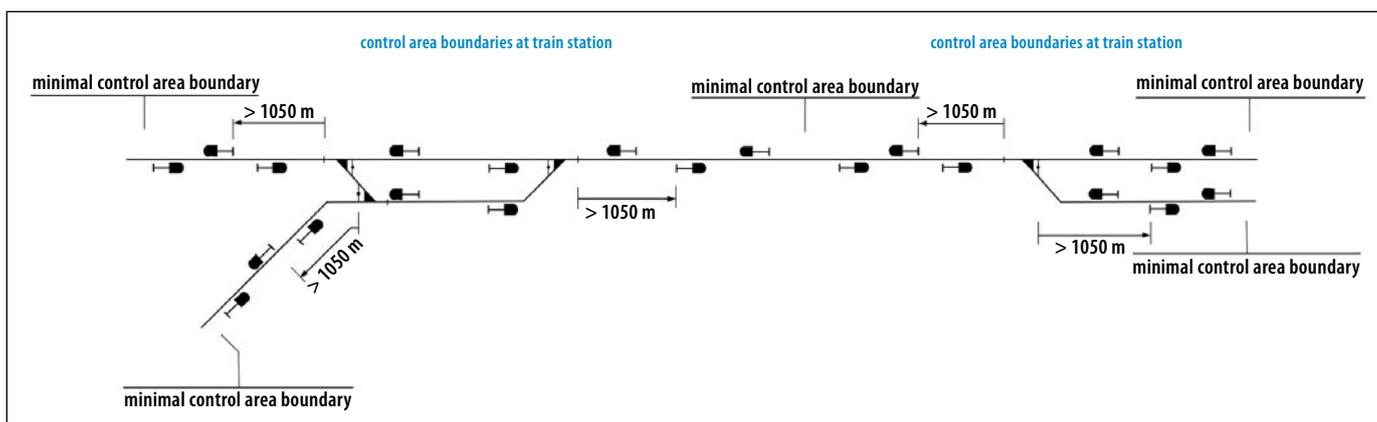
Guideline 997.0301 (Catenary systems; designing the power supply and switching the overhead contact line) describes the minimum distances required between signals and switching section boundaries. Greater distances must be maintained when vehicles are running under ETCS control than on purely PZB lines. The minimum distances are required because damage to the pantograph and the catenary system can occur when a vehicle with a raised pantograph stops in the area of a switching section boundary [3]. The ETCS requirements pertaining to the distances to the switching section boundaries should be taken into account in advance when designing the signal locations for a new interlocking or a conversion so as to avoid the subsequent relocation of the signals as part of an ETCS measure [1].

**2.3 Taking the release speed into consideration when designing signal locations**

The ETCS on-board unit on ETCS-controlled trains calculates and monitors the various braking curves for each train. Braking curve monitoring is cancelled below the release speed so that the train can be driven up to the signal indicating a stop. The release speed level (0 km/h, 5 km/h, 10 km/h or 15 km/h) depends on the distance between the main signal or the Ne 14 and the ETCS danger point behind it. If the required exit and intermediate signal distances are not maintained for a release speed in excess of 0 km/h, the usable track length will be restricted at platforms and passing sidings. In order to avoid such operating restrictions and the subsequent relocation of any signals, the issue of the release speed should have already been taken into account during interlocking design and the signal locations should be optimised accordingly where possible [1, 4].



**Bild 1: Anordnung von Signalen hinter Weichen**  
 Fig. 1: The arrangement of signals behind points  
 Quelle / Source: DB InfraGO AG, Falk Bauer



**Bild 2: Anordnung von Steuerbereichsgrenzen an Bahnhöfen, Abzweig- und Überleitstellen**

Fig. 2: The arrangement of control area boundaries at stations, junctions and crossings

Quelle / Source: DB InfraGO AG, Falk Bauer

stand des Hauptsignals beziehungsweise der Ne 14 zum dahinterliegenden ETCS-Gefahrpunkt ab. Werden die erforderlichen Abstände bei Ausfahr- und Zwischensignalen für eine Release Speed größer 0 km/h nicht eingehalten, kommt es bei Bahnsteig- und Überholgleisen zu Einschränkungen der Gleisnutzlänge. Um derartige betriebliche Einschränkungen sowie das nachträgliche Versetzen von Signalen zu vermeiden, sollte bereits bei der Stellwerksplanung das Thema Release Speed berücksichtigt und sollten Signalstandorte, wenn möglich, entsprechend optimiert werden [1, 4].

**2.4 Arranging the signals after switches and crossings**

ETCS L2 uses data points that must be positioned in front of the signals in accordance with Guideline 819.1344 to determine the position of the vehicles in front of the signals. According to Guideline 819.1340, the balises of these data points can only be relocated within the switches and crossings to a limited extent [5, 6].

This should be taken into account when determining the signal locations in the direction of travel behind the switches and crossings. For this purpose, the distance values shown in fig. 1



# 2025 FRMCS Roadshow

Bleiben Sie auf dem Laufenden über die neuesten Entwicklungen und darüber, was wir für Ihren Weg zu FRMCS auf Lager haben werden.

[funkwerk.com/roadshowfrmcs](http://funkwerk.com/roadshowfrmcs)



**JETZT  
KOSTENFREI  
ANMELDEN**

**2.4 Anordnung von Signalen nach Weichen oder Kreuzungen**

Zur Positionsermittlung von Fahrzeugen vor Signalen nutzt ETCS L2 Datenpunkte, die gemäß Richtlinie 819.1344 vor den Signalen anzuordnen sind. Die Balisen dieser Datenpunkte lassen sich nach Richtlinie 819.1340 nur eingeschränkt innerhalb von Weichen und Kreuzungen verlegen [5, 6].

Bei der Festlegung von Signalstandorten in Fahrtrichtung hinter Weichen oder Kreuzungen soll dieser Sachverhalt berücksichtigt werden. Hierzu sollen die in Bild 1 dargestellten Abstandswerte eingehalten werden, soweit es die infrastrukturellen Gegebenheiten zulassen. Notwendige Verlegungen von Balisen innerhalb von Weichen oder Kreuzungen lassen sich so vermeiden [1].

**2.5 Anordnung von Steuerbereichsgrenzen an Bahnhöfen, Abzweig- und Überleitstellen**

Bei einer Neuausrichtung von Steuerbereichsgrenzen zwischen Unterzentralen, Steuerzentralen oder Zentraleinheiten Elektronischer Stellwerke sollen die abgebildeten Signalzuordnungen an Bahnhöfen und Abzweigstellen oder Überleitstellen umgesetzt werden, wenn es die örtlichen Gegebenheiten erlauben (Bild 2). Mit Berücksichtigung dieses Sachverhaltes lassen sich betriebliche Einschränkungen im ETCS-Betrieb umgehen. Gleichzeitig ermöglicht die aufgezeigte Signalzuordnung einen uneingeschränkten Levelwechsel bei teilweiser ETCS-Ausrüstung. So kann bei Umsetzung des vorgegebenen Mindestabstands von 1050 m zwischen Weichen und dem folgenden Signal eine Überwachungslücke ausgeschlossen werden [1].

**3 Erforderliche Maßnahmen für eine Inbetriebnahme von ETCS Level 2 nach erfolgter Vorbereitung und Optimierung der Eisenbahninfrastruktur**

Die Anforderungen für die Vorbereitung und Optimierung der Eisenbahninfrastruktur für eine Ausrüstung mit ETCS beinhalten die Maßnahmen der in Abschnitt 2 aufgeführten ETCS-tangierenden Gewerke. Welche Maßnahmen für die eigentliche ETCS-Ausrüstung anschließend noch erforderlich sind, wird nachfolgend beschrieben.

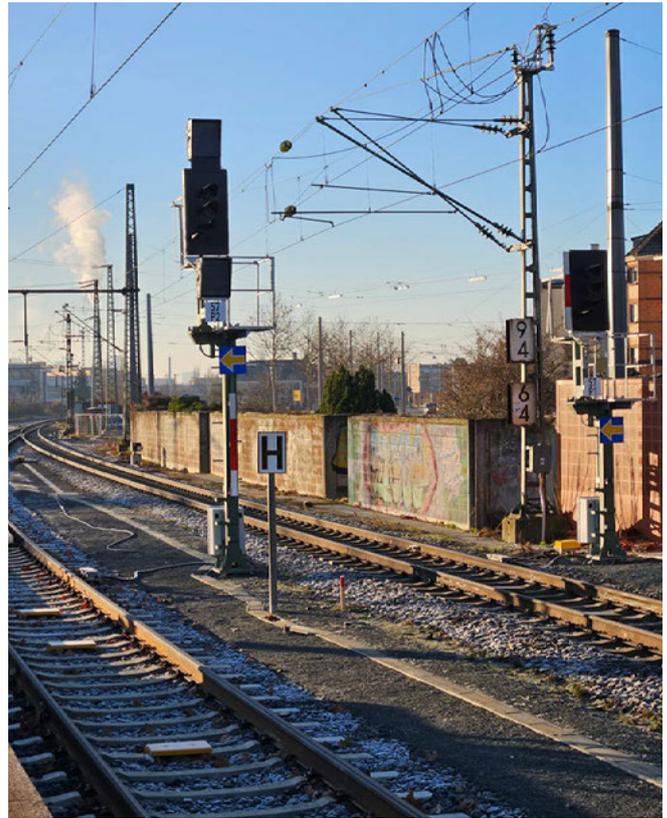
**3.1 Maßnahmen im Gewerk ETCS**

Im Gewerk ETCS müssen die streckenseitigen ETCS-Komponenten implementiert werden, damit Fahrzeuge ETCS-geführt verkehren können. Hierfür werden zur punktförmigen Übertragung von Informationen sowie zu Ortungszwecken Balisen mittig in den Gleisen des ETCS-Ausrüstungsbereiches verlegt. Bei ETCS L2 werden in der Regel ungesteuerte Balisen zur Übertragung von gleichbleibenden Informationen vorgesehen. In Einzelfällen sind gesteuerte Balisen zur Übertragung von dynamischen Informationen erforderlich (siehe auch Abschnitt 3.3) [5, 6].

Zur Übertragung einer Fahrterlaubnis (Movement Authority, MA) an ETCS-geführte Fahrzeuge wird eine ETCS-Zentrale (Radio Block Centre, RBC) benötigt. Diese wird bei einem Elektronischen Stellwerk (ESTW) am Standort der jeweiligen Unterzentrale oder bei einem Digitalen Stellwerk (DSTW) im zugehörigen Technikstandort untergebracht und besteht aus den RBC-Schränken sowie aus einem ETCS-Diagnoseplatz [7]. Ist zum Zeitpunkt der ETCS-Inbetriebnahme bereits ein angrenzendes RBC in Betrieb, müssen die vorhandenen Balisen für die ETCS-Ein- und Ausstiege im Nachbar-RBC zurückgebaut, Balisen für einen RBC-Wechsel eingebaut sowie muss die RBC-Software entsprechend angepasst werden.

**3.2 Maßnahmen im Gewerk Stellwerk**

Im Gewerk Stellwerk ist mit der ETCS-Ausrüstung an allen Hauptsignalen (ETCS L2mS) und am Ort der virtuellen Hauptsignale (ETCS L2oS) die



**Bild 3: Montage der Ne 14 am Signalmast (L2mS) sowie der Balisen im Gleis**  
 Fig. 3: Installing the Ne 14 on the signal post (L2mS) and the balises in the track  
 Quelle / Source: DB InfraGO AG



**Bild 4: Montage der ETCS-Blockkennzeichen**  
 Fig. 4: Installing the ETCS block markers  
 Quelle / Source: DB InfraGO AG

Montage beziehungsweise das Aufstellen einer ETCS-Halt-Tafel Ne 14 erforderlich (Bild 3).

Soll zur Erhöhung der Streckenkapazität der ETCS L2 Hochleistungsblock zum Einsatz kommen, werden zusätzlich ETCS-Blockkennzeichen aufgestellt, um für ETCS-geführte Züge im Bahnhof Ganzzugstraßen in Teilzugstraßen und auf der freien Strecke Blockabschnitte in Teilblöcke zu unterteilen (Bild 4). Da eine Teilzugstraße beziehungsweise ein Teilblock immer aus mindestens einem Freimeldeabschnitt bestehen muss, ist hierfür die Projektierung weiterer Freimeldeabschnitte sowie die Montage und die Verkabelung zusätzlicher Achszählpunkte erforderlich [8].

Um bei ETCS L2mS Widersprüche zwischen den Geschwindigkeitsvorgaben der Außensignalisierung und der ETCS-Führerstandsanzeige zu vermeiden, sollen die betroffenen Hauptsignale, wenn möglich, dunkel geschaltet werden [6]. Dies muss in der Stellwerkssoftware entsprechend projektiert werden.

Unter anderem zur Implementierung der Dunkelschaltfunktion sowie der neuen Gleisfreimeldeabschnitte und ggf. neuer ETCS-Teilfahrstraßen ist darüber hinaus ein stellwerksseitiges Software-Update erforderlich.

### 3.3 Maßnahmen im Gewerk Bahnübergänge

Bahnübergänge sollen gemäß den Vorgaben der Richtlinienfamilie 815 nur noch in den folgenden Überwachungsarten ausgerüstet werden:

- fernüberwacht,
- signalabhängig (Hp) oder
- fahrstraßenüberwacht.

should be considered to be as far as the infrastructural conditions allow. This will avoid the need to move the balises within the switches and crossings [1].

### 2.5 Arranging the control area boundaries at stations, junctions and crossovers

When realigning the control area boundaries between electronic interlocking sub-centres, control centres or central units, the shown signal assignments should be implemented at the stations and junctions or crossings, if the local conditions allow (fig. 2). Any operating restrictions in ETCS operations can therefore be avoided by taking this into account. At the same time, the depicted signal assignment also enables an unrestricted level change with partial ETCS equipment. This means that a monitoring gap can be excluded if the specified minimum distance of 1050 metres between the points and the following signal has been implemented [1].

### 3 Measures required for commissioning ETCS Level 2 after the preparation and optimisation of the rail infrastructure

The requirements for preparing and optimising the rail infrastructure for the ETCS retrofit include the measures for the ETCS-related trades listed in section 2. The measures that are subsequently required for the actual ETCS equipment are described below.

# ZUVERLÄSSIGE ZEITSYNCHRONISATION für digitale Bahninfrastruktur und Schienenfahrzeuge



**hopf** Time and Frequency  
Solutions



Expertise für Zeitsynchronisation  
seit mehr als 50 Jahren

[www.hopf.com](http://www.hopf.com) | [sales@hopf.com](mailto:sales@hopf.com)

**IRIS**<sup>®</sup>  
Certification

Ist die ETCS-Ausrüstung von Bahnübergängen mit Überwachungssignalen oder mit Überwachungssignalen mit optimierter Einschaltstrecke dennoch im Einzelfall vorgesehen, sind für deren Sicherung gesteuerte Balisen erforderlich, die über ein Balisen-Anschlusskabel an eine Limeside Electronic Unit (LEU) angeschlossen werden. Die LEU wählt auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Eingangsinformationen in Abhängigkeit vom Signalbegriff die erforderlichen Telegramme aus und wird i. d. R. im Betonschaltheus untergebracht [5, 6].

Sind Bahnübergänge der Überwachungsart Hp im Ausrüstungsbereich vorhanden, ist eine Prüfung und ggf. eine Optimierung der Lage der Anrückmelder erforderlich. Hintergrund ist, dass die Einschaltstreckeberechnungen bei Bestandsanlagen für Fahrzeuge mit PZB ausgelegt wurden. ETCS soll bei der Einschaltstreckeberechnung berücksichtigt werden,

- um zu gewährleisten, dass ETCS-geführte Fahrzeuge möglichst rechtzeitig und ohne vorherigen Bremsvorgang eine Fahrerlaubnis zum Überfahren des Bahnüberganges erhalten und
- um die Auswirkungen eines vorbeifahrenden Zuges auf den kreuzenden Straßenverkehr möglichst zu reduzieren.

In Einzelfällen kann es sein, dass die Bahnübergänge in diesem Zusammenhang auf Vollabschlüsse umzurüsten sind [9, 10].

### 3.4 Maßnahmen im Gewerk Bedienung

Die ETCS-Bedienung erfolgt i. d. R. aus der Betriebszentrale oder im Fall eines DSTW von dem zugehörigen Bedienstandort (BSO) aus. Hierfür ist die Einrichtung einer integrierten ETCS-Bedi- und Anzeigefunktion mit entsprechendem Update des Bediensystems erforderlich. Ein bestehender Stellwerksbedienplatz muss ggf. erweitert und angepasst werden [7].

### 3.5 Maßnahmen im Gewerk Telekommunikation

Im Gewerk Telekommunikation werden die Qualitätsanforderungen an den Funkversorgungspegel sowie an die Verfügbarkeit der Funknetzkomponenten geprüft und bei Erfordernis entsprechende Anpassungen vorgenommen. Darüber hinaus werden alle erforderlichen Schnittstellen zwischen dem RBC und unter anderem dem zugehörigen Stellwerk, dem Leit- und Bediensystem, dem Media Gateway zur Anbindung an das Funknetz sowie einem oder mehreren Nachbar-RBC hergestellt [7].

## 4 Fazit und Ausblick

Die Maßnahmen für die Vorbereitung der Eisenbahninfrastruktur auf ETCS dienen der Optimierung der jeweiligen Planungen aller ETCS-tangierenden Gewerke für eine ETCS-Ausrüstung. Das Verkehren von Fahrzeugen unter ETCS-Führung ist erst mit der Implementierung der streckenseitigen ETCS-Komponenten und der Inbetriebnahme der eigentlichen ETCS-Maßnahme möglich.

Die in der Arbeitshilfe 819.1343 NV „ETCS-ready – Anforderungen an tangierende Gewerke“ beschriebenen Maßnahmen sind unabhängig von der Tatsache, ob eine die tangierenden Gewerke betreffende Maßnahme (z. B. eine Stellwerksmaßnahme) und ETCS zeitgleich oder zeitversetzt in Betrieb gehen, zu berücksichtigen. Es muss jedoch differenziert betrachtet werden, welche Anforderungen bei welchen Ausrüstungsvarianten zu welchem Zeitpunkt unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit sinnvollerweise umgesetzt werden sollen.

So ist beispielsweise bei zeitgleicher oder unmittelbar aufeinander folgender Inbetriebnahme einer Stellwerks- und einer ETCS-Maßnahme die Umsetzung aller relevanten vorbereitenden Maßnahmen erforderlich, um eine reibungslose Inbetriebnahme von ETCS zu ermöglichen. Ist die Realisierung von ETCS erst zu einem späteren Zeitpunkt nach Inbetriebnahme des Stellwerkes geplant oder steht der konkrete Zeitpunkt für eine ETCS-Realisierung noch nicht

### 3.1 Measures for ETCS

The ETCS trade must implement the ETCS trackside components so that the vehicles can run under ETCS control. Balises are therefore laid centrally in the tracks of the ETCS retrofit area for the punctiform transmission of information and for localisation purposes. In the case of ETCS L2, uncontrolled balises are generally provided for the transmission of constant information. Switchable balises are required to transmit dynamic information in individual cases (see also section 3.3) [5, 6].

A Radio Block Centre (RBC) is required to transmit the movement authority (MA) to the ETCS-guided vehicles. This is housed either at the location of the appropriate sub-centre of an electronic interlocking (ESTW) or in the associated technical location at a digital interlocking (DSTW) and it consists of the RBC cabinets and an ETCS diagnostic station [7].

If an adjacent RBC is already in operation at the time of the ETCS commissioning, the existing ETCS entrance and exit balises in the adjacent RBC will be removed, RBC changeover balises will be installed and the RBC software will be adapted accordingly.

### 3.2 Measures for interlockings

The interlocking trade must ensure the installation or construction of an ETCS Stop Marker Ne 14 (fig. 3) in association with the ETCS retrofit at all the main signals (ETCS L2mS) and at the location of the virtual main signals (ETCS L2oS).

If the ETCS L2 high performance block is to be used to increase line capacity, additional ETCS block markers will be installed to divide the block train routes into partial train routes for ETCS-guided trains in the stations and block sections into partial blocks on the open track (fig. 4). As a partial train route or a partial block must always consist of at least one detection section, this requires the design of additional detection sections, as well as the installation and wiring of additional detection points [8].

In order to avoid any contradictions between the speed specifications of the external signalling and the ETCS driver's cab display with ETCS L2mS, the main signals concerned should be switched to dark where possible [6]. This must be configured accordingly in the interlocking software.

A software update on the interlocking side is also required to implement the dark switching function, the new train detection sections and any new ETCS route sections.

### 3.3 Measures for level crossings

Level crossings should only be equipped with the following types of monitoring in accordance with the specifications of the 815 family of guidelines:

- remote monitoring,
- signal interlocking (Hp) or
- line supervision.

However, if the ETCS retrofit of level crossings is planned to include supervision signals or supervision signals with an optimised switch-on distance, switchable balises which are connected to a Limeside Electronic Unit (LEU) via a balise connecting cable will be required for their protection. The LEU will select the required telegrams based on the available input information depending on the signal designation and will usually be housed in the concrete switch-gear building [5, 6].

If Hp monitoring level crossings are present in the retrofit area, it will be necessary to check and, if necessary, optimise the position of the activation detectors. The background to this lies in the fact that the switch-on distance calculations for the existing systems have been designed for vehicles with

fest, soll die Umsetzbarkeit der einzelnen Anforderungen für die Optimierung der Eisenbahninfrastruktur für ETCS im Rahmen einer Eisenbahninfrastrukturmaßnahme geprüft und ggf. entsprechend berücksichtigt werden. Hierzu zählt beispielsweise das Berücksichtigen von ETCS-Anforderungen bei der Planung von Signalstandorten und der Gleisfreimeldeanlage. Werden diese Maßnahmen nicht berücksichtigt, sind bei einer späteren Ausrüstung mit ETCS ggf. zusätzliche umfangreiche Anpassungs- und Umbaumaßnahmen erforderlich, die zusätzliche Ausführungsplanungen erfordern, weitere Planungs- und Prüffressourcen binden, höhere Kosten verursachen und das ETCS-Projekt verzögern können.

Die Berücksichtigung der Anforderungen von ETCS an die Eisenbahninfrastruktur im Rahmen einer Stellwerksmaßnahme bereits vor der eigentlichen ETCS-Ausrüstung trägt folglich zur Einsparung von Planungs- und Baukosten sowie zu einer Beschleunigung des gesamten Planungs- und Realisierungsprozesses bei, da nachträgliche Anpassungen in der Planung vermieden werden. ■

#### LITERATUR | LITERATURE

- [1] DB InfraGO AG, 819.1343 NV Arbeitshilfe ETCS-ready, Stand: 01.02.2025
- [2] DB InfraGO AG, Signal Ne 14 – ETCS-Halt-Tafel (Regelzeichnung), Stand: 12/2020
- [3] DB InfraGO AG, Ril 997.0301 – Oberleitungsanlagen; Speisung und Schaltung der Oberleitung planen 2.0, Stand: 30.09.2020
- [4] DB InfraGO AG, 819.1343 NV Arbeitshilfe Release Speed, Stand: 02.09.2024
- [5] DB InfraGO AG, Ril 819.1340 – Grundsätze für die Ausrüstung mit ETCS, Stand: 20.09.2023
- [6] DB InfraGO AG, Ril 819.1344A02 – Grundsätze zur Erstellung der Ausführungsplanung PT 1 für ETCS Level 2, Stand: 12.05.2021
- [7] DB InfraGO AG, Ril 819.1343 – Grundsätze zur Erstellung der Entwurfsplanung zur Ausrüstung von Strecken mit ETCS Level 2, Stand: 10.01.2024
- [8] DB InfraGO AG, Ril 819.0519 – ETCS-L2 Hochleistungsblock, Stand: 01.08.2021
- [9] DB InfraGO AG, Betriebserprobung 02-03-02-02-W-102 Planungsvorgaben Hp-ETCS, Stand: 31.10.2024
- [10] DB InfraGO AG, Arbeitshilfe Hp-BÜSA unter ETCS, Stand: 26.07.2023

#### AUTOREN | AUTHORS

##### Falk Bauer, M.Sc.

Technischer Experte Digitales Planen / *Technical expert in digital design*  
 DB InfraGO AG  
 Anschrift / Address: EUREF-Campus 17, D-10829 Berlin  
 E-Mail: falk.bauer@deutschebahn.com

##### Dipl.-Ing. Julia Kalkreiber

Technical Lead Digitale Planung / *Technical Lead Digital design*  
 DB InfraGO AG  
 Anschrift / Address: Schweizer Straße 3b, D-01069 Dresden  
 E-Mail: julia.kalkreiber@deutschebahn.com

##### Gesine Schie-Lüdke, M.Sc.

Expertin Projekt- und Programmmanagement /  
*Project and program management expert*  
 DB InfraGO AG  
 Anschrift / Address: EUREF-Campus 17, D-10829 Berlin  
 E-Mail: gesine.schie-luedke@deutschebahn.com

##### Dipl.-Ing. Detlef Brückner

Systemarchitekt ETCS / *System architect ETCS*  
 DB InfraGO AG  
 Anschrift / Address: EUREF-Campus 17, D-10829 Berlin  
 E-Mail: detlef.brueckner@deutschebahn.com

PZB. ETCS should be taken into account when calculating the switch-on distance

- to ensure that the ETCS-guided vehicles are authorised to cross the level crossing in good time and without any prior braking and
- to reduce the impact of any passing trains on crossing road traffic as far as possible.

Individual level crossings may have to be converted to full closures within this context [9, 10].

#### 3.4 Measures in operations

ETCS operations are usually carried out from the operations centre or, in the case of a digital interlocking, from the associated operating location (BSO). This requires the installation of an integrated ETCS operating and display function with a corresponding update of the operating system. An existing interlocking control centre may need to be expanded and adapted [7].

#### 3.5 Measures in telecommunications

The quality requirements for the radio coverage level and the availability of the radio network components are checked in the telecommunications section and appropriate adjustments are made, where necessary. In addition, all the necessary interfaces are established between the RBC and, amongst other things, the associated interlocking, the control and operating system, the media gateway for connection to the radio network and one or more neighbouring RBCs [7].

#### 4 Conclusion and outlook

The measures aimed at preparing the rail infrastructure for ETCS serve to optimise the design of all the ETCS-related assets and technology for the ETCS retrofit. The operation of vehicles under ETCS control is only possible once the trackside ETCS components have been implemented and the actual ETCS measure has been commissioned.

The measures described in Guideline 819.1343 NV “ETCS-ready – Requirements for tangential systems” will be taken into account regardless of whether a measure affecting the tangential systems (e.g. an interlocking measure) and ETCS are commissioned simultaneously or with a time delay. However, a differentiated view must be taken of which requirements should be implemented for which retrofit variants at which point in time, while taking economic efficiency into account. For example, if an interlocking and an ETCS measure are commissioned at the same time or immediately after each other, all the relevant preparatory measures must be implemented to ensure that ETCS can be commissioned smoothly. If the ETCS implementation is only planned at a later date after the commissioning of the interlocking or if a specific ETCS implementation time has not yet been determined, the feasibility of the individual requirements for the optimisation of the rail infrastructure for ETCS should be checked as part of a rail infrastructure measure and, if necessary, taken into account accordingly. This includes, for example, considering the ETCS requirements when designing the signal locations and the train detection system. If these measures are not taken into account, additional extensive adaptation and conversion measures may be required if ETCS is fitted at a later date, which may require an additional implementation design, tie up further design and testing resources, lead to higher costs and delay the ETCS project.

Taking the ETCS requirements of the rail infrastructure into consideration as part of an interlocking measure even before the actual ETCS equipment has been installed therefore helps save design and construction costs and accelerate the entire design and implementation process, as subsequent adjustments to the design can be avoided. ■



## 25. SIGNAL+DRAHT-Kongress

 06. – 07. November 2025,  
Maritim Hotel, Fulda

**Jetzt  
anmelden**

Innovative Technologien bestimmen die Perspektive der Leit- und Sicherungstechnik in erheblichem Maße. Während der ETCS-Rollout in Europa läuft, rücken das neue Zugfunksystem FRMCS und auch das automatisierte Fahren immer stärker in den Fokus. Und mit dem „Stellwerk in der Cloud“ zeichnet sich bereits die nächste Stufe der Evolution ab.

Der 25. Signal+Draht-Kongress widmet sich daher der Frage, wie LST-Innovationen die Bahn in Europa treiben. Übergeordnete Strategien werden im ersten Block aus Deutschland, Österreich und der Schweiz präsentiert und auch die volkswirtschaftliche Relevanz eines innovativen Bahnsektors aufgezeigt. Mit Fachbeiträgen zu FRMCS, ATO und Cloud werden am Nachmittag konkrete Innovationsthemen vorgestellt. Die Podiumsdiskussion hinterfragt anschließend, wie aus einer technologischen Innovation eine erfolgreiche Markteinführung werden kann.

Der zweite Kongresstag greift aktuelle Themen und Projekte in weiteren Fachvorträgen auf. Nach einem Blick auf die Auswirkungen des Cyber Resilience Act wird anhand konkreter Beispiele die Einführung neuer Technologien aufgezeigt – von CBTC bei Metros über ETCS bei NE- und Regionalbahnen bis zum landesweiten ETCS-Rollout in Belgien. Den Abschluss bildet mit einem Projekt zur BIM-gestützten Abnahme von LST-Projekten ein angesichts des Ressourcenmangels an Prüfern hochrelevantes Thema.

Zum Kongress gehört erneut die Verleihung des Signal+Draht-Lebenswerkpreises an eine herausragende Persönlichkeit der LST-Branche. Neben der Präsenzteilnahme vor Ort in Fulda mit der Gelegenheit zum Austausch und persönlichen Gesprächen mit den rund 300 Teilnehmenden ist alternativ auch die digitale Teilnahme am Livestream möglich.

Jetzt anmelden unter: [www.eurailpress.de/sdk2025](http://www.eurailpress.de/sdk2025)

### Organisation

Daniela Hennig  
+49/(0)40/237 14 – 355  
daniela.hennig@dvvmedia.com

### Ausstellung

Silke Härtel  
Tel: +49/(0)40/237 14 – 227  
E-Mail: silke.haertel@dvvmedia.com

### Veranstalter

**Eurail  
press**

## 25. SIGNAL+DRAHT-Kongress LST-Innovationen treiben die Bahn in Europa

Donnerstag, 06. November 2025		Referent/in
10:30	Begrüßung	Manuel Bosch, DVV Media Group GmbH
10:35	Einleitung	Reinhold Hundt / August Zierl, SIGNAL+DRAHT
10:40	Keynote	N.N. (angefragt)
11:05	Strategisches Vorgehen zur erfolgreichen Markteinführung technologischer Innovationen in Österreich	N.N., ÖBB (angefragt)
11:30	Konsequente Weiterentwicklung und Migration neuer Technologien in der Schweiz	Daniel Kühni, SBB N.N., BAV (angefragt)
12:00	Volkswirtschaftlicher Nutzen der Bahnindustrie und die Bedeutung von Innovationen	Helmut Berrer, Economica
12:30	Mittagessen	
13:45	Organisatorische und technologische Ausrichtung des LST-Bereichs bei der DB InfraGO	Patrick Steinebach, DB InfraGo
14:15	Diskussion: Konsequenzen aus der Neuaufstellung der DB InfraGO	Patrick Steinebach, DB InfraGo
14:30	Die FRMCS-Strategie der ÖBB	Martin Taranetz, ÖBB Infrastruktur AG
15:00	FRMCS und die TK-Plattform der DB InfraGO	Rainer Fachinger, DB InfraGo
15:30	Kaffeepause	
16:00	Stellwerk in der Cloud: Grundlagen, Umsetzbarkeit und Nutzen	Sonja Steffens, Siemens Mobility GmbH Reinhard Hametner, Hitachi Rail GTS Deutschland GmbH
16:30	ATO und RTO: Vorhaben zur Automatisierung des Zugbetriebs	N.N. (angefragt)
17:00	Diskussion: Von der Innovation zur Markteinführung	
17:45	SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2025	Manuel Bosch, DVV Media Group GmbH Reinhold Hundt, SIGNAL+DRAHT August Zierl, SIGNAL+DRAHT
18:30	Abend der Kommunikation	

Freitag, 07. November 2025		Referent/in
9:00	Der Cyber Resilience Act aus Sicht der LST	Oliver Knapp, DB InfraGo Frank Schneider, Hitachi Rail GTS Deutschland GmbH
9:30	CBTC - Automatisierung im U-Bahn-Bereich	N.N. (angefragt)
10:00	ETCS bei NE-Bahnen: VDV-Schrift und erste Anwendungen	Ingo Dewald, eisenbahn.jetzt Alexander Große, RWTH Aachen
10:30	Kaffeepause	
11:00	ETCS-Einführung bei Regionalbahnen in Italien	N.N. (angefragt)
11:25	Erfahrungen mit dem ETCS-Rollout in Belgien	Jochen Bultinck, Infrabel nv
11:50	BIM-gestützte Abnahme von LST-Gewerken	Carolin Baier, Siemens AG
12:20	Abschluss	Reinhold Hundt / August Zierl, SIGNAL+DRAHT
12:30	Ende der Veranstaltung	

# Teilautomatisierung der Ermittlung idealer Blocklayouts als Teil der Prozesskette

## Semi-automation of the determination of ideal block layouts as part of the CCS planning chain

Thorsten Bükler | Philipp Scherer

Die Erarbeitung und Optimierung von Blocklayouts ist ein entscheidender Schritt, um die notwendige Fahrwegkapazität mit einer möglichst zielgerichteten Anlage bereitzustellen. Die Festlegung einer bahnbetrieblich wünschenswerten „Startlösung“ wie auch die spätere Iteration zwischen bahnbetrieblicher Bewertung und den frühen Leistungsphasen birgt aktuell noch Raum für Effizienzsteigerungen. Der hier dargestellte Ansatz zur teilautomatisierten Ermittlung idealer Blocklayouts setzt am Beginn dieser Prozesskette an und ist sowohl für die „grüne Wiese“ wie auch für Bestandsinfrastrukturen anwendbar.

### 1 Einleitung

Das European Train Control System (ETCS) bietet Potenzial zur Steigerung der Kapazität im Schienennetz. Die Aktualisierung der netzweiten Studie zur Wirkung von digitaler Leit- und Sicherungstechnik (LST) [1] zeigt, dass rund 7 % Kapazitätssteigerung oder 2,5 % Pünktlichkeitssteigerung des Schienenpersonenfernverkehrs (SPFV, 5:59 Schwelle) im netzweiten Durchschnitt bereits durch eine optimierte, restriktionsfreie Blockteilung realisiert werden können.

Zweck einer Eisenbahninfrastruktur ist, eine anforderungskonforme Fahrwegkapazität bereitzustellen. Diese Fahrwegkapazität wird in Deutschland als Leistungsfähigkeit, d.h. mögliche Zugzahl bei angestrebter Betriebsqualität, quantifiziert. Sie hängt neben der Topologie, der Blockteilung und dem Verspätungsniveau insbesondere vom Betriebsprogramm / Zugmix sowie den fahrdynamischen Eigenschaften der Fahrzeuge ab. Die letztgenannten Größen können dabei über die Lebensdauer der Anlage variabel sein.

Zu Beginn des Planungsprozesses einer neuen oder erneuerten Infrastruktur wird in der Regel eine aus betrieblicher Sicht wünschenswerte „Startlösung“ der LST aufgestellt, welche die Anforderungen an die geforderte Fahrwegkapazität erfüllt. Diese wird über den Prozess iterativ mit der Ausplanung der LST verfeinert. Beide Schritte sind heutzutage manuell durchzuführen, und es mangelt an Schnittstellen zur Automatisierung der Iteration.

### 2 Motivation und Randbedingungen

Viele Prozessschritte der Infrastrukturmodellierung können aufgrund ihrer Regelbasiertheit automatisiert erfolgen. Dies betrifft insbesondere Strecken. Werden die Planer hier durch Automatisierung entlastet, lassen sich freiwerdende Ressourcen zur Bearbeitung von komplexen Infrastrukturen nutzen. Zur Steigerung der Effizienz wird angestrebt, die betrieblich wünschenswerte Startlösung des LST-Layouts teilautomatisiert zu erzeugen. Die

The development and optimisation of block layouts is a decisive step for the provision of the necessary infrastructure capacity by a system that has been as streamlined as possible. The definition of a desirable “start-up solution” from the point of view of railway operations, as well as the subsequent iteration between railway operating demands and the planning steps, currently still has room for increased efficiency. The approach presented here for the semi-automated determination of ideal block layouts starts at the beginning of this process chain and can be applied to greenfield sites as well as to existing infrastructures.

### 1 Introduction

The European Train Control System (ETCS) offers potential to increase capacity in the rail network. The update of the network-wide study on the effect of digital CCS [1] shows that a network-wide average of an around 7 % capacity increase or 2.5 % punctuality increase (long-distance traffic, 5:59 threshold) can already be achieved using optimised, restriction-free block division.

The purpose of a railway infrastructure is to provide a track capacity that meets the requirements. In Germany, this track capacity is quantified by the possible number of trains with the desired operating quality. In addition to the topology, block sectioning and delay level, this particularly depends on the operating program / train mix and the driving dynamic characteristics of the vehicles. The latter variables can vary over the service life of the system.

A command-and-control system (CCS) “starting solution” is usually drawn up at the beginning of the planning process for a new or renewed infrastructure. This solution should be desirable from the point of view of operations and should likewise meet the requirements for the required track capacity. This is refined iteratively throughout the CCS planning process. Both steps are currently realised manually and there are no interfaces to automate the iteration.

### 2 Motivation and boundary conditions

Many process steps in infrastructure modelling can be automated due to their rule-based nature. This particularly applies to lines. If the planners are relieved of this burden through automation, the resources that are freed up can be used to work on complex infrastructures. The aim is to produce the operationally desirable starter solution for the CCS layout semi-automatically

se Startlösung ist in gewissem Maße tolerant gegenüber Veränderungen der Randbedingungen (Zugmix und fahrdynamische Eigenschaften) zu bestimmen.

Nebeneffekt einer derart erzeugten Startlösung ist, bereits frühzeitig eine Mengenermittlung ableiten zu können. Eine belastbare Schätzung der Stelleinheiten (STE) nützt beim kaufmännischen Aufsetzen des Projekts.

Da Projekte nur in den seltensten Fällen auf der „grünen Wiese“ realisiert werden, muss die Teilautomatisierung auf Bestandsinfrastrukturen anwendbar sein. Ein gesamthafes, kapazitiv optimiertes ETCS-Blocklayout ohne Außensignale (L2oS) lässt sich im Bestandsnetz nicht vollumfänglich realisieren, da verschiedene Gewerke die Positionierung von Signalen bzw. Blockkennzeichen an bestimmten Standorten nicht zulassen. Eine detaillierte Beschreibung der Wirkweise der einzelnen Restriktionen gibt [2] wieder. In aller Kürze gilt:

- Die Schaltabschnittsgrenzen der Oberleitungsanlage (OLA) weisen parallel geführte Fahrdrähte auf. Zur Vermeidung thermischer Schäden an der Oberleitung dürfen Fahrzeuge in diesem Bereich nicht zum Stillstand kommen. Daher dürfen im Bereich um die OLA-Schaltabschnittsgrenze keine Signale aufgestellt werden, sodass aus Signalisierungssicht hier ein Halt vermieden werden kann.
- Einen Stillstand von Zügen auf Bahnübergängen (BÜ) gilt es zu vermeiden, damit der Straßenverkehr (insb. Rettungsdienste) möglichst wenig behindert wird. Hierzu muss der Zug den BÜ vollständig räumen, bevor er zum Stillstand kommen darf. Somit können im zugänglichen Bereich hinter BÜ keine Signale realisiert werden.
- Neben der Räumung von BÜ sind behinderungsfreie Fahrten über technisch gesicherte BÜ zu ermöglichen. Insbesondere bei Hp-BÜ ist mit deutlichen kapazitiven Einschränkungen zu rechnen, weil die BÜ-Sicherung in die Fahrstraßenbilddzeit vor Erteilung einer Fahrerlaubnis einzurechnen ist.

Abhängig von der verfolgten Migrationsstrategie sind Anlagen mit ETCS Level 2 mit Signalen (L2mS) auszurüsten. Diese Doppelausrüstung führt zu weiteren Einschränkungen, da die Planungsrichtlinien für ETCS und für herkömmliche Außensignalisierung bereits umgesetzt sind und die mit beiden Regelwerken einhergehenden Restriktionen berücksichtigt werden. Abermals in Kürze bedeutet dies:

- Kurze D-Wege, wie unter ETCS L2oS möglich, lassen sich nicht – oder nur mit deutlichen Geschwindigkeitsreduktionen – realisieren.
- Zwischen einem Hauptsignal oder Blockkennzeichen und dem darauffolgenden Vorsignal muss mindestens ein Abstand von 300 m eingehalten werden.
- In langen, konventionell zu bemessenden D-Weegen (teilweise > 200 m) können keine weiteren Blockteilungen vorgesehen werden.

Neben den initial genannten Anforderungen an die Teilautomatisierung ist es also notwendig, die bei L2oS und idealerweise L2mS zu beachtenden Randbedingungen zu beherrschen. Zugleich wird bewusst eine Teilautomatisierung anstelle einer Vollautomatisierung verfolgt. Beim Aufstellen des Optimierungsmodells ist betrieblicher Sachverstand gefragt, um Eigenschaften des Modells (beispielsweise invariable Signalstandorte) zu formulieren. Der hier dargestellte Ansatz geht über das in [3] dargestellte Vorgehen hinaus, da nicht nur „grüne Wiese“ Szenarien sondern auch Situationen mit Class-B-Systemen betrachtet werden. Ferner ist er nicht allein für zweigleisige Strecken, sondern für beliebige Infrastrukturen anwendbar.

so as to increase efficiency. To a certain extent, this starting solution must be tolerant towards any changes in the boundary conditions (the train mix and driving dynamic characteristics).

One side effect of a start-up solution generated in this way lies in the fact that it can derive a quantity determination at an early stage. A reliable estimate of the signalling equivalent units (SEU) is useful in the project's commercial set-up.

Since projects are rarely implemented on “greenfield” sites, it must be possible to apply the partial automation to the existing infrastructures. An overall, capacitively optimised ETCS block layout without any external signals (L2oS) cannot be fully implemented in the existing network, as various trades do not allow the positioning of signals or block signs at certain locations. A detailed description of the way the individual restrictions work is given in [2]. In a nutshell:

- the switching section boundaries of the overhead line system have parallel contact wires. Vehicles must not come to a standstill in this area so as to avoid any thermal damage to the overhead line. Therefore, no signals may be established in the area around the catenary switching section boundary, so that a stop can be avoided there from a signalling point of view.
- it is important to avoid trains standing at level crossings (LX) so that road traffic (esp. the emergency services) is hindered as little as possible. In order to do this, the train must clear the LX completely before it is allowed to come to a stop. Thus, no signals can be installed in the train-length area behind the LX.
- in addition to clearing the LX, barrier-free journeys via technically secured LX must also be made possible. Significant capacitive restrictions are particularly to be expected in the case of signalling-integrated LX, because the LX protection must be included in the route formation period before a movement authority is issued.

Infrastructures with ETCS Level 2 must be equipped with lateral signals (L2wS) depending on the pursued migration strategy. This double equipment leads to further restrictions, as the planning guidelines for ETCS and conventional external signalling are implemented and the restrictions associated with both sets of regulations are taken into account. Again in a nutshell, this means:

- short overlaps, as allowed under ETCS L2oS, cannot be achieved ... or only with significant speed restrictions.
- a distance of at least 300 m must be maintained between a main signal or a marker board and the following advance signal.
- no further block divisions can be implemented in long, conventionally dimensioned overlaps (in some cases > 200 m).

In addition to the initial requirements for partial automation, it is therefore also necessary to master the boundary conditions to be observed in L2oS and ideally L2wS. At the same time, partial automation is deliberately pursued instead of full automation. When setting up an optimisation model, operating expertise is required to formulate the properties of the model (e.g. invariable signal locations).

The approach presented here goes beyond the procedure described in [3], as not only “greenfield” but also situations with a Class B system are considered. Furthermore, it can be used not only for double-track lines, but also for any infrastructure.

### 3 The approach chosen for the semi-automated, capacity-optimised block sectioning

A multi-step procedure with seven steps is followed until the starting solution has been set up:

**3 Ansatz zur teilautomatisierten kapazitätsoptimierten Blockteilung**

Es wird ein mehrschrittiges Vorgehen in sieben Schritten verfolgt, bis die Startlösung aufgestellt ist:

1. Pflege der grundlegenden Infrastruktur (bspw. Topologie, Neigungen, Halteplätze)
2. Hinterlegung relevanter Informationen für Optimierung (Verbotszonen, fixe Signalstandorte, spezifische Kosten der STE, Parameter für Zielfunktion)
3. Automatisiertes Einspielen einer zu dichten Blockteilung mitsamt Gleisfreimeldung gemäß Regelsatz
4. Aufbereitung eines Betriebsprogramms (Zugmix, Zugeigenschaften)
5. Bestimmung der idealen Blockteilung durch nicht-lineare Optimierung
6. Manuelle Nachbearbeitung der Startlösung
7. Iterative Fortschreibung der betrieblichen Bewertung im Zusammenspiel mit der tatsächlichen LST-Planung

Schwerpunkt dieses Beitrags sind die Schritte 2 bis 5. Als Grundlage aller Schritte dient die Software LUKS, welche als Standardverfahren für Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchungen (EBWU) unter anderem bei der DB InfraGO AG, bei den SBB-Infrastruktur AG sowie bei Infrabel im Einsatz ist. Damit ist sichergestellt, auf einer vollumfänglichen Fahrzeit- und Belegungsrechnung sowohl für Außensignalisierung als auch für ETCS in der Betriebsart Full Supervision (FS) aufsetzen zu können.

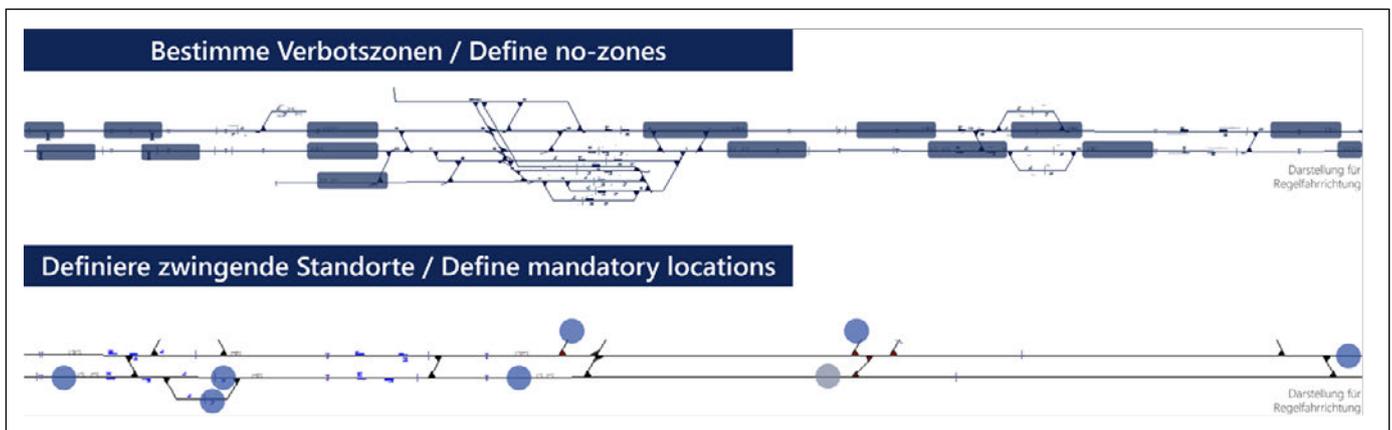
Im Rahmen des zweiten Schritts werden Verbotszonen bestimmt, in denen keine Stop Marker Boards (SMB)/Lineside Marker Boards (LMB) – bzw. Ne 14/Bk in DB-deutscher Benennung – bestehen dürfen und eine Gleisfreimeldung nicht installiert werden kann. Diese Bereiche folgen beispielsweise aus Schaltabschnittsgrenzen der OLA sowie aus der notwendigen Räumung von BÜ. Auch Mindestsichtbarkeiten können durch (kurze) Bereiche berücksichtigt werden. Die erforderliche Schutzstrecke auf reguläre Halteorte sowie die Zulässigkeit von Blöcken entlang Bahnsteigen kann berücksichtigt werden. Die Bereiche sind richtungsabhängig. Anschließend werden SMB, welche in der weiteren Optimierung als fix unterstellt werden, definiert. Dies sind mindestens die Einfahrsignale und Ausfahrtsignale sowie die Deckung von Überleitverbindungen und die Gewährung des Flankenschutzes. Es sind ferner, abhängig vom Betriebsprogramm, Zwischensignale bei Mehrfachbelegung von Bahnsteigen. Falls notwendig, werden auch jene LMB festgelegt, die abhängig vom Betriebsprogramm notwendig für kreuzende Fahrten sind. Beide Aspekte des zweiten Schritts sind in Bild 1 dargestellt.

1. preparation of the basic infrastructure (e.g. topology, slopes, stops)
2. the storage of any relevant information for the optimisation (the prohibition zones, fixed signal locations, specific costs of the SEU, parameters for target function)
3. automated import of any overly dense block sectioning, including the track vacancy detection according to the rule set
4. the preparation of an operating program (the train mix, train characteristics)
5. the determination of the ideal block division using non-linear optimisation
6. the manual post-processing of the starting solution
7. iterative improvements in the interactions with the CCS planning

This article focuses on steps 2 to 5. The LUKS software forms the basis for all the steps. It is used as a standard procedure for investigations into railway operations at DB InfraGO AG, SBB-Infrastruktur AG and Infrabel, amongst others. This ensures that it can be based on a comprehensive travel-time and blocking-time calculation for both lateral signalling and ETCS in full supervision (FS) mode.

Prohibition zones (“no-zones”) where no Stop Marker Boards (SMB)/Lineside Marker Boards (LMB) can exist and track vacancy detection cannot be installed will be determined as part of the second step. These areas follow, for example, from switching section boundaries in the overhead line system and from the necessary clearing of LX. Minimum visibilities can also be taken into account using (short) areas. The required protective route to regular stops and the permissibility of blocks along platforms can also be considered. The areas are directional. SMB, which are assumed to be fixed in the further optimisation, are then defined. These entail at least the entry and exit signals as well as the coverage of any cross sections and the provision of flank protection. There are also intermediate signals in the event of the multiple occupancy of platforms depending on the operating program. If necessary, some LMB that are dependent on the operating program necessary for intersecting routes are also determined. Both aspects of the second step are shown in fig. 1.

In the third step, possible LMB locations are discretised between all the constraint points (prohibition zones, fixed locations). Equidistant steps that are oriented, for example, to 50 m are then chosen in between. The prohibited zones are usually longer than the step chosen for the distance step. The ideal coverage around a speed change can also be determined us-



**Bild 1: Festlegung der Randbedingungen**

Fig. 1: Defining the boundary conditions

Im dritten Schritt werden zwischen allen Zwangspunkten (Verbotszonen, als fix definierte Standorte) mögliche Standorte von LMB diskretisiert. Dazwischen werden äquidistante Wegschritte gewählt, welche sich beispielsweise an 50 m orientieren. Die Verbotszonen sind in der Regel länger als der gewählte Wegschritt. Die ideale Deckung um einen Geschwindigkeitswechsel herum kann durch diesen Ansatz ebenfalls ermittelt werden. Das Vorgehen mittels Diskretisierung ist verlustfrei gegenüber einer zugpaarspezifischen Optimierung, da auch im Fall einer individuellen Optimierung von LMB-Standorten auf Zugfolgefälle im späteren Schritt eine Verschmelzung von eng benachbarten LMB-Standorten erfolgen muss. Mögliche LMB-Standorte werden mit fiktiven Kosten bewertet. So können Standorte mit Nutzung bestehender Gleisfreimeldung (an Weichen, an Blöcken in Gegenrichtung, an BÜ oder zugunsten des Nachrückens) günstiger bewertet werden.

Im vierten Schritt werden maßgebliche Zugfolgefälle aus dem Betriebsprogramm abgeleitet. Diese werden um solche Zugfolgefälle ergänzt, welche nicht planmäßig auftreten, welche aber für dispositive Zustände trotzdem berücksichtigt werden sollen. Ebenso werden Zugfolgefälle bzw. fahrdynamische Eigenschaften hinterlegt, welche über die Lebensdauer der Anlage variieren. Wird eine Anlage mit L2mS bewertet, so wird jeder Zug mit einer Wahrscheinlichkeit der ETCS-Fahrzeugausrüstung attribuiert. Alle Züge und somit alle Zugfolgefälle werden mit ihrer Relevanz über den Lebenszyklus der Anlage bewertet.

Im fünften Schritt wird die Herleitung einer Startlösung des Blocklayouts als nicht-lineares Optimierungsproblem formuliert. Dabei wird die vollumfängliche Fahrzeit- und Belegungsrechnung mitsamt aller ETCS-spezifischen Besonderheiten zur Ermittlung von Mindestzugfolgezeiten (MZF) mit dem Optimierer verknüpft. Je Zugpaar verhält sich die Anzahl der Blockstellen und resultierende MZF monoton. Durch Betrachtung eines Betriebsprogramms öffnet sich der Raum zur Optimierung je Überholungsabschnitt:

- Variablen: Boolean, ob LMB-Standort aktiv ist (getrennt für oS oder mS)
- Zielfunktion: Minimiere Kosten (Anzahl der variablen LMB-Standorte)
- Randbedingungen:
  - Erreiche die angestrebte Gesamtkapazität. Die Summe der gewichteten MZF ist kleiner oder gleich einer beaufschlagten Summe der idealen gewichteten MZF bei Umsetzung der vollen Diskretisierung (alle variablen LMB-Standorte aktiv). Die Relaxation ist notwendig, wenn Zugfolgefälle unterschiedlich gewichtet werden und/oder Geschwindigkeitswechsel ideal abgedeckt werden sollen.
  - Optional: Die MZF gewisser Zugpaare dürfen einen Wert nicht überschreiten.
  - Alle resultierenden Blocklängen für Außensignalisierung sind länger als eine minimal zulässige Blocklänge.
  - Optional: Alle resultierenden Blocklängen für L2oS sind kürzer als eine maximal zulässige Blocklänge für L2oS.

Ergebnis der Optimierung sind die umzusetzenden Standorte von LMB (ergänzend zu den als fix definierten SMB und LMB) sowie die Relevanz jedes Standorts für die Erreichung der MZF, unterschieden nach L2oS und Außensignalisierung.

#### 4 Beispielhafte Ergebnisse

In einem ersten Beispiel wird das Verfahren für den in Bild 2 dargestellten Netzbereich zwischen Düren und Mönchengladbach angewendet. Der Netzbereich weist vielerlei Randbedingungen an der Schnittstelle zwischen Bahnbetrieb und LST auf. So bestehen mehrere niveaufreie Abzweige, Randbedingungen aus zu deckenden

ing this approach. The procedure using discretization is loss-free compared to train pair-specific optimisation, since the fusion of closely adjacent LMB locations must take place in the later step even in the case of the individual optimisation of the LMB locations for train sequence cases. Possible LMB locations are valued using fictitious costs. In this way, locations that use existing track vacancy detection (at points, at blocks in the opposite direction, at LX or in favour of moving up) can be assessed more favourably.

In the fourth step, relevant train sequence cases are derived from the operating program. These are supplemented by those train sequence cases that do not occur according to plan, but which should nevertheless be taken into account for dispositive states. The train sequence cases or driving dynamic properties, which vary over the service life of the system, are also stored. If a system is rated L2wS, each train is attributed with a probability of ETCS on-board retrofitting. All the trains and thus all the train sequence cases are assessed with their relevance over the lifecycle of the system.

In the fifth step, the derivation of a block layout starting solution is formulated as a non-linear optimisation problem. The complete journey time and occupancy calculation, including all the ETCS-specific features for determining the minimum headways, is linked to the optimiser. The number of block sections and the resulting minimum headway time behave monotonically for each train pair. Looking at an operating program opens up the scope for optimisation for each overhaul section:

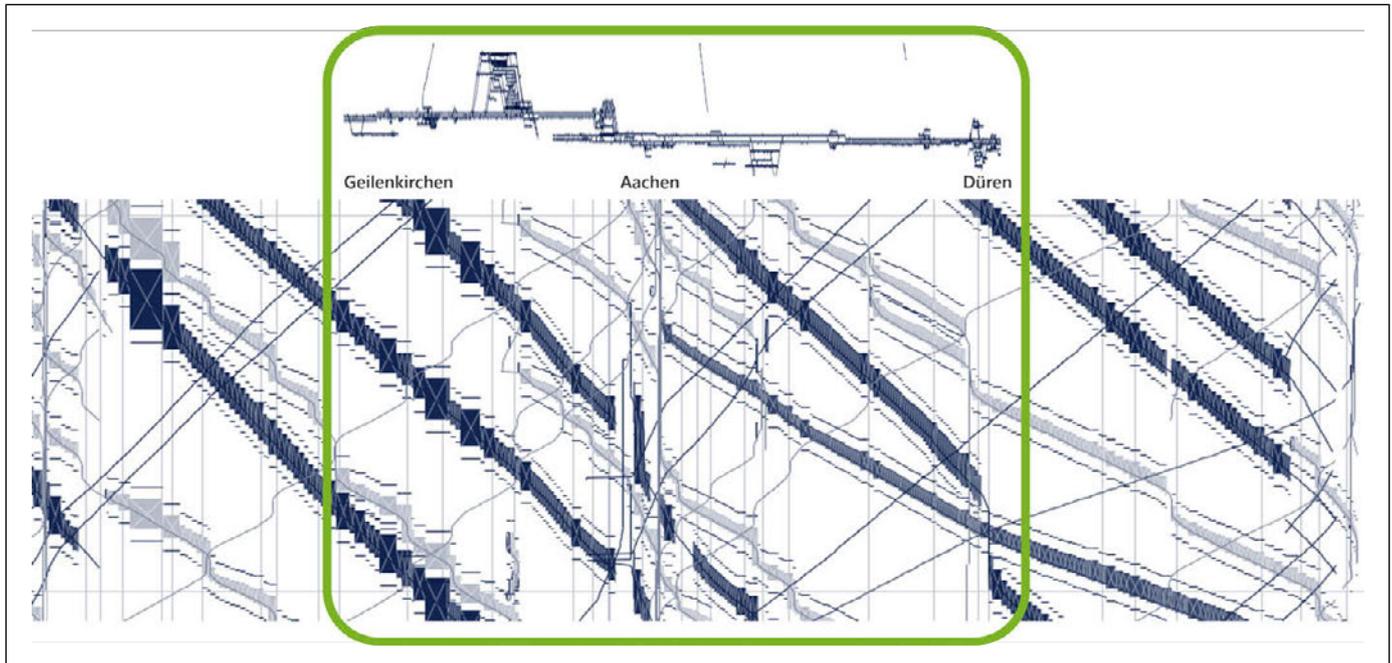
- variables: Boolean, if the LMB location is active (separate for oS or wS)
- target function: minimise costs (the number of variable LMB locations)
- constraints:
  - ensuring the intended total capacity. The sum of the weighted minimum headways is less than or equal to an applied sum of the ideal weighted minimum headways when full discretization has been implemented (all the variable LMB locations are active). Relaxation is necessary if the train sequence cases are weighted differently and / or any speed changes are to be ideally covered.
  - optional: the minimum headway times of certain train pairs must not exceed one value.
  - all the resulting block lengths for lateral signalling are longer than the minimum allowable block length.
  - optional: all the resulting block lengths for L2oS are shorter than the maximum allowable block length for L2oS.

The optimisation results in those LMB locations that are to be implemented (in addition to the SMB and LMB that have been defined as fixed), as well as the relevance of each location for achieving the minimum headway time, differentiated between L2oS and external signalling.

#### 4 Exemplary outcomes

In the first example, the method has been applied to the network area between Düren and Mönchengladbach, as shown in fig. 2. The network area has many boundary conditions at the interface between the railway operations and CCS. This gives rise to several grade separated branches, boundary conditions consisting of elements to be covered (e.g. LX, regular stop locations) and considerable line gradients.

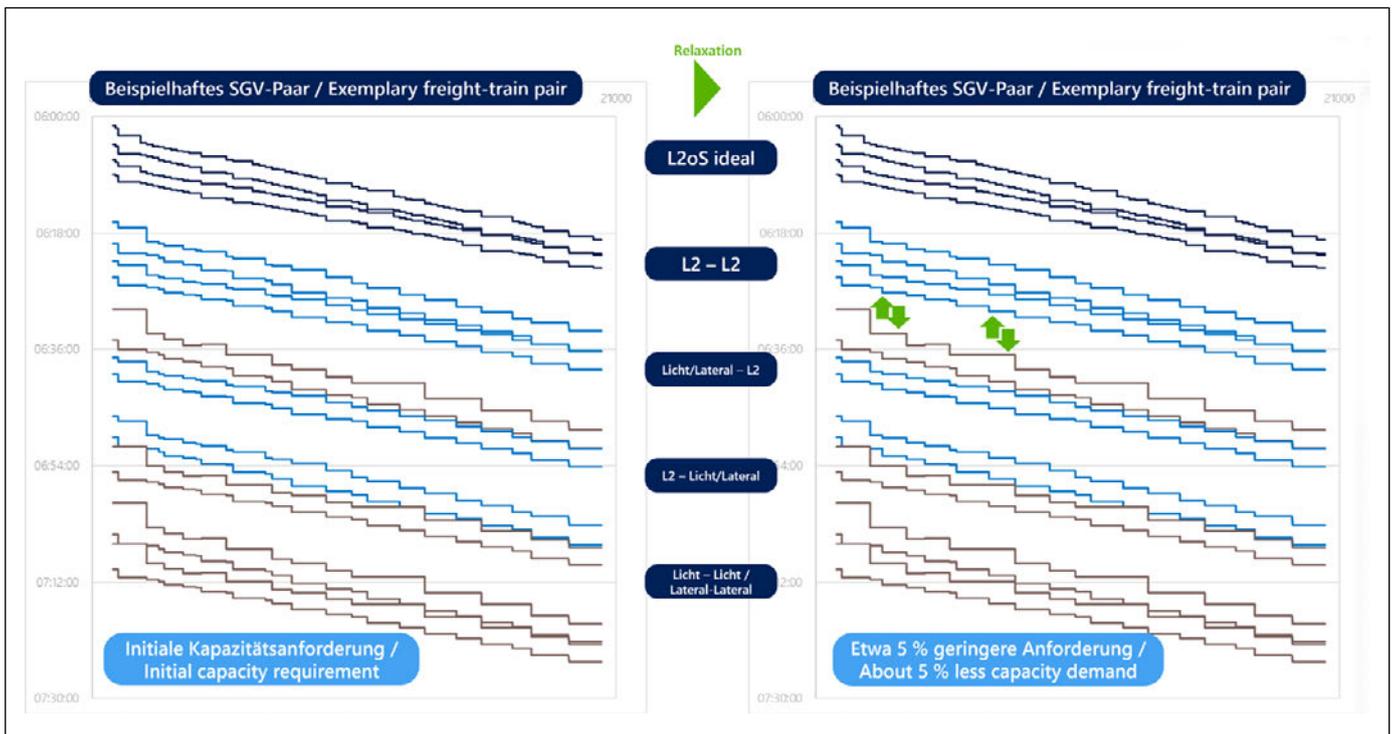
Fig. 3 shows the block divisions that have resulted for the freight train – freight train sequence case from Aachen-West to



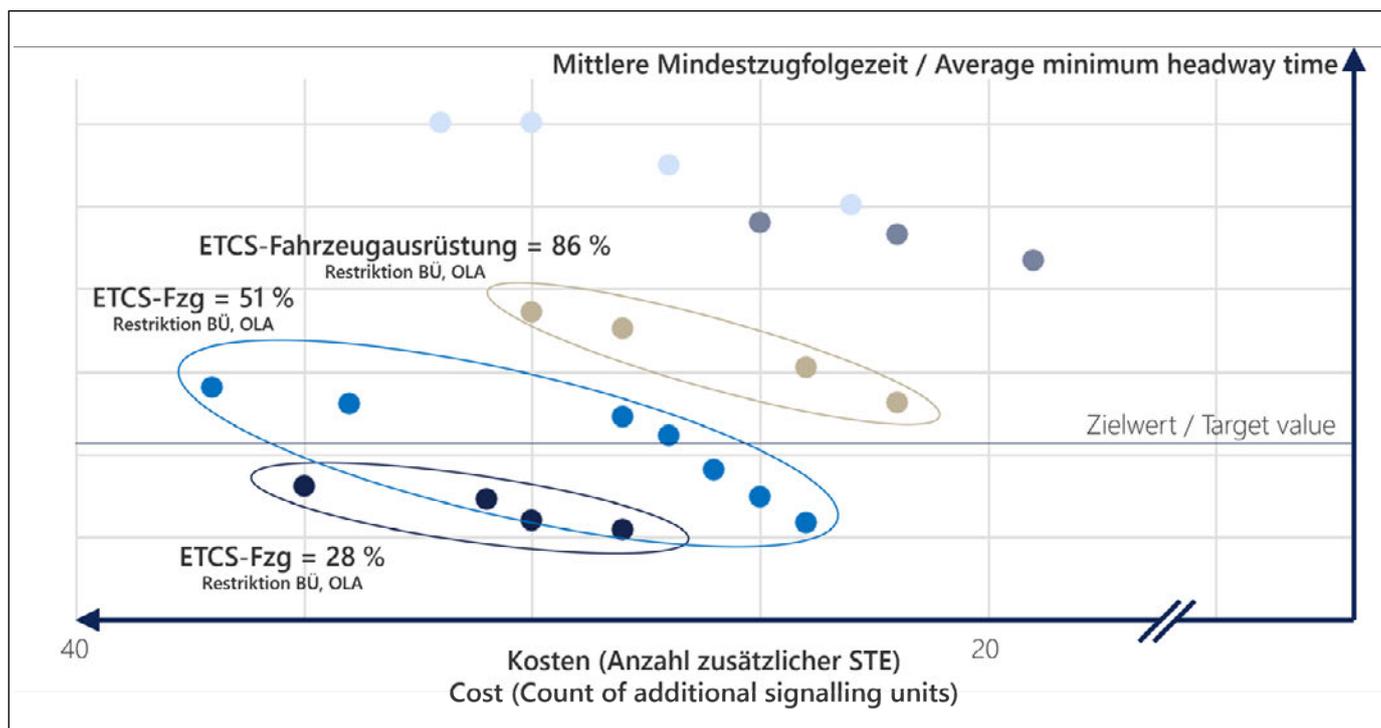
**Bild 2: Sperrzeitentrepfen im Netzbereich**  
 Fig. 2: Blocking-time stairways in the network area

Elementen (z. B. BÜ, reguläre Halteorte) sowie teils erhebliche Streckenneigungen.  
 In Bild 3 dargestellt sind die Blockteilungen, welche sich für den Zugfolgefall Güterzug – Güterzug von Aachen-West nach Mönchengladbach unter Beachtung von Zugfahrten mit/ohne ETCS-Fahrzeugausrüstung ergeben. Zur besseren Erkennbarkeit wird gegenüber Bild 2 eine abstrahierte Darstellung der Sperrzeitentrepfen gewählt. Oben ist der Referenzfall der vollumfänglichen Blockteilung

Mönchengladbach, while taking into account the train journeys with/without ETCS vehicle equipment. This abstracted representation of the blocking-time stairways has been chosen compared to fig. 2 to make this better recognisable. The reference case for the full block division in L2oS with restrictions from the prohibited zones is shown above. A comparison of the left and right-hand graphs – marked by the green arrows – shows how fewer LMB locations result when the operating requirements are relaxed.



**Bild 3: Sperrzeitentrepfen zum Vergleich**  
 Fig. 3: Blocking-time stairways for comparison



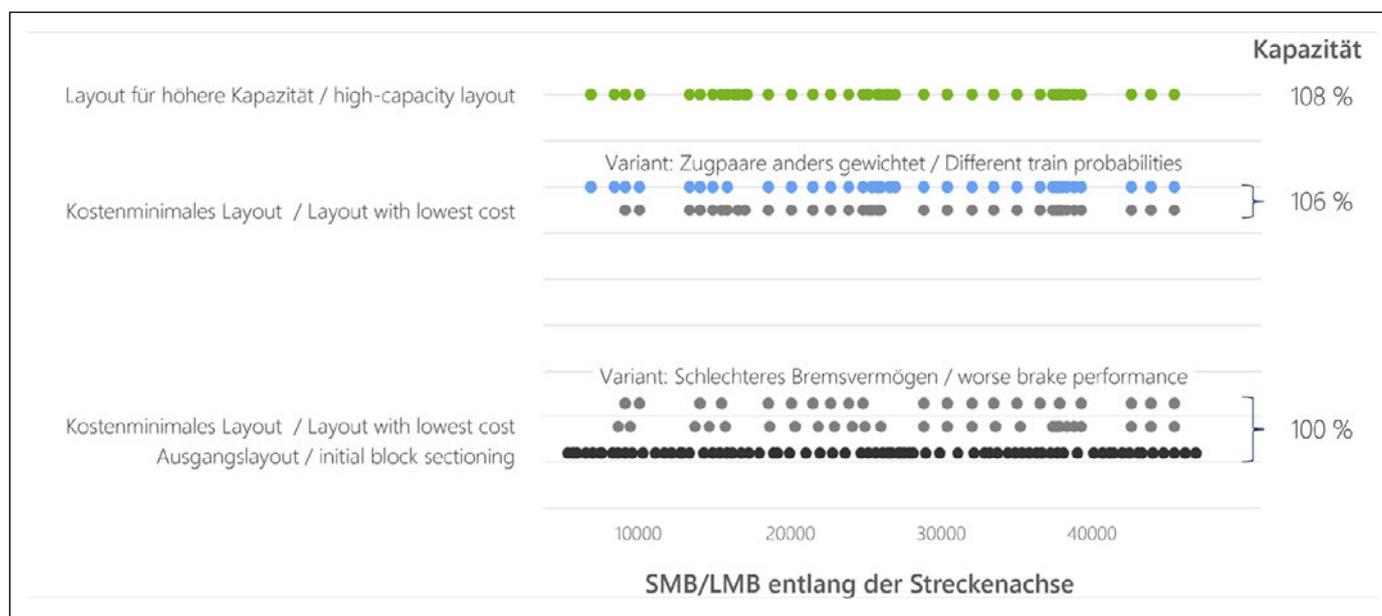
**Bild 4: Leistungsfähigkeit versus Anzahl Stelleinheiten**

Fig. 4: Performance versus number of signalling elements

bei L2oS mit Einschränkungen aus Verbotszonen zu sehen. Im Vergleich von linker und rechter Grafik wird – markiert durch die grünen Pfeile – ersichtlich, wie bei Relaxation der betrieblichen Anforderungen weniger LMB-Standorte resultieren.

In Bild 4 aufgetragen ist der Zusammenhang zwischen den fiktiven Kosten (als Menge über die fixen Signalstandorte hinausgehender Stelleinheiten) sowie der erreichten Leistungsfähigkeit der Anlage (als mittlere MZF). Aufbereitet ist der Zusammenhang für drei Ausrüstungsumfänge der Fahrzeuge mit ETCS. Neben dem Mechanismus „dichtere Blockteilung verkürzt Mindestzugfolgezeit“ wird of-

Fig. 4 depicts the relationship between the fictitious costs (as the amount of additional SEU beyond the fixed signal locations) and the performance of the system (as the average minimum headway time). The relationship is displayed for three retrofit scopes in vehicles with ETCS. In addition to the “denser block divisions shorten minimum headway times” mechanism, it also becomes obvious that the same performance can be achieved with a smaller number of SEU with increasing ETCS onboard coverage. This confirms the conclusion drawn in [1] that L2oS should be implemented as quickly as possible.



**Bild 5: Blockteilungen entlang der Strecke**

Fig. 5: Block sectioning along the line

fenkundig, dass mit steigendem Ausrüstungsgrad die gleiche Leistungsfähigkeit bei geringerer Anzahl von Stelleinheiten erzielt werden kann. Dies bestätigt die in [1] erarbeitete Schlussfolgerung, eine möglichst rasche Umsetzung von L2oS zu verfolgen.

Für einen anderen Netzbereich wird ermittelt, wie ideales Blocklayout und Eigenschaften des Rollmaterials zusammenhängen. Für einen mittelkomplexen Streckenabschnitt von ungefähr 40 km Länge besteht zunächst ein manuell optimiertes Blocklayout, welches 74 SMB/LMB in einer Richtung benötigt. Die Formulierung und Lösung des Optimierungsproblems zeigt auf, dass die gleiche betriebliche Performance (hier als mittlere MZF) auch mit 49 SMB/LMB erreicht werden kann. Werden die mit 69 SMB/LMB einhergehenden Kosten akzeptiert, so kann die Kapazität gegenüber dem initialen Layout um 8 % gesteigert werden. Über die Wegstrecke dargestellt ist in Bild 5, wie sich die ideale Blockteilung verändert, wenn das Bremsvermögen der Züge geringer ist oder wenn die Gewichtung der Zugpaare untereinander variiert. Dies stellt anschaulich dar, dass eine ideale LST stets in Abhängigkeit von den betrieblichen Anforderungen zu ermitteln ist.

## 5 Würdigung und Ausblick

Die beispielhafte Anwendung des hier skizzierten Optimierungsansatzes auf Infrastrukturen in mehreren Ländern hat gezeigt, dass die resultierenden Blocklayouts taugliche „Startlösungen“ bilden. Gegenüber einer manuellen Erarbeitung des Blocklayouts ist durch den Optimierungsansatz garantiert, dass die angestrebte betriebliche Performance mit einer möglichst geringen Anzahl von Stelleinheiten erreicht wird. Ungeachtet dessen können für betriebliche Sonderfälle wünschenswerte Signalstandorte in das Layout integriert werden.

Gegenüber einer manuellen Erarbeitung werden erhebliche Effizienzsteigerungen erreicht. Die Bearbeiter gewinnen somit zeitliche Freiräume, komplexe Infrastruktur und Spezialfälle zu bearbeiten. Der Optimierungsansatz stellt damit eine Komponente dar, um die heute sequenziell durchgeführten Planungsphasen zu verkürzen und zu vereinen.

In einem Folgeartikel in der Eisenbahntechnischen Rundschau (ETR) soll in Kürze unter anderem dargestellt werden, wie regelbasiert die (zu) dichte Blockteilung der Startlösung generiert wird. Ferner wird beschrieben, wie der Optimierungsansatz auf einen Korridor bestehend aus mehreren Überholungsabschnitten übertragen werden kann. Auch wird dargestellt, wie die Randbedingung zur zulässigen Summe von MZF auf eine qualitätsabhängige Betrachtung im Sinne der Leistungsfähigkeitsrechnung fortgeschrieben werden kann. Dadurch soll perspektivisch sichergestellt werden, dass die Methodik in Standardtools zur Bestimmung der Streckenleistungsfähigkeit integriert werden kann. ■

## LITERATUR | LITERATURE

- [1] Büker, Th.; Hardel, S.; Schedel, M.; Scherer, Ph.: „Zu netzweiten Kapazitätseffekten der DSD – Impulse zur Steigerung des Nutzens“, Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) (74) 3/2025
- [2] Hernández, L.; Hardel, S.: „Schaltabschnittsgrenzen und Bahnübergänge schränken Kapazitätseffekt von ETCS Level 2 ein“, SIGNAL+DRAHT (115) 1+2/2023
- [3] Bachmann, V.; Crespo, A.; Grubor, N.; Kretschmer, E.; Oetting, A.: „Ansatz zur teilautomatisierten kapazitätsoptimierten Blockteilung von ETCS L2oS-Bereiche

The relationship between the ideal block layout and the characteristics of the rolling stock has been determined for another network area. There is initially a manually optimised block layout for a medium-complex section of track of about 40 km in length, which requires 74 SMB/LMB in one direction. The formulation of and solution to the optimisation problem have shown that the same operating performance (meant here as the mean minimum headway time) can also be achieved with 49 SMB/LMB. If the costs associated with 69 SMB/LMB are accepted, the capacity can be increased by 8 % compared to the initial layout. Fig. 5 shows how the ideal block sectioning changes over the distance when the braking capacity of the trains is lower or when the weighting of the train pairs varies among each other. This clearly illustrates that an ideal CCS must always be determined depending on the operating requirements.

## 5 Appraisal and outlook

The application of the optimisation approach outlined here to infrastructure in several countries has shown that the resulting block layouts form suitable “starting solutions”. Compared to the manual development of the block layout, the optimisation approach guarantees that the desired operating performance is achieved with the lowest possible number of control units. Notwithstanding this, however, desirable signal locations for special operating cases can be integrated into the layout.

Considerable increases in efficiency can be achieved compared to manual processing. This therefore gives the engineers time to process any complex infrastructure and special cases. The optimisation approach thus represents a component in shortening and unifying the planning phases that are currently carried out sequentially.

A follow-up article in Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) will shortly show, among other things, how an (overly) dense block division in the starting solution can be generated based on rules. It also describes how the optimisation approach can be transferred to a corridor consisting of several overhaul sections and how the boundary condition for the permissible sum of minimum headways can be extended to a quality-dependent consideration in the sense of the performance calculation. ■

## AUTOREN | AUTHORS

### Dr. Thorsten Büker

Geschäftsführender Partner / *Managing Partner*  
E-Mail: thorsten.bueker@quattron.com

### Philipp Scherer

Senior Consultant  
E-Mail: philipp.scherer@quattron.com

Beide Autoren / *both authors:*

quattron GmbH  
Anschrift / *Address:* Römerstraße 50, D-52064 Aachen

# Erneuerung der ETCS-Simulation im PRESIM Simulationssystem der DB

## Renewing the ETCS simulation in the PRESIM simulation system at DB

Jörg Demitz | Hendrik Bähr | Attila Dobrosi

Seit mehr als 30 Jahren gehören Simulationssysteme für die Aus- und Weiterbildung von Fahrdienstleitern bzw. Zugverkehrssteuerern zu den Standard-Ausbildungsmedien in der Betriebsdurchführung bei Eisenbahnen. Umfangreiche Erfahrungen und Anforderungen unterschiedlicher Betreiber führen dazu, dass die Simulatoren immer leistungsfähiger werden. Dadurch können den Auszubildenden heutzutage schon während der Ausbildungszeiten Kenntnisse vermittelt werden, die früher erst in mehrjähriger Praxiserfahrung gesammelt werden konnten. Bei der Deutschen Bahn AG (DB AG) werden Zugfahrten bereits seit 2015 unter ETCS Level 2 durchgeführt. Für dieses damals in Deutschland neue und betrieblich noch unbekannte System wurde seinerzeit das Simulationssystem für Fahrdienstleiter um eine ETCS-Simulation mit Abbildung der Bedienoberfläche der ETCS-Zentrale (ETCS-Z) realisiert, die sich sehr an den damaligen realen Funktionen und Architekturen orientiert hat. Anpassungen an neue Funktionen ergeben sich u. a. aus der flächendeckenden Einführung des integrierten Leit- und Bediensystems (iLBS) bei der DB InfraGO. Weiterhin besteht großer Bedarf, die Schulung für ETCS-Funktionen zu verbessern. Daher wurde die ETCS-Simulation in der PRESIM-Simulationssoftware grundlegend überarbeitet und an aktuelle Anforderungen angepasst. Dieser Beitrag beschreibt Herausforderungen in der Aus- und Weiterbildung bei der DB InfraGO AG für ETCS-Strecken und Verfahren sowie die sich daraus ergebenden Anforderungen an das Simulationssystem.

### 1 Nutzung der Simulation bei DB InfraGO

PRESIM wird maßgeblich für zwei Anwendungsfälle innerhalb der DB InfraGO AG genutzt. Das betrifft einerseits die funktionale und betriebliche Prüfung (FBP) der Stellwerksplanung und andererseits die Aus- und Weiterbildung von Zugverkehrssteuerern bzw. Fahrdienstleitern.

Im Rahmen der FBP erfolgt eine initiale Abbildung der Entwurfsplanung der LST mit dem geplanten Bediensystem in der Simulation. Damit kann effektiv und praxisnah die Planung bereits früh auf Nutzbarkeit und Anforderungen der späteren Anwender geprüft und gezielt angepasst werden. Dadurch wird erreicht, dass dem konkreten Hersteller der Bedienoberfläche detaillierte Anforderungen und Vorgaben übergeben werden können. Zusätzlich kann durch einen Test der Bedienoberfläche mit einem prognostizierten Fahrplan der geplante Spurplan inklusive der Fahrstraßenparameter (Durchrutschwege, Flankenschutz etc.) simuliert und getestet werden. Dies dient insgesamt der Qualitätssicherung und -verbesserung der Planung von Stellwerksprojekten.

Simulation systems used for training signallers and train traffic controllers have been a standard training medium in railway operations management for more than 30 years. Extensive experience and the requirements of different operators mean that these simulators are becoming ever more powerful. As a result, trainees can now be taught skills during their training that previously could only be acquired through several years of practical experience. Deutsche Bahn AG (DB AG) has been running trains under ETCS Level 2 since 2015. As this system was new at the time and still unknown in Germany, the signalling simulation system was expanded to include an ETCS simulation with an emulated Radio Block Centre (RBC), which was very much based on the real functions and architectures at the time. Adaptations to the new functions have resulted, amongst other things, from the comprehensive introduction of the integrated control and operating system (iLBS) at DB InfraGO. There is also a great need to improve the training for ETCS functions. The ETCS functionality in the PRESIM simulation software has therefore been fundamentally revised and adapted to meet the current requirements. This article describes the challenges pertaining to training and further education for the ETCS operated lines at DB InfraGO, as well as the procedures and the resulting requirements of the simulation system.

### 1 The use of simulation at DB InfraGO

PRESIM is mainly used for two use cases at DB InfraGO AG. On the one hand, this concerns the functional and operational testing of interlocking planning and, on the other, the training and further education of train traffic controllers and dispatchers.

The design planning for the signalling system is initially depicted in the simulation with the planned train schedule as part of the functional and operational testing. This means that the planning can be effectively and practically tested for usability at an early stage, while any impacts and requirements of future users can also be considered. This enables detailed requirements and specifications to be submitted to the specific control system and interlocking manufacturer. In addition, testing the user interface with a predicted timetable enables the planned track plan, including the route parameters (overlaps, flank protection, etc.), to be simulated and tested. This serves to ensure and improve the overall quality in the planning of signalling projects.

Der zweite Anwendungsfall betrifft die Ausbildung von Zugverkehrssteuerern sowie die Fort- und Weiterbildung von Fahrdienstleitern. Hierbei sind verschiedene Inhalte relevant. Beginnend mit den grundlegenden Bedienungen im Regelbetrieb, muss die Simulation ein stabiles Fundament dieser Inhalte bieten. Dabei gehören die Abbildung der logischen Stellwerkfunktionen und die fahrdynamisch hinreichend genaue Zugsimulation zu den wichtigsten Säulen der Simulation. Darauf aufbauend werden komplexere Inhalte wie die Störungssimulation relevant. Diese muss über die gesamten real eingesetzten Systeme hinaus auch zukünftige Stellwerkstechniken abbilden können, um bereits vor der jeweiligen Inbetriebnahme das Personal entsprechend schulen zu können.

Hierfür wird die Simulation dauerhaft kritisch dahingehend bewertet, ob alle notwendigen Aspekte enthalten sind. Ebenso erfolgt die Begutachtung der bestehenden Funktionen im Hinblick auf notwendige Anpassungen aus den realen Umsetzungen und aus Sicht der Anwendbarkeit für Trainer und Ausbilder.

## 2 PRESIM: Redesign der Stellwerkssimulation bei der DB AG

Nach mehr als 20 Jahren intensiver Nutzung und schrittweiser Ergänzung der Simulation in der Aus- und Weiterbildung wurden vielfältige neue Anforderungen an die Simulationssoftware definiert, die nur mit einer tiefgreifenden Erneuerung der Simulationssoftware umgesetzt werden können. Im Jahre 2016 wurde die Erneuerung der bestehenden Stellwerkssimulation bei der DB Netz AG beschlossen und das „Projekt Redesign und Erweiterung des Simulationssystems (PRESIM)“ gestartet [1]. Langfristig verfolgt die Erneuerung der Simulation folgende Ziele:

- Die Stellwerkssimulation soll möglichst die Realität der Originalanlagen in Bedienung, Funktionalität und Abläufen wiedergeben.
- In der Stellwerkssimulation der Zukunft kann der Trainer vor Ort in einer Lerneinheit live Situationen und Störungen vorgeben, mit den Lernenden die notwendigen Handlungen durchführen und anschließend auswerten.
- Eine einheitliche, zeitgemäße Simulationssoftware muss langfristig alle im Streckennetz der DB AG vorhandenen Stellwerkstechniken abbilden. Die Bedienung der Schulungsfunktionen und Störungsmöglichkeiten soll für alle simulierten Techniken gleich sein.

PRESIM basiert auf der Betriebs- und Stellwerkssimulation BEST, die seit mehr als 30 Jahren von Scheidt & Bachmann System Technik GmbH (Kiel) gemeinsam mit Tran-SYS Kft. (Budapest) realisiert wird. Auf Basis der Betriebs- und Stellwerkssimulation BEST sind mittlerweile mehr als 20 Simulationssysteme entstanden, die bei vielen europäischen Eisenbahn- und Nahverkehrsbetrieben als Standardssystem zur Ausbildung von Fahrdienstleitern im Einsatz sind. An mehr als 300 Schulungsstandorten werden europaweit jedes Jahr mehr als 20000 angehende und erfahrene Fahrdienstleiter an BEST-Systemen für ihre verantwortungsvolle Aufgabe qualifiziert und weitergebildet.

BEST bildet alle relevanten Details der Originalsysteme nach, um in der Ausbildung das gleiche „look & feel“ wie beim Betrieb am Originalsystem zu erreichen (Bild 1). Dazu werden systemspezifische Funktionen der jeweiligen Stellwerks- und Leitsysteme detailliert abgebildet, und es kann eine realistische Topografie oder eine virtuelle Strecke nachgebildet werden. Der Zugbetrieb erfolgt auf der Grundlage eines Fahrplans, die Züge verkehren mit einer realistischen Fahrdynamik auf Basis von Zugkräften der Triebfahrzeuge, Zugmassen und -längen sowie Strecken- und Fahrstraßengeschwindigkeiten.

Die BEST-Simulation für die DB AG wurde Ende der 1990er Jahre entwickelt. Mit der seinerzeit zugrunde gelegten Systemstruktur waren die aktuellen Komplexitäten nicht mehr abbildbar. Um langfristig re-

The second use case concerns the training of train traffic controllers and the further education and training of signallers. Various content is relevant here. The simulation must provide a stable foundation for this content starting with the basic controls in regular operations. The depiction of the logical interlocking functions and sufficiently accurate train simulation in terms of running dynamics are among the most important pillars of the simulation. More complex content such as failure simulation subsequently becomes relevant when building on this. This must also be able to depict future interlocking technologies in addition to all the systems in use, thereby enabling the staff to be trained accordingly before commissioning.

To this end, the simulation is critically evaluated on an ongoing basis in order to determine whether all the necessary aspects have been included. The existing functions are also assessed with regard to any necessary adjustments related to the real implementations and from the point of view of their usability for trainers and instructors.

## 2 PRESIM: redesigning the interlocking simulation at DB AG

After more than 20 years of the intensive use and gradual expansion of the simulation in training and further education, a variety of new requirements have since been defined for the simulation software, which can only be realised with the in-depth renewal of the simulation software. In 2016, DB Netz AG decided to modernise its existing signalling simulation and launched the “Project Redesign and Extension of the Simulation System (PRESIM)” [1]. In the long term, the renewal of the simulation will pursue the following goals:

- The interlocking simulation should reflect the reality of the original systems in terms of their operations, functionality and processes as far as possible.
- The interlocking simulation of the future will enable the trainer to specify situations and faults live on site at a learning unit, to carry out the necessary actions with the learners and then to evaluate them.
- The standardised, modern simulation software must depict all the interlocking technologies available in DB AG’s rail network in the long term. The operation of the training functions and fault options should be the same for all the simulated technologies.

PRESIM is based on the BEST operations and interlocking simulation, which has been created by Scheidt & Bachmann System Technik GmbH (Kiel) in conjunction with Tran-SYS Kft. (Budapest) for more than 30 years. More than 20 simulation systems have now been developed based on the BEST operations and interlocking simulation, which are used by many European railways and light rail operators as the standard system for signalling training. More than 20,000 prospective and experienced signallers are trained and qualified for their responsible tasks on BEST systems at more than 300 training centres across Europe every year.

BEST reproduces all the relevant details of the original systems in order to achieve the same “look & feel” in training as when operating the original system (fig. 1). For this purpose, the system-specific functions of the respective interlocking and control systems are modelled in detail and either a realistic topography or generic lines and stations can be simulated. The train operations are based on a timetable, while the trains run with realistic driving dynamics based on the tractive forces of the traction units, train masses and lengths as well as the line and route speeds.



**Bild 1: Arbeitsplatz Schulungsanlage mit Bedienoberflächen für ESTW und ETCS-Z**

Fig. 1: A simulation system workstation with interlocking and RBC user interfaces

ale Örtlichkeiten und neue Besonderheiten in der Betriebsführung mit einem möglichst realistischen Simulator abbilden zu können, war ein umfassendes Redesign der Simulationssoftware erforderlich. Im Projekt PRESIM wurde daher eine neue modulare Systemstruktur umgesetzt, die in einer Simulationssoftware unterschiedliche Stellwerkstechniken abbilden kann. Seit Einführung der Simulation bei der DB AG sind inzwischen fast 400 ESTW-Unterzentralen oder Streckenzentralen abgebildet. Im Jahr 2025 wird voraussichtlich die 150. PRESIM-Simulationsanlage an die DB AG ausgeliefert.

### 3 Realisierung der ETCS-Simulation in PRESIM

Seit rund 20 Jahren ist bei vielen Europäischen Eisenbahnen die europäische Zugbeeinflussung ETCS in Betrieb, die langfristig die verschiedenen nationalen Zugbeeinflussungssysteme ablösen soll. Ziel der Europäischen Union ist es, dass der Zugverkehr grenzüberschreitend ohne einen Lokwechsel durchgeführt werden kann. Damit soll z.B. eine Fahrt mit einem Zugbeeinflussungssystem von Schweden nach Italien ermöglicht werden. Seitdem sind in vielen europäischen Ländern bereits die Systeme ETCS Level 1 für Strecken bis 160 km/h und ETCS Level 2 für Schnellfahrstrecken in den Betrieb gegangen. Eine Installation von ETCS auf Strecken des Bestandsnetzes ist bei vielen Bahnen mittlerweile zum Standard geworden.

Ende 2015 ist mit der Neubaustrecke Erfurt–Halle/Leipzig in Deutschland die erste Strecke mit der europäischen Zugbeeinflussung ETCS in den kommerziellen Betrieb gegangen. Erstmals wurde der Bedienplatz um die Bedienung der für ETCS Level 2 notwendigen ETCS-Zentrale (ETCS-Z, auch Radio Block Centre, RBC, genannt), erweitert. Sie stellt die Schnittstelle zwischen Zug und Strecke dar. Diese Komponente der Leit- und Sicherungstechnik ist neben notwendigen Änderungen in den Stellwerken eine wesentliche Erwei-

The development of the BEST simulation for DB AG started at the end of the 1990s. The current complexities in the German railways could no longer be modelled using the structure of the system in use at the time. A comprehensive redesign of the simulation software was required in order to be able to depict real locations and new special features in operations management with a simulator that was as realistic as possible in the long term. A new modular system structure has therefore been implemented in the PRESIM project, which can depict different interlocking technologies in a single simulation software. Almost 400 electronic interlocking sites have been implemented since the simulation was introduced at DB AG and the 150th PRESIM simulator site is expected to be delivered to DB AG in 2025.

### 3 Implementing ETCS simulation in PRESIM

The European Train Control System (ETCS) has been in operation on many European railways for around 20 years and is intended to replace the various national train control systems in the long term. The aim of the European Union is to ensure that trains can travel across borders without having to change locomotives. This should make it possible, for example, to travel from Sweden to Italy using just one train control system. The ETCS Level 1 system for lines up to 160 km/h and ETCS Level 2 for high-speed lines have since gone into operation in many European countries. The installation of ETCS on lines in existing networks has now become standard for many railways.

At the end of 2015, the new Erfurt–Halle/Leipzig line in Germany became the first route with the ETCS European train control system to go into commercial operation. For the first time, the signalman's operating workstation was expanded to include

terung des Arbeitsplatzes von Fahrdienstleitern. Hierfür wurde im Vorfeld eine Erweiterung des Simulationssystems benötigt, um die neuen Bedienungen der ETCS-Z im Regel- und Störungsbetrieb schulen zu können.

**3.1 Bisherige Umsetzung**

Scheidt & Bachmann System Technik hat in den letzten 20 Jahren bereits Simulationssysteme für ETCS Level 2 auf wichtigen Strecken in Österreich, für die Alpen-Transitstrecken in der Schweiz, für Strecken in Schweden und eben für die mit ETCS Level 2 in Deutschland ausgerüsteten Stellwerke realisiert. All diese Systeme unterscheiden sich jeweils untereinander in der funktionalen Umsetzung des RBC [2]. Für die Realisierung der Ausbildungsanlagen mit ETCS-Funktionalität waren daher in jedem Projekt umfassende Anpassungen oder Neuentwicklungen notwendig.

Insbesondere die Schulungsanlagen für die ÖBB in Österreich und für die DB AG in Deutschland wurden um ETCS-Simulationen ergänzt, die die reale Systemstruktur mit einer Trennung zwischen ESTW und RBC sowie entsprechender Kommunikationsschnittstellen zwischen den Systemen abbilden. Diese Struktur wurde u. a. deswegen gewählt, um in der Simulation die Vollständigkeit der damals neuen Kommunikationsschnittstellen zwischen ESTW und RBC testen zu können und die Simulation auch mittelfristig als Testmedium in ETCS-Laboren einsetzen zu können.

Leider brachte diese Systemstruktur einige Nachteile in der Projektierung und Anwendung der ETCS-Simulation mit sich, die eine flächendeckende Nutzung für neue Strecken mit ETCS-Ausrüstung bei der DB AG sehr erschwert hat. Für die Projektierung von Strecken mit ETCS musste eine gesonderte, strikt getrennte Datenhaltung für das ESTW und das RBC umgesetzt werden. Dies führte zu hohem Aufwand und Fehlern bei der Dateneingabe (Projektierung), die nur durch intensive Tests identifiziert und behoben werden konnten. Weiterhin führte die Umsetzung der ETCS-Simulation dicht an der Funktionalität des Originalsystems dazu, dass die Trainer keine Züge in gewünschten ETCS-Betriebsmodi aufs Gleis stellen konnten. Die Züge mussten erst die zulässigen Moduswechsel durchlaufen, bis ein Zug im gewünschten Modus simuliert werden konnte. Das führte zu sehr aufwendiger Vorbereitung für die Trainer und auch zu vielen Fehlbedienungen.

the operation of an ETCS Radio Block Centre (RBC) which is required for ETCS Level 2. It represents the interface between the train and the track. This control and safety technology component constitutes a significant extension to the dispatcher's workstation in addition to the necessary changes in the interlocking. As such, an extension of the simulation system was required in advance so as to enable the training of the new RBC operations in regular and degraded modes.

**3.1 New implementation**

Over the last 20 years, Scheidt & Bachmann System Technik has realised simulation systems for ETCS Level 2 on important routes in Austria, the Alpine transit routes in Switzerland, routes in Sweden and in interlockings equipped with ETCS Level 2 in Germany. All these systems differ from each other in their functional implementation of the RBC [2]. Comprehensive adaptations or new developments were therefore necessary in each project for the implementation of training systems with ETCS functionality.

The training facilities for ÖBB in Austria and DB AG in Germany were supplemented with ETCS simulations that depict the real system structure with a separation between the interlocking and the RBC as well as the corresponding communication interfaces between the systems. This structure was chosen, amongst other things, to enable the completeness testing of the new communication interfaces between the interlocking and the RBC in the simulation and also to enable the use of the simulation as a test medium in ETCS laboratories in the medium term.

Unfortunately, this system structure entailed numerous disadvantages in the site data preparation and the application of the ETCS simulation, which made it very difficult for DB AG to utilise it for new lines with ETCS equipment. Strictly separate data management had to be implemented at the interlocking and the RBC for the site data with ETCS. This led to a great deal of effort and to errors during data input, which could only be identified and rectified through intensive testing. Furthermore, the implementation of the ETCS simulation close to the functionality of the original system meant that the train drivers were unable to place trains on the track in the desired ETCS operating modes.



**Bild 2: ETCS-Simulation in PRESIM (Trainerbedienungen und Restriktionen)**

Fig. 2: An ETCS simulation in PRESIM (trainer operations and RBC restrictions)

Da der ursprüngliche Anwendungsfall zur Nutzung der ETCS-Simulation als Testmedium nicht mehr relevant war und die Ausrüstung des Streckennetzes der DB AG mit ETCS Level 2 zum Standard für die nächsten Jahrzehnte bestimmt wurde, war ein Redesign der ETCS-Simulation zur Vereinfachung der Projektierung und zur besseren Nutzung in der Ausbildung dringend notwendig.

### 3.2 Redesign der ETCS-Simulation

Die wichtigste Änderung in der Systemstruktur der Simulation ist, dass die RBC-Simulation integrierter Bestandteil der Simulationssoftware ist und nicht mehr als separates Softwaremodul mit eigener Datenhaltung sowie dedizierten Schnittstellen zu ESTW-Simulation und Zugsimulation realisiert wird. Dies ermöglicht die Erweiterung der bereits in der Simulation vorhandenen Daten aus der ESTW-Projektierung und erfordert keine zusätzliche Projektierung der gesamten für die ETCS-Z notwendigen Daten mehr. Die Daten für die ETCS-Bedienoberfläche lassen sich als zusätzliche Ebene in der Simulationsprojektierung erstellen. Damit können auch nachträglich bereits in der Simulation vorhandene ESTW-Projektierungen mit den für ETCS Level 2 benötigten Zusatzdaten und Oberflächen ausgerüstet werden. Ebenso sind Änderungen, wie sie sich z. B. während einer funktionalen und betrieblichen Prüfung einer Projektierung mit PRESIM [4] ergeben, schnell umzusetzen. Eine Anpassung der Projektierungsdaten in zwei getrennten Datenmodellen ist nicht mehr notwendig.

Ein weiterer großer Vorteil ist die Vereinfachung der ETCS-Simulation für die Trainer. Dazu zählt insbesondere, dass der Trainer die Betriebsmodi der ETCS-geführten Züge frei wählen kann. In der alten Systemstruktur musste z. B. ein Zug, der eine Zwangsbremmung erhalten hat (Trip), erst mehrere Moduswechsel inkl. Überfahrt bestimmter Balisen durchführen, bis er wieder im Modus Full Supervision (FS) fahren konnte. Dies ist zwar ein realistisches Verhalten, war aber für die Erläuterung bestimmter Situationen in der Schulung sehr hinderlich und hat den Schulungsbetrieb unnötig verzögert. Mit der erneuerten ETCS-Simulation können Züge in beliebigen Betriebsmodi auf allen Gleisabschnitten in der Simulation generiert und unerwartete Moduswechsel an einzelnen Zügen in der laufenden Simulation durchgeführt werden (Bild 2).

Die angepasste ETCS-Simulation wird seit Anfang 2025 bereits produktiv für die Inbetriebnahmeschulungen für den Testbetrieb und die Erstinbetriebnahme des Digitalen Knotens Stuttgart (DKS) genutzt. Parallel erfolgen noch weitere Funktionsanpassungen an der Simulationssoftware und die Portierung aller bisher erstellten ETCS-Projektierungen, damit diese auch mit der neuen Simulationssoftware genutzt werden können.

### 3.3 Erweiterung für die ETCS-Bedienung aus dem iLBS

Die DB InfraGO AG hat das neue integrierte Leit- und Bediensystem (iLBS) entwickeln lassen, mit dem zukünftig Digitale Stellwerke (DSTW) und Elektronische Stellwerke (ESTW) bedient werden sollen. Das iLBS ist bereits in der PRESIM-Simulation umgesetzt und wird im Schulungsbetrieb genutzt [3]. Im Unterschied zu den bisherigen Bediensystemen hat dieses System keine Bedienunterschiede mehr für die jeweils gesteuerten Stellwerkstechniken. Für die ETCS-Z-Bedienung auf ETCS-Strecken ist geplant, das iLBS um eine neuartige Bedienoberfläche zu erweitern. Bisher mussten die ETCS-Bedienungen, insbesondere Eingabe von Restriktionen wie z. B. Langsamfahrstellen, durch die Fahr diensteleiter in einer gesonderten Bedienoberfläche durchgeführt werden. Diese unterscheidet sich teilweise erheblich in der Anordnung und Symbolik von den gewohnten Lupen- und Bereichsübersicht (Berü)-Bildern. Im iLBS soll zukünftig die ETCS-Bedienung aus den Lupenbildern möglich sein. Hierzu wird

The trains first had to go through the permitted mode changes before they could be simulated in the desired mode. This led to very time-consuming preparation for the trainers and also to many operating errors.

Given that the original use case for using the ETCS simulation as a test medium was no longer relevant and the DB AG rail network equipment with ETCS Level 2 was determined to be the standard for the coming decades, a redesign of the ETCS simulation was urgently needed to simplify the data input and for better use in training.

### 3.2 Redesigning the ETCS simulation

The most important change in the simulation's system structure pertains to the fact that the RBC simulation is an integrated component of the simulation software and is no longer implemented as a separate software module with its own data model and dedicated interfaces to the interlocking and train simulations. This makes it possible to expand the data that is already available in the simulation and no longer requires any additional site data for the RBC. The data for the RBC user interface can be created as an additional level in the site data. This means that the existing simulation data engineering tool can also be subsequently equipped with the additional data and interfaces required for ETCS Level 2. Changes, such as those that arise during a project planning functional and operational test with PRESIM [4], can also be implemented quickly. It is no longer necessary to adapt the site data in two separate data models.

## Schnellster Schienenkontakt



**KAGO**  
Klemme

Das Original  
seit 1980

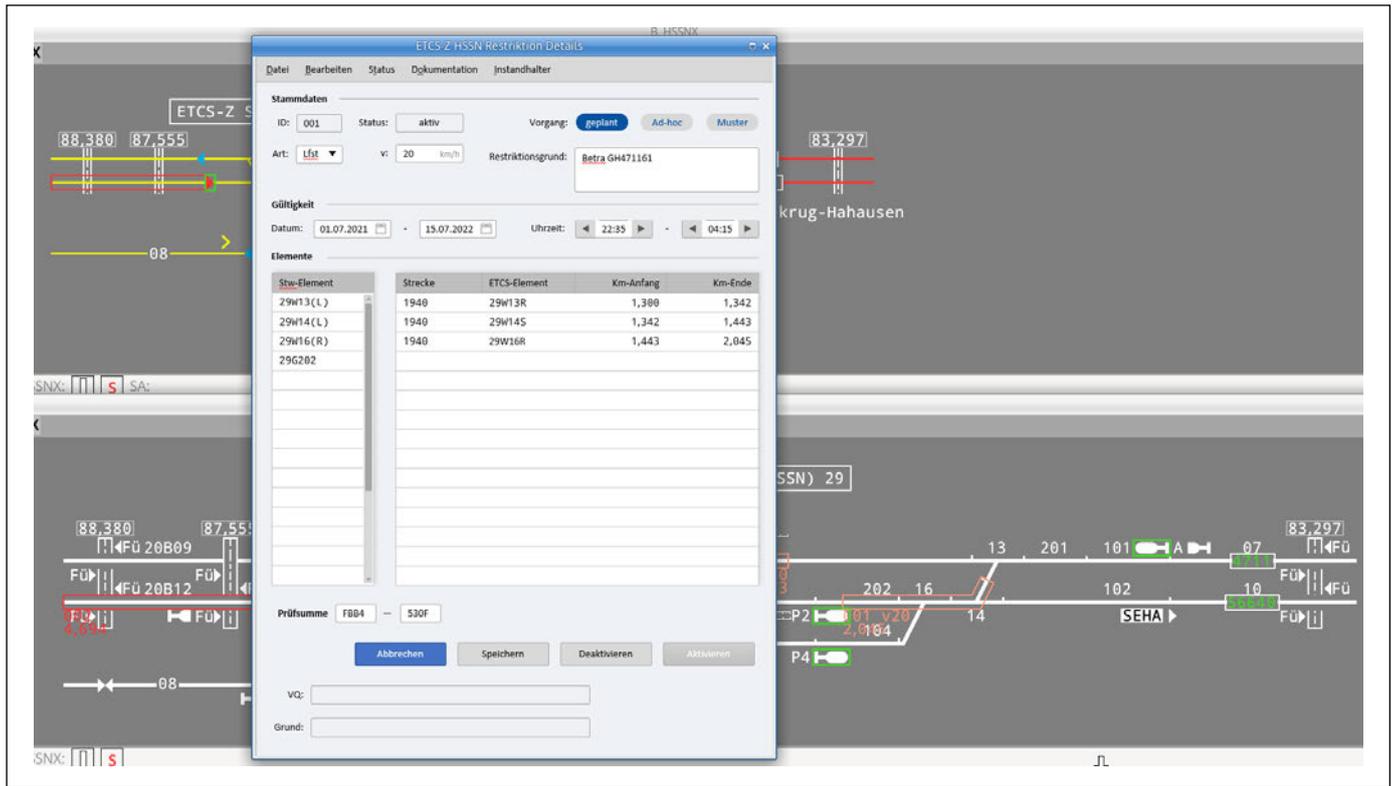


KAGO AG – Schweiz  
Eisenbahntechnik  
info@kago.com



**kaufmann**  
www.kago.com

metal electric



**Bild 3: Vorgesehene ETCS-Bedienung im iLBS (Prototyp)**  
 Fig. 3: Planned ETCS operations from the iLBS (prototype)

ein gesonderter Layer für die Eingabe und Anzeige von ETCS-Inhalten über die Anzeigebilder gelegt (Bild 3). Diese Bedien- und Anzeigefunktionen sollen erstmals im DKS zum Einsatz kommen. Diese neuartige Form der ETCS-Bedienung wäre mit der bisherigen Realisierung in PRESIM nicht möglich gewesen. Daher ist das Redesign der ETCS-Simulation eine notwendige Grundlage für die Umsetzung der ETCS-Bedienung im iLBS. Die Entwicklung der ETCS-Bedienung in der iLBS-Simulation erfolgt parallel zur Realisierung im Echtsystem. Aufgrund der völlig neuen Bedienphilosophie für die ETCS-Z direkt aus den Lupen- und Berü-Bildern muss eine Schulung deutlich vor der Inbetriebnahme des Originalsystems erfolgen. Es ist daher geplant, dass die Simulation für die ETCS-Bedienung über das iLBS rechtzeitig vor der Inbetriebnahme zur Verfügung steht. Da sich in diesem Zeitraum noch Änderungen im Echtsystem ergeben können, erfolgt die Entwicklung der Simulation in enger Abstimmung mit der des Realsystems. Dies ist durch die organisatorische Bündelung beider Themen iLBS und PRESIM innerhalb des Bereichs „Bedien- und Steuerungstechnik“ beim CTO im Vorstandsressort „Digitale Infrastruktur und Kommunikationstechnik“ der DB InfraGO AG sichergestellt.

**4 Erfahrungen und Ausblick**

In PRESIM sind aktuell sowohl die ältesten mechanischen Stellwerkstechniken als auch die modernste Technik in Form des iLBS in der Simulation abgebildet. Weiterhin ist die Bedienung der ETCS-Z für Strecken, die mit ETCS Level 2 ausgerüstet sind, realisiert. Diese Bandbreite der umgesetzten Technologien ist in der bisherigen Geschichte der BEST-Simulation einzigartig. Mit der aktuellen Simulationsplattform lassen sich neue Techniken jederzeit erweitern und ergänzen. Die Simulationssoftware wird fortlaufend weiterentwickelt und gleichzeitig täglich auf rund 150 Schulungsanlagen sowie über 900

Another major advantage involves the simplification of the ETCS simulation for the trainers. The trainer can freely select the operating modes of the ETCS-guided trains. In the old system structure, for example, a train that was subjected to emergency braking (trip) first had to undergo several mode changes, including passing over certain balises, before it could run in Full Supervision (FS) mode again. Although this constitutes realistic behaviour, it presented an obstacle to the trainers when explaining certain situations during training and it unnecessarily delayed the training process. The renewed ETCS simulation enables trains to be generated in any operating mode on all the track sections in the simulation and any unexpected mode changes can be carried out on individual trains in the running simulation (fig. 2).

The customised ETCS simulation has already been in productive use for the commissioning training of test operations and the initial commissioning of the new ETCS lines in the Stuttgart area since the beginning of 2025. At the same time, further functional adaptations are also being made to the simulation software and all the previously created ETCS lines are being ported for use with the new simulation software.

**3.3 Expansion for ETCS operations from the new iLBS operations control system**

DB InfraGO AG has commissioned the development of a new integrated control and operating system (iLBS), which will be used to operate its digital interlockings (DSTW) and electronic interlockings (ESTW) in the future. The iLBS has already been implemented in the PRESIM simulation and is currently being used in the training process [3]. In contrast to the previous operating systems, this system no longer has any operating differences for the respective controlled interlocking technologies.

Einzelplatzsimulationen intensiv genutzt. Neben Vertretern von DB InfraGO AG, DB Training und den Herstellern Scheidt & Bachmann und Tran-SYS sind zudem die TU Dresden und CERSS zum Testen der Simulationssoftware im Projekt eingebunden. Eine solche Entwicklung „unter dem rollenden Rad“ stellt hohe Anforderungen an das Projekt, die nur durch eine enge und sehr kooperative Zusammenarbeit im Projektteam erfüllt werden können.

Das Redesign der Simulation im Projekt PRESIM ist eine wichtige technologische Basis, mit der die Vielzahl von Stellwerkstechniken auf demselben System für die Aus- und Fortbildung abgebildet werden kann. Es sind im Rahmen des Projekts weitere funktionale Erweiterungen der bereits vorhandenen Techniken geplant. Beispielsweise wird die Simulation für die Schulung der Fahrdienstleiter für den DKS ertüchtigt, es sind weitere Komfortfunktionen für die Trainer geplant. Zudem werden Weiterentwicklungen der Realsysteme wie die Bahnübergangstechnik FSÜ in PRESIM umgesetzt. Die DB AG ist mit der PRESIM Simulation für aktuelle und zukünftige Anforderungen an die Aus-, Fort- und Weiterbildung von Fahrdienstleitern sehr gut gerüstet. ■

The plan is to extend the iLBS with a new type of user interface for RBC operations on ETCS lines. Until now, ETCS operations, particularly the input of restrictions such as speed restrictions, have had to be carried out by the signalmen using a separate user interface. In some cases, this differs considerably in terms of the layout and the symbols from the familiar zoom and overview screens. In future, it should be possible to operate the RBC from the iLBS zoom screens. A separate layer for the input and display of ETCS content will be available on the screens for this purpose (fig. 3). These operating and display functions are to be used for the first time at DB AG in the Stuttgart area.

This new means of ETCS operations would not have been possible with the previous ETCS implementation in the PRESIM software. The redesign of the ETCS simulation is therefore a necessary basis for the realisation of ETCS operations in iLBS. The development of ETCS operations in the iLBS simulation will take place in parallel with the development of the real system. The completely new operating philosophy of the RBC directly from the zoom and overview screens means that training must take place well before the real system is commissioned. It is therefore planned to have the simulation for ETCS operations via the iLBS available well before commissioning. Given that changes may still be made to the real system during this period, the simulation is being developed in close coordination with the real system. This is ensured by the organisational bundling of both the iLBS and PRESIM topics within the “Operating and Control Technology” division at the CTO in the “Digital Infrastructure and Communication Technology” department of DB InfraGO AG.

#### 4 Experience and outlook

PRESIM currently models both the oldest mechanical interlocking technologies and the latest technology in the form of iLBS in the simulation. Furthermore, RBC operation for lines equipped with ETCS Level 2 has been realised. This range of implemented technologies is unique in the history of the BEST simulation. The current simulation platform means that new technologies can be expanded and added at any time.

The simulation software is being continuously developed and is also put to intensive use every day at around 150 training installations and more than 900 individual simulation workstations. In addition to the representatives from DB InfraGO AG, DB Training and the manufacturers Scheidt & Bachmann and Tran-SYS, TU Dresden and CERSS are also involved in the development project to test the simulation software. Such development during uninterrupted operations places high demands on the project, which can only be fulfilled by means of close and very cooperative collaboration within the project team.

The redesign of the simulation in the PRESIM project is an important technological basis that will enable the depiction of interlocking techniques within the same simulation software for training and further education. Further functional enhancements to the existing technologies are planned as part of the project. For example, the simulation will be upgraded for the training of signalmen in the Stuttgart area and further comfort functions are planned for the trainers. In addition, further developments in the real systems such as new level crossing technology will be implemented into PRESIM. The PRESIM simulation means that DB AG is very well equipped to meet any current and future requirements for the training and further training of dispatchers. ■

#### AUTOREN | AUTHORS

##### Jörg Demitz

Leiter Simulationssysteme / Head of Simulation Systems  
Scheidt & Bachmann System Technik GmbH  
Anschrift / Address: Otto-Flath-Straße 4, D-24109 Melsdorf  
E-Mail: demitz.joerg@scheidt-bachmann-st.de

##### Hendrik Bähr

Anforderungsmanager / Requirements Manager  
DB InfraGO AG  
Anschrift / Address: Adam-Riese-Straße 11-13, D-60327 Frankfurt a. Main  
E-Mail: hendrik.baehr@deutschebahn.com

##### Attila Dobrosi

Project Manager  
Tran-SYS Kft.  
Anschrift / Address: Lajos u. 48-66. B. ép. V. em., H-1036 Budapest  
E-Mail: dobrosi@transys.hu

#### LITERATUR | LITERATURE

- [1] Herbst, Th.; Demitz, J.; Funk, D.; Dobrosi, A.: PRESIM-Simulation bei der DB AG: Bild der gesamten Bandbreite der Stellwerkstechnik in einem Simulator, SIGNAL+DRAHT 6/2021
- [2] Demitz, J.; Wolter, S.; Hrivnák, I.: RBC-Bedienoberflächen im internationalen Vergleich, DER EISENBAHNINGENIEUR 01/ 2016
- [3] Bähr, H.; Baczynski, K.; Demitz, J.: PRESIM – das integrierte Leit- und Bediensystem simulieren, SIGNAL+DRAHT 9/2023
- [4] Bleicher, I.; Bähr, H.; Baczynski, K.: BEST PRESIM: erst simulieren, dann bauen – die neue Generation der Simulationsanlagen, SIGNAL+DRAHT 06/2019

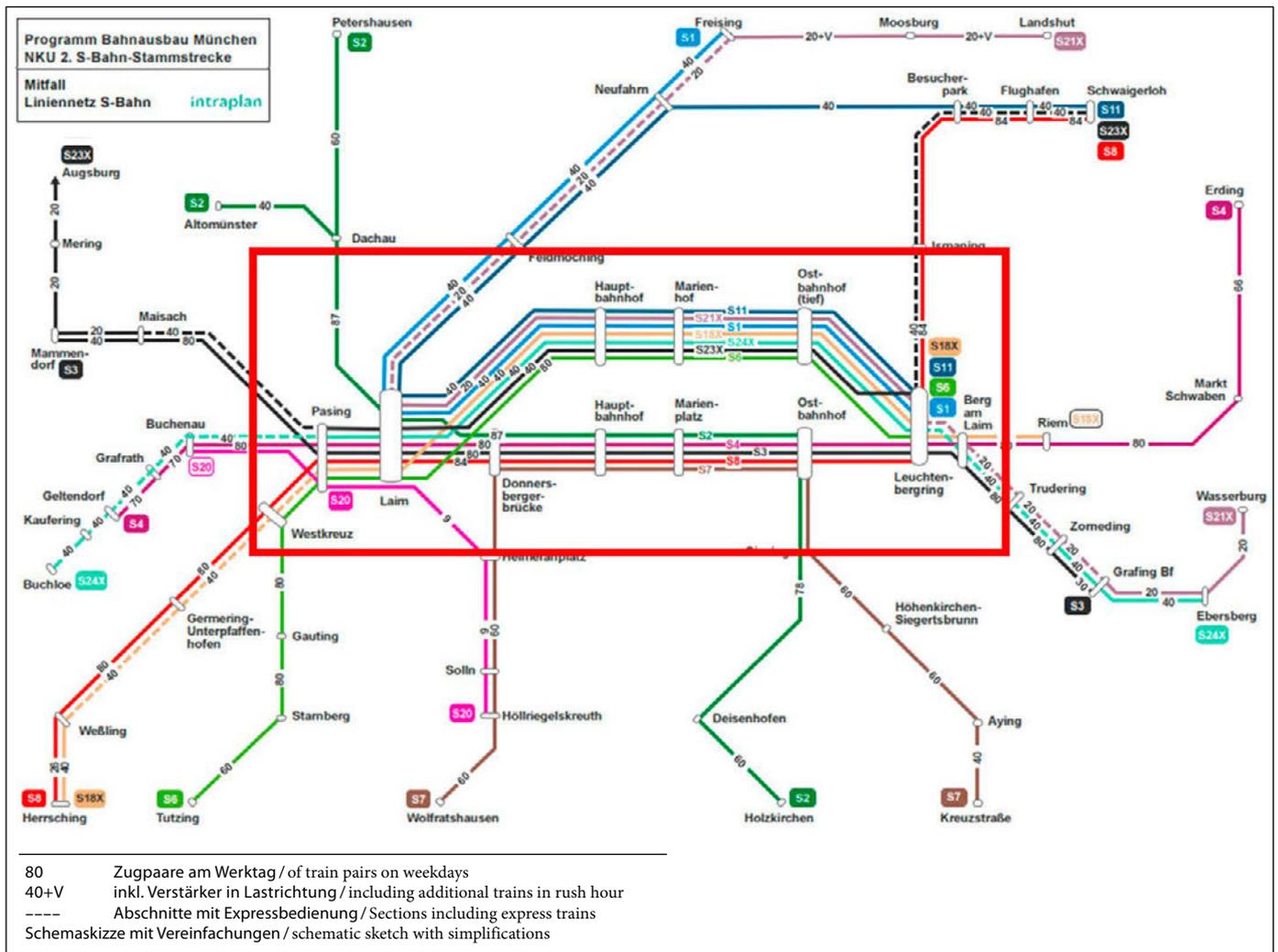
# ETCS-Planung auf der 1. und 2. Stammstrecke der S-Bahn München

## ETCS planning on the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> "Stammstrecke" at the Munich S-Bahn

Uwe Wendland | Daniel Meurer | Christian Bielchen | Vincent Mayer | Dennis Honstein | Peter Schließmann

**M**it ihrem Zwei-Minuten-Takt zur Hauptverkehrszeit hat die Stammstrecke der S-Bahn München eine der kürzesten Zugfolgezeiten der Welt. Für diesen Knoten galt es, die planerischen Grundlagen für die geplante Einführung des European Train Control System (ETCS) zu schaffen. Dass mindestens 30 Züge pro Stunde und Richtung jeweils auf der bestehenden S-Bahn-Stammstrecke (1. SBSS) und der zukünftigen 2. Stammstrecke (2. SBSS) fahren können, galt es zu beweisen (Bild 1).

**W**ith its two-minute headway during rush hour, the Munich S-Bahn main line (German: "Stammstrecke", SBSS) has one of the shortest headways in the world. A planning foundation therefore had to be established for the planned introduction of European Train Control System (ETCS) into this area. It had to be proven that at least 30 trains per hour could operate in each direction on the existing S-Bahn main line (the 1<sup>st</sup> SBSS) and the future 2<sup>nd</sup> SBSS (fig. 1).



**Bild 1: Liniennetz 2035 „Mitfall“ nach Inbetriebnahme (IBN) der 2. SBSS; roter Kasten: Betrachtungsraum für die Planung**

Fig. 1: The 2035 "Mitfall" route network after the commissioning of the 2<sup>nd</sup> SBSS; the red box: the area of interest for the planning

Quelle / Source: [1]

## 1 Einleitung

Unter Leitung von Vincent Mayer vom Projekt 2. SBSS, Christian Bielchen für das Bestandsnetz und Dennis Honstein für die S-Bahn München wurden die Ziele und Aufgabenstellung mit dem Freistaat Bayern und der Bayerischen Eisenbahngesellschaft (BEG) abgestimmt. Ebenfalls wurden die Digitale Schiene Deutschland und weitere interne Abteilungen für die Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung (EBWU) und die Funkstrategie involviert. Als externer Partner wurde eine ARGE aus NEXT-RAIL, quattron und ISB Rhein-Main eingebunden. Viele Partner und Stakeholder, aber ein gemeinsames Ziel: Wie kann ETCS im S-Bahn-System des Knotens München eingesetzt werden?

Die Aufgaben wurden in mehrere Arbeitspakete strukturiert:

- Betrieblich-Technisches Zielbild (BTZ)
- Funk
- Kapazität / Betriebsqualität
- ETCS-Planung (Grundlagenermittlung und Vorplanung)
- Migration (Strecke und Fahrzeug).

Diese Arbeitspakete werden im Folgenden erläutert.

## 2 Betrieblich-Technisches Zielbild (BTZ)

Im Rahmen des Arbeitspakets BTZ wurden die Besonderheiten der S-Bahn München untersucht, neue Anforderungen sowie Anpassungs- und Ergänzungsbedarfe identifiziert und Lösungsvorschläge erarbeitet. Dazu wurde das BTZ der DB InfraGO AG einem Review unterzogen und mit den betrieblich-technischen Gegebenheiten der S-Bahn München verglichen. Zudem wurde die während des Projekts in Kraft getretene TSI 2023 auf Auswirkungen geprüft. Ergebnisse aus früheren Untersuchungen für die S-Bahn Stuttgart im Rahmen des Projekts Digitaler Knoten Stuttgart (DKS) wurden übernommen. Hier wird auf bereits veröffentlichte Studien und Artikel verwiesen, u. a. [2, 3, 4].

Die wichtigsten darüberhinausgehenden Anforderungen kurz zusammengefasst:

- Wenden, Stärken und Schwächen am Ostbahnhof: Die S-Bahn-Linien S3 und S5 ändern hier mit einer Haltezeit von nur 2–3 Minuten ihre Fahrtrichtung. Am Rande der Hauptverkehrszeit werden die Züge innerhalb dieses Zeitfensters sogar gestärkt bzw. geschwächt. Es wird eine Lösung unter Nutzung von Wendezugstraßen und Ne 14-Zwischensignalen empfohlen. Dies ermöglicht neben dem Wenden, Stärken und Schwächen auch ein schnelles Nachfahren von Zügen derselben Fahrtrichtung.
- Rangieren: In Betriebsstellen mit planmäßigen Rangiertätigkeiten soll Rangieren zukünftig unter ETCS-Führung mit dafür geeigneten Betriebsarten wie FS oder OS stattfinden. Auf Lichtperrsignale (Ls) wird verzichtet.
- Dispositive Zufahrtssicherung: In Abstimmung mit der S-Bahn München wurden Regeln aufgestellt, anhand derer für jede Zulaufstrecke zu den Stammstrecken der Ort eines Prüfabschnitts vorgeschlagen wurde. Der Ort wurde so gewählt, dass ein nicht in ETCS aufgenommener Zug noch rechtzeitig umgeleitet oder ausgesetzt werden kann.
- Türen öffnen und freigeben: Dies kann an den Bahnsteigen mithilfe von ETCS und Automatic Train Operation (ATO) automatisiert werden und spart dadurch weitere, wertvolle Sekunden im Betriebsablauf.
- Türen schließen: Nach Abwägung der Vor- und Nachteile wurde empfohlen, die heutigen manuellen Verfahren wie das Zwangsschließen zu belassen.
- Abfertigung mit örtlicher Aufsicht: Die meisten Bahnsteige der 1. SBSS sind mit örtlichen Aufsichten besetzt. Der Türschließ- und

## 1 Introduction

The objectives and tasks were established under the leadership of Vincent Mayer from the 2<sup>nd</sup> SBSS project, Christian Bielchen for the existing network and Dennis Honstein for the Munich S-Bahn and were coordinated with the Free State of Bavaria and the BEG (Bavarian Federal Railways Association). Deutsche Bahn AG's (DB) "Digitale Schiene Deutschland" and other internal departments for operations analysis and radio network strategy were also involved. A consortium consisting of NEXTRAIL, quattron and ISB Rhein-Main was integrated as an external partner. There were many partners and stakeholders, but one common goal: how can ETCS be implemented in the S-Bahn system in the greater Munich area?

The tasks were structured into several work packages:

- the operating-technical target (BTZ)
- the radio network
- capacity / operating quality
- ETCS planning (the basic investigations and preliminary design)
- migration (trackside and rolling stock).

These work packages are explained below.

## 2 The operating-technical target (BTZ)

The BTZ work package examined the specific characteristics of the Munich S-Bahn, any new requirements and the need for any adjustments, while additions to the existing requirements were also developed. The DB InfraGO AG BTZ was reviewed for this purpose and compared with the operating and technical requirements of the Munich S-Bahn. Furthermore, the TSI 2023, which came into force during the project, was also examined with regard to its impact. Results from previous studies undertaken for the Stuttgart S-Bahn as part of the Stuttgart Digital Node (DKS) project were likewise incorporated. Reference is made here to a number of previously published studies and articles, including [2, 3, 4].

The most important additional requirements can be briefly summarised as follows:

- Changing directions, coupling and separating train sets at Ostbahnhof: the S-Bahn's S3 and S5 lines change direction there with a dwell time of only 2–3 minutes. The train sets are even coupled or separated within this time window at the edge of rush hour. A solution using push-pull routes and intermediate ETCS stop markers is recommended. This allows for the reversing, coupling and separation of the train sets, as well as the fast follow-up of trains with the same direction.
- Shunting: in the future, shunting will be carried out at stations with scheduled shunting activities under ETCS control, while using suitable operating modes such as FS or OS. Colour-light shunting signals (Ls) will be omitted.
- Dispositive access control: rules were established in coordination with the Munich S-Bahn based on which trigger section location had been proposed for each approach line to the main lines. The location was chosen so that any train not controlled by ETCS can still be diverted or stopped in time.
- Opening and releasing the doors: this can be automated at the platforms using ETCS and Automatic Train Operation (ATO), thus saving further valuable seconds in operations.
- Closing the doors: after weighing the advantages and disadvantages, it was recommended that the current manual procedures such as forced door closing be retained.

Abfahrtraum erfolgt mittels Zp9/Zp10. Aufgrund der teils schlechten Einsehbarkeit und der Praxis des Zwangsschließens wurde empfohlen, auch dieses Verfahren unangetastet zu belassen.

- ATO-Präzisionshalt (Haltegenauigkeit): Die für die 1. und 2. SBSS notwendige Haltegenauigkeit wurde untersucht mit dem Ergebnis, dass die bereits für DKS festgelegten Haltegenauigkeiten ausreichend sind. Die Planungsvorgaben für ATO-Präzisionsstop-Balisen werden aus DKS übernommen.
- Reduzierung der Balisen: Um den „Balisenteppich“ insbesondere an Bahnsteigen zu reduzieren, wurde das aktuelle Planungsregelwerk untersucht, wurden Erfahrungen aus DKS gesammelt und Handlungsempfehlungen zur Fortschreibung des Regelwerks erarbeitet.

### 3 Untersuchung Funk

Mit der Einführung von ETCS Level 2 ohne Signale (ETCS L2oS) und ATO steigt der Bedarf an ein stabiles und leistungsfähiges Bahnfunknetz, insbesondere für die hohe Zugdichte im Bereich der Stammstrecken und Zulaufstrecken.

Lösungen mit der GSM-R-Basisinfrastruktur zeigen deutliche Kapazitätsgrenzen. Die Kanalkapazitäten für ETCS-geführte Züge und die benötigte Datenübertragung für ATO können nicht bereitgestellt werden. Im Störfall kann die erheblich steigende Zugdichte pro Funkzelle die Betriebsstabilität gefährden.

Die Untersuchung Funk kam zu folgenden Ergebnissen:

- Redundante Funknetzplanungen: Besonders wichtige Bereiche wie Tunnelstrecken sollen durch Konzepte wie Schlitzkabel-Systeme abgedeckt werden. Generell sollten die Funkzellen überlappend angeordnet werden. Das führt zu einer Verdopplung der Funkstandorte.
- Optimierung der Zellplanung: Kleinzellige Dimensionierung der Funkzellen im Citybereich, wofür zusätzliche Funkstandorte geschaffen werden müssen.
- FRMCS als Technologie der Zukunft: Die Migration auf FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) liefert eine langfristige Lösung für die geschilderten Probleme. Diese auf 5G basierende Funktechnologie wird jedoch erst Anfang bis Mitte der 2030er Jahre zur Verfügung stehen. Daher wurden auch Zwischenlösungen gesucht.
- Erweiterung des GSM-R-Frequenzspektrums um das E-Band: Dies erlaubt eine temporäre Lösung zur Steigerung der Kapazitäten bis zur Umsetzung von FRMCS.
- Einsatz von GPRS (Packet Switched, PS): Besonders in den Knoten Pasing und München-Ost würden auch die bereits erwähnten Maßnahmen an ihre Grenzen stoßen. Dort ist der Einsatz von GPRS sinnvoll. Zudem ermöglicht GPRS die Schlüsselübertragungen für ETCS L2, bei einer S-Bahn Flotte von ca. 250 Fahrzeugen eine willkommene Komfortfunktion.
- Temporäre Nutzung eines öffentlichen Mobilfunknetzes für die ATO.

Fazit: Die Weichen für FRMCS im Knoten München müssen rechtzeitig gestellt werden. Für die ersten Maßnahmen inkl. der Ausrüstung der 1. SBSS sind jedoch die erwähnten Übergangslösungen unverzichtbar.

### 4 Kapazität / Betriebsqualität

Um Rückschlüsse auf die Erreichung der Ziele des Gesamtprojekts zu ziehen, werden mittels einer Eisenbahnwissenschaftlichen Untersuchung (EBWU) Kennwerte zur Kapazität und Stabilität des Bahnbetriebs ermittelt. Die Methodik umfasst Fahrplankonstruktion, Er-

- Train dispatch by local supervisors: most platforms on the 1<sup>st</sup> SBSS are staffed by local supervisors. The door closing and departure orders are issued using Zp9/Zp10 signals. Due to the often poor visibility and the practice of forced door closing, it was recommended that this procedure be left untouched.
- ATO precision stop (stopping accuracy): the stopping accuracy required for the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> SBSS was examined with the result that the stopping accuracies already specified for DKS are sufficient. The design specifications for ATO precision-stop Eurobalises can be adopted from DKS.
- The reduction of Eurobalises: the current design regulations have been examined, experience has been gathered from DKS and recommendations for updating the design regulations have been developed in order to reduce the “Eurobalise carpet”, especially in the platform areas.

### 3 The radio network

The introduction of ETCS Level 2 without Signals (L2oS) and ATO means that the need for a stable and high-performance railway radio network is increasing, especially given the high train density on the main and feeder lines.

Solutions using the GSM-R basic infrastructure have clearly shown capacity limitations. The channel capacities for ETCS-controlled trains and the required data transmission for ATO cannot be provided. In the event of any disturbed operations, the significantly increased train density per radio cell can jeopardise operational stability.

The radio study came to the following results:

- Redundant radio network planning: particularly important areas such as tunnels should be covered with concepts such as leaky-feeder cable systems. In general, the radio cells should be arranged in an overlapping manner. This leads to a doubling of the number of base stations.
- Optimising cell planning: the small-cell dimensioning of radio cells in urban areas, which requires the creation of additional base stations.
- FRMCS as the technology of the future: migration to FRMCS (the Future Railway Mobile Communication System) provides a long-term solution to the described problems. However, this 5G-based radio technology will not be available until the early to mid-2030s. Therefore, interim solutions were also looked for:
- Extending the GSM-R frequency spectrum to include the E band: this will allow a temporary solution to increase capacity until FRMCS has been implemented.
- The use of GPRS (Packet Switched, PS): the aforementioned measures would also especially reach their limits at the Pasing and Munich East Stations. The use of GPRS would therefore be beneficial. Furthermore, GPRS enables key transmissions for ETCS L2, a welcome convenience for an S-Bahn rolling stock fleet of approximately 250 vehicles.
- Temporary use of a public mobile network for ATO.

Conclusion: The FRMCS requirements in the Munich area must be met in a timely manner. However, the interim solutions are essential for the initial start of ETCS/ATO operations on the 1<sup>st</sup> SBSS.

### 4 Capacity / Operating quality

Key figures for the capacity and stability of rail operations are determined using an operational capacity analysis called EBWU in

mittlung von Mindestzugfolgezeiten und Betriebssimulationen. Als Werkzeug wird die Software LUKS eingesetzt. In einem mikroskopisch konstruierten Fahrplan wird der Kapazitätsverbrauch einer Trasse sperrzeitemäßig ermittelt. Sperrzeiten werden für alle Belegungselemente wie Weichen oder Blockabschnitte ermittelt. Die Beschreibung des Kapazitätsverbrauchs durch Sperrzeiten steht im Einklang zum gängigen Regelwerk der Deutschen Bahn AG (DB), das in der Fahrplankonstruktion eine behinderungsfreie Fahrt des Zuges ohne Beeinflussung durch andere Trassen unterstellt.

In mehreren Optimierungsschritten wurde eine Blockteilung erarbeitet, welche je Station sechs Blöcke zwischen Einfahr- und Ausfahr-Ne 14 vorsieht. Es wird die Positionierung eines zusätzlichen Blockkennzeichens (BK) hinter jedem Ne 14 hinter dem Halt auf dem Regelgleis empfohlen. Durch die Fortschaltung der Vorbelegung kann so eine fahrdynamische Behinderung bei Einfahrt in den Halt verhindert werden, da das Ende der Fahrerlaubnis dann an diesem zusätzlichen BK statt am Ne 14 liegt.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass kürzere Blocklängen als 51 m, insbesondere bei Beibehaltung der gleichen Anzahl an BK, kaum Einfluss auf die Zugfolgezeit bei behinderungsfreier Fahrt haben. Bei nicht-behinderungsfreier Fahrt zeigt sich, dass kürzere Blocklängen zu einer geringfügig geringeren Sekundärverspätung führen. Unter der Maxime der maximalen betrieblichen Leistungsfähigkeit kann auch der geringe messbare Nutzen insbesondere vor dem Hintergrund der Projektgesamtkosten ein zulässiges Argument sein. Daher empfiehlt sich dennoch das Fortfahren mit kürzeren Blocklängen. Da die Haltezeiten nach der Optimierung maßgeblich für die Mindestzugfolgezeit sind, sollten diese durch infrastrukturelle, fahrzeugtechnische und lenkende Maßnahmen in Bezug auf das Fahrverhalten möglichst kurzgehalten werden. Ebenso sind die Systemlaufzeiten so kurz wie möglich zu gestalten.

Bei der Berechnung der theoretischen Leistungsfähigkeit ergibt sich, dass ohne Reserve- und Pufferzeiten maximal 33 Züge pro Stunde in Richtung Ostbahnhof und 34 Züge pro Stunde in Richtung Laim mit den zugrundeliegenden Annahmen konstruierbar sind. Damit wird nachgewiesen, dass ETCS L2oS zusammen mit ATO Grade of Automation (GoA) 2 die Leistungsfähigkeit im Vergleich zum Status quo mit LZB steigert. Durch die Betrachtung verschiedener Ausrüstungsszenarien wird ersichtlich, dass auch die Streckenabschnitte zwischen Westkreuz und Laim sowie zwischen Ostbahnhof und Berg am Laim direkt mit ETCS L2oS und ATO ausgerüstet werden sollten. Auf der 2. SBSS sind in Richtung Leuchtenbergring 32 Zugfahrten, in Richtung Laim 33 Zugfahrten pro Stunde theoretisch konstruierbar. Die theoretische Leistungsfähigkeit beschreibt die theoretisch maximale Anzahl konstruierbarer Trassen auf Grundlage der Mindestzugfolgezeit und betrachtet weder Pufferzeiten noch Fahr- und Haltezeitreserven. Damit ist die theoretische Leistungsfähigkeit eine rudimentäre Kennzahl, die keine Aussage über die zu erwartende Betriebsqualität treffen kann, weil lediglich ein kritischer Block bei behinderungsfreier Fahrt die Mindestzugfolgezeit determiniert.

Im betrieblichen Störfall wird die Zugzahl aus der theoretischen Leistungsfähigkeitsbetrachtung nicht erreicht. Dies resultiert nicht aus der Leistungsfähigkeit der beiden SBSS, sondern aus Restriktionen aus dem Gesamtsystem, wie Zwangspunkten aus dem Betriebskonzept, das für den Regelbetrieb optimal ausgelegt ist. Die Untersuchungen ergaben, dass bei einem betrieblichen Ausfall einer SBSS etwa 60 % aller betroffenen Fahrten von der jeweils anderen SBSS aufgefangen werden können. Insbesondere werden mit der 2. SBSS die Flexibilität und der Spielraum für Verkehre im Störfall gegenüber dem Status quo deutlich erhöht.

Mit Betriebssimulationen des S-Bahn-Gesamtnetzes in verschiedenen Ausrüstungs- und Fahrplanszenarien wurde nachgewiesen,

order to prove the achievement of the overall project's objectives. The methodology includes timetable construction, determining the minimum headways and simulated operations. The LUKS software is used as a tool. The capacity consumption of a train journey is determined with precise occupation times in a microscopically constructed timetable. Occupation times are determined for all the occupancy elements such as points or block sections. The description of capacity consumption by occupation times is consistent with the standard DB regulations, which assume unobstructed train runs without any interference from other trains in the timetable construction.

A block division has been developed with six block sections per station between the entry and exit ETCS stop markers in several optimisation steps. The positioning of an additional location marker (BK) behind the ETCS stop marker for each platform track is recommended. Advancing the pre-allocation of the block sections means that any disruptions to a train's movement can be prevented when entering the platform, as the end of the Movement Authority then extends to this additional BK behind the ETCS stop marker.

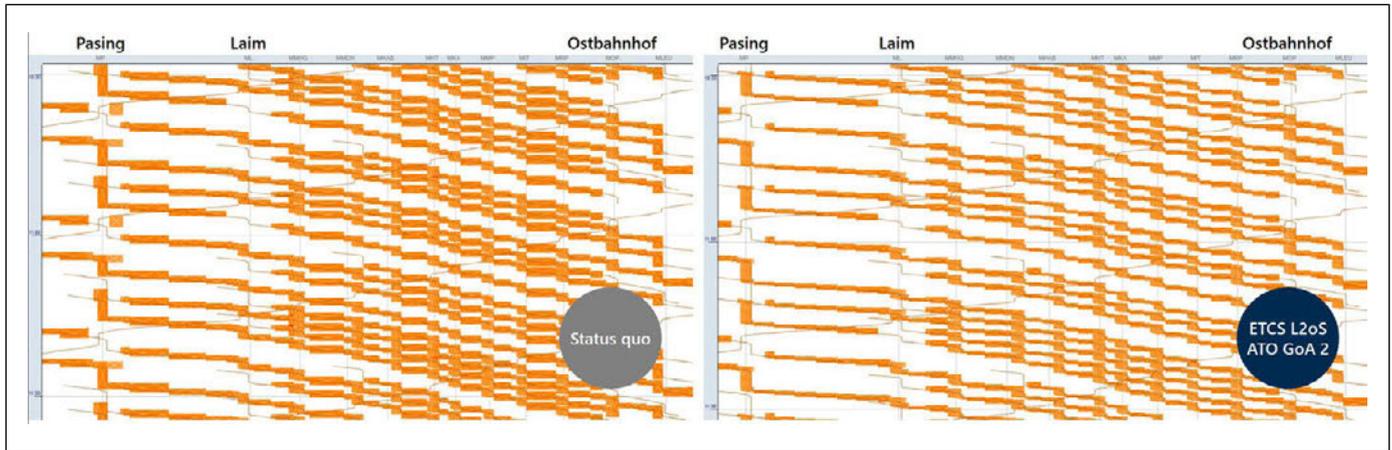
The study has shown that block section lengths of less than 51 m have little impact on the headway during undisrupted operations, especially when maintaining the same number of BKs. It has been shown that shorter block section lengths lead to a slightly lower secondary delay for normal operations. However, this poorly measurable benefit might be beneficial in achieving maximum operating efficiency, especially when considering the overall project costs. Therefore, continuing with shorter block section lengths is recommended. Since the dwell times are crucial for the minimum headway after optimisation, they should be kept as short as possible using infrastructure, rolling stock and guidance measures related to passenger behaviour. System runtimes should also be kept as short as possible.

Calculating the theoretical capacity shows that a maximum of 33 trains per hour can be constructed in the direction of Ostbahnhof and 34 trains per hour in the direction of Laim with the underlying assumptions and without any reserve or buffer times. This demonstrates that ETCS L2oS combined with ATO Grade of Automation (GoA) 2 increases capacity compared to the status quo with LZB. When considering various signalling solution scenarios, it becomes clear that the sections between Westkreuz and Laim, as well as those between Ostbahnhof and Berg am Laim, should also be equipped with ETCS L2oS and ATO.

On the 2<sup>nd</sup> SBSS, 32 train movements per hour are theoretically possible in the direction of Leuchtenbergring and 33 train movements in the direction of Laim.

The theoretical capacity describes the theoretically maximum number of constructible train journeys based on the minimum headway and does not consider any buffer times or running and dwell time reserves. The theoretical capacity is therefore a rudimentary indicator that cannot provide any information about the expected operating quality, because only one critical block determines the minimum headway during uninterrupted operations.

The number of trains specified in the theoretical capacity assessment will not be achieved in the event of an operational disruption. This is not due to the performance of the two SBSS, but rather to the restrictions in the overall system, such as constraints from the operating concept, which is optimally designed for regular operations. The studies have shown that approximately 60 % of all affected train journeys can be rerouted via the other SBSS in the event of an operational failure on one SBSS. Consequently, the second SBSS significantly increases the service flexibility and quality in the event of a disruption when compared to the status quo.



**Bild 2: Kürzere Belegungszeiten durch ETCS-Blockoptimierung und ATO (rechts) im Vergleich zum Status quo (links)**

Fig. 2: Shorter occupancy times due to ETCS and ATO with optimised block sections (right) compared to the status quo (left)

Quelle / Source: [5]

dass die Betriebsqualität mit ETCS und ATO nicht schlechter wird und trotz Angebotsmehrung steigt. Die Ergebnisse zeigen, dass eine klare Notwendigkeit besteht, für eine maximale Leistungsfähigkeit zu projektieren (Bild 2).

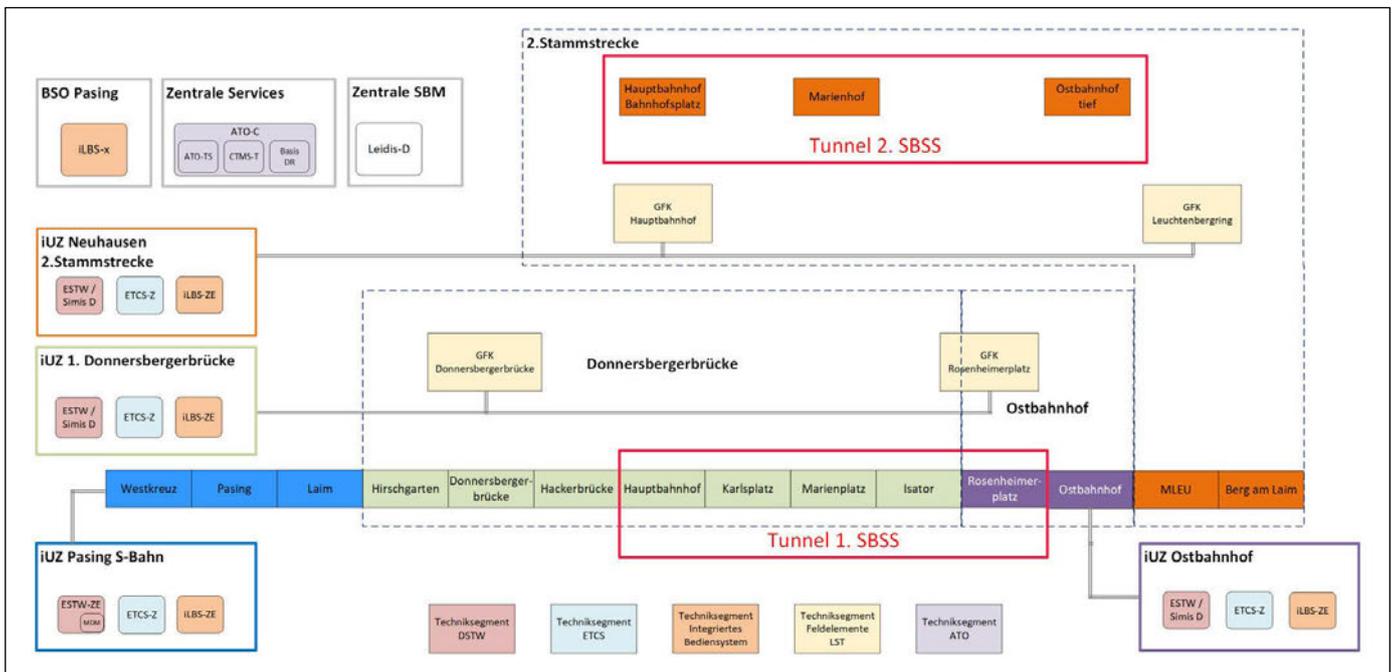
**5 ETCS-Planung**

Die zur Erneuerung anstehende Leit- und Sicherungstechnik (LST) der 1. SBSS erstreckt sich von München-Westkreuz bis München-Berg am Laim / München-Giesing. Der Planungsraum musste bis weit in alle Zulaufstrecken hinein vergrößert werden, um die bereits im Kapitel BTZ erwähnte dispositive Zufahrtsicherung für den ETCS-Einstieg zu gewährleisten. Die sichere Aufnahme in ETCS vor der Einfahrt in die 1. SBSS ist zwingend zu gewährleisten. Der Tunnel der ersten Stammstrecke in München ist in zwei Strecken (5540, 5550) aufgeteilt.

Operating simulations of the entire S-Bahn network in various signalling solution and timetable scenarios have demonstrated that the operating quality does not deteriorate with ETCS and ATO despite the increased number of train runs; on the contrary, it will increase. The results have shown that there is a clear need to plan for maximum performance (fig. 2).

**5 ETCS planning**

The control command and signalling systems (CCS) on the 1<sup>st</sup> SBSS are due for renewal. The planning area is limited to the section between Munich-Westkreuz and Munich-Berg am Laim / Munich-Giesing. The area has had to be expanded deep into all the feeder lines so as to ensure the dispositive access control, as already mentioned in the BTZ chapter. The safe transition to ETCS before entering the 1<sup>st</sup> SBSS is mandatory.



**Bild 3: Skizze des Steuerkonzepts 1. und 2. SBSS**

Fig. 3: The draft concept for the signalling control of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> SBSS

Quelle / Source: [5]

In der Grundlagenermittlung wurden die Istbestände der Stellwerks-techniken des Streckenabschnittes der 1. SBSS aufgenommen. Dabei ist die Inbetriebnahme (IBN) ESTW München Ost vorausgesetzt (Bild 3). Die Vorplanungen zu Digitalem Stellwerk (DSTW) und ETCS L2 sind eng verbunden mit den Ergebnissen und Festlegungen aus der EBWU und den technischen Anforderungen für DSTW, ETCS und ATO. Aus betrieblicher Sicht wird im Zuge der Umstellung auf die neue Technik die 1. SBSS zwischen Hackerbrücke und Isartor zum „Bahnhof München 1. Stammstrecke“.

Um einen sicheren Betrieb unter ETCS L2oS zu gewährleisten, muss der ETCS-Einstieg bereits im Bahnhof Pasing erfolgen. Aufgrund der Schnittstellen zum Fernbahnnetz in Pasing ist lediglich die Umstellung auf ETCS Level 2 mit Signalen (L2mS) möglich. Im Streckenabschnitt nach Laim erfolgt der Übergang nach ETCS L2oS.

An der Donnersbergerbrücke entsteht, durch die kurzen Abstände zum Hauptbahnhof München, das Erfordernis, für den verkehrenden Regionalverkehr Lichtsignale mit PZB-Ausrüstung und damit ETCS L2mS zu planen.

Folgende Steuerkonzepte wurden dem Betrieb empfohlen:

DSTW:

- Neues DSTW Pasing S-Bahn mit dem Stellbereich Westkreuz, Pasing Gl. 5–8, Pasing – Laim sowie Laim
- DSTW Donnersbergerbrücke (hochgerüstetes Elektronisches Stellwerk (ESTW) Donnersbergerbrücke) mit dem Stellbereich Hirschgarten – Isartor (einschließlich)
- DSTW Neuhausen (hochgerüstetes ESTW Neuhausen) mit dem Stellbereich Laim (ausschließlich) – 2. SBSS – Leuchtenbergring – Berg am Laim
- DSTW München-Ost S-Bahn (hochgerüstetes ESTW MOPX) mit dem Stellbereich Rosenheimer Platz (einschließlich) – Ostbahnhof – Wendeanlage

ETCS:

- Das derzeit gültige Regelwerk der DB erfordert eine 1:1-Beziehung Stellwerk zu ETCS-Zentrale (ETCS-Z): Pro DSTW wird eine ETCS-Z realisiert, mit korrespondierendem Stellbereich.
- Eine ursprünglich geplante Längstrennung in Laim und Leuchtenbergring musste verworfen werden, da das derzeit gültige Regelwerk der DB dies in ETCS aktuell nicht zulässt.

iLBS:

- Gemäß der aktuellen Planung der DB InfraGO AG wird die 1. und 2. SBSS von dem Betriebsstandort (BSO) in Pasing aus bedient. Insbesondere im Störfall ist dies von großem Vorteil, wenn die beteiligten Fahrdienstleiter und Disponenten nebeneinander sitzen.
- Das Konzept des integrierten Leit- und Bediensystems (iLBS) sieht im Falle des Ausfalls einer BSO vor, dass die Bedienung von Reservebedienplätzen in einer anderen BSO übernommen wird.

## 6 Migration

Bei der Migration muss zwischen Strecke und Fahrzeugen unterschieden werden.

### 6.1 Migrationskonzept Strecke

Für das Migrationskonzept wurde ein iterativer Prozess durchlaufen. Es mussten verschiedene Faktoren einbezogen werden, darunter korrespondierende Projekte, die Verfügbarkeit von FRMCS, Rolloutszenarien für Fahrzeuge, der DSD-Rollout, Bau- und Sperrzeiten, unterschiedliche Bestands-Stellwerksbauformen, betriebliche Anforderungen sowie die Sicherstellung der Leistungsfähigkeit während der Bauphasen im verkehrsintensiven Münchener Knoten.

The tunnel on the 1<sup>st</sup> SBSS in Munich is divided into two sections (5540, 5550).

The basic investigation included the current status of the interlocking systems for the section on the 1<sup>st</sup> SBSS. The commissioning of the Munich East station interlocking system is a prerequisite for this (fig. 3).

The preliminary digital interlocking (DSTW) and ETCS L2 design is closely linked to the results and outputs from the EBWU and the technical requirements for DSTW, ETCS and ATO. From an operational perspective, the 1<sup>st</sup> SBSS between Hackerbrücke and Isartor will become the “Munich 1<sup>st</sup>-SBSS Station” as part of the transition to the new technology.

The transition to ETCS must occur at the Pasing Station in order to ensure safe operations under ETCS L2oS. The interfaces to the long-distance rail network in Pasing mean that only a conversion to ETCS Level 2 with signals (L2mS) is possible. The transition from ETCS L2 to ETCS L2oS will take place on the section between Pasing and Laim.

At Donnersbergerbrücke Station, the short distance to the Munich Central Station requires the planning of coloured light signals with PZB and thus ETCS L2mS for the operation of non-ETCS fitted regional train sets.

The following signalling control concepts have been recommended: DSTW:

- A new Pasing S-Bahn digital interlocking (DSTW) controlling the Westkreuz Station, Pasing Station tracks 5–8, the Pasing – Laim section and Laim Station
- The Donnersbergerbrücke DSTW (an upgrade to the Donnersbergerbrücke electronic interlocking (ESTW)) controlling the Hirschgarten – Isartor section
- The Neuhausen DSTW (an upgrade to the Neuhausen ESTW) controlling the 2<sup>nd</sup> SBSS as well as the Leuchtenbergring and Berg am Laim Stations
- The Munich East S-Bahn DSTW (an upgrade to the MOPX ESTW) controlling the Rosenheimer Platz and Munich East Stations, including the turnaround tracks

ETCS:

- The currently valid DB regulations require a 1:1 relationship between the interlocking (ESTW/DSTW) and the RBC: one RBC will be implemented for each DSTW with a corresponding area of control.
- An originally planned longitudinal separation at Laim and Leuchtenbergring Stations has had to be abandoned, because the current DB regulations do not allow this in ETCS.

iLBS:

- According to DB InfraGO AG's current planning, the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> SBSS will be operated from the centralised traffic control centre (BSO) in Pasing. It is an advantage that the train controllers and dispatchers will be sitting next to each other at one location in the event of any disrupted operations.
- The integrated control and operating system (iLBS) concept provides for the operation of stations in another BSO in the event of a BSO failure.

## 6 Migration

A distinction must be made between the trackside and the rolling stock with regard to migration.

### 6.1 The trackside migration concept

This migration concept has been developed in an iterative process. Various factors had to be considered, including corre-



**Bild 4: Migration der 1. SBSS in sechs Stufen**

Fig. 4: The migration of the 1<sup>st</sup> SBSS in six stages

Quelle / Source: [5]

Ein besonderes Augenmerk lag auf den Einfädungspunkten der Stammstrecke, insbesondere der Knotenbereiche Pasing, Laim und Ostbahnhof. In mehreren Migrationsvarianten wurden verschiedene Optionen analysiert, wobei Faktoren wie unterschiedliche Verkehrsträger, Kapazitätserweiterung, das Zielbild DSD, Wirtschaftlichkeit und Störfallszenarien berücksichtigt wurden.

Die Vorzugsvariante umfasst ein sechsstufiges Migrationskonzept (Bild 4):

Stufe 1 Pilotstrecke Haar – Grafring: Um die reibungslose Betriebsaufnahme von ETCS und ATO zu gewährleisten, ist vor der eigentlichen Implementierung der Stammstrecke eine Pilotstrecke in Betrieb zu nehmen. Sie dient unter anderem der umfassenden Schulung des Instandhaltungs- und Betriebspersonals, inklusive fast 800 Triebfahrzeugführer, der Betriebs- und Regelwerkserprobung sowie den Integrationstests der Fahrzeuge.

Als Pilotstrecke wird die Strecke 5555 Haar – Grafring empfohlen, da hier ein laufendes Generalsanierungsprojekt die parallel verlaufende Strecke 5510 mit einem neuen ESTW und ETCS L2mS ausrüstet.

Stufe 2 Westkreuz – Pasing: Ein neues, separates DSTW nur für den S-Bahn-Bereich (Gleise 5–8) stellt sicher, dass der restliche Verkehr im Bf. Pasing weiterhin signalgeführt mit PZB fahren kann. Die Ausrüstung des Bereichs Westkreuz – Pasing erfolgt übergangsweise mit ETCS L2mS.

Stufe 3 Pasing – Hackerbrücke: Die abgängige LZB-Technik auf der 1. SBSS geht außer Betrieb und wird auf dem ca. 8 km langen Abschnitt zwischen Pasing und Hackerbrücke durch ETCS L2oS / ATO ersetzt.

Stufe 4 Hackerbrücke – Tunnel 1. SBSS – Ostbahnhof: In dieser Stufe wird empfohlen, den Tunnel im Rahmen einer Vollsperrung vollständig zu erneuern, einschließlich Oberbau, Fahrleitung, Telekom und LST. Im Zuge dieser Maßnahme erfolgt die Ausrüstung des ca. 4 km langen Abschnitts mit DSTW, ETCS L2oS und ATO.

Stufe 5 Ostbahnhof – Berg am Laim: Das ESTW München Ost wird zu einem DSTW hochgerüstet und mit ETCS L2oS / ATO ausgestattet. Die Maßnahmen werden eng mit den Spurplanumbauten für die Einbindung der 2. SBSS verknüpft. Der angrenzende Haltepunkt Rosenheimer Platz wird zur Vermeidung mehrerer ETCS-Z-Übergänge auf der 1. SBSS in den Bahnhof München-Ost integriert.

responding projects, the availability of FRMCS, the rollout scenarios for rolling stock, the DSD rollout, the construction and track possession periods, the different existing interlocking designs and the operating requirements, as well as ensuring operations during the construction phases on the traffic-intensive Munich rail network.

Particular attention has been paid to the stations where the feeder lines merge, particularly the Pasing, Laim and Munich East Stations. Various options were analysed in several migration variants, while considering factors such as different train operators, capacity enhancement, the DSD target, cost-effectiveness and degraded operating scenarios.

The preferred migration option comprises a six-stage migration concept (fig. 4):

Stage 1 – the Haar – Grafring Pilot Line: a pilot line must be commissioned before the actual implementation on the 1<sup>st</sup> SBSS in order to ensure a smooth migration to ETCS and ATO. This supports comprehensive training for the maintenance and operating staff, including nearly 800 train drivers, trial operations and the ETCS / ATO on-board unit integration tests.

The 5555 Haar – Grafring Line is recommended as the pilot line, as an ongoing reconstruction project is equipping the parallel 5510 line with a new ESTW system and ETCS L2mS.

Stage 2 – Westkreuz – Pasing: A new, separate DSTW for the S-Bahn area (tracks 5–8 only) will ensure that the rest of the traffic at the Pasing Station can continue to operate with colour-light signals and controlled by PZB. The Westkreuz – Pasing section will be temporarily equipped with ETCS L2mS.

Stage 3 – Pasing – Hackerbrücke: The obsolete LZB train control technology on the 1<sup>st</sup> SBSS will be decommissioned and replaced with ETCS L2oS / ATO on the approximately 8-kilometre-long section between Pasing and Hackerbrücke.

Stage 4 – Hackerbrücke – the tunnel on the 1<sup>st</sup> SBSS – Munich East: the recommendation is to completely renew the tunnel in this stage as part of a full-closure track possession, including the renewal of the superstructure, the catenary, the telecoms and the signalling system. The approximately 4-kilometre-long section will be equipped with DSTW, ETCS L2oS and ATO as part of this measure.

Stufe 6 Tunnel 2. SBSS: Als letzte Migrationsstufe erfolgt die IBN der 2. SBSS. Deren Steuerung erfolgt durch das neue ESTW Neuhausen. Die 2. SBSS geht von vornherein mit ETCS L2oS/ATO in Betrieb.

### 6.2 Migrationskonzept Fahrzeuge

Mit der geplanten Einführung von ETCS und ATO werden nicht nur hohe Anforderungen an die Infrastruktur gestellt. Die Fahrzeugflotte der S-Bahn München muss umgerüstet bzw. teilweise ersetzt werden, wodurch Fragen der Finanzierung sowie des Engineerings und der Logistik in den Fokus rücken.

Aktuell besteht die Fahrzeugflotte der S-Bahn München aus den Baureihen (BR) 420, 423 und 424. Während die BR 420 und BR 424 in der ETCS-Planung keine Rolle mehr spielen, ist die BR 423 mit derzeit 237 Fahrzeugen das Rückgrat des Betriebs. Sie wird auch nach Beginn der Auslieferung der Neufahrzeuge weiter im Einsatz sein.

Der Zulauf der zunächst 90 neuen, 202 m langen und komplett durchgängigen Züge der BR 1420 erfolgt im Zeitraum 2028–2032. Sie werden mit ETCS und ATO ausgeliefert und bereits hardwareseitig für FRMCS vorbereitet.

Da im Münchner Netz an einzelnen Linienabschnitten weiterhin Bahnhöfe mit Bahnsteiglängen von 140 m existieren sowie einige Linien im Flügelkonzept verkehren, können die betroffenen Linien nicht von den Neufahrzeugen bedient werden. Für den Betrieb nach Zulauf der BR 1420 wird für diese Linien daher eine Anzahl von ca. 70–100 Fahrzeugen der BR 423 weiterhin erforderlich sein.

Stage 5 – Munich East – Berg am Laim: the Munich East ESTW system will be upgraded to a DSTW and equipped with ETCS L2oS/ATO. These measures will be closely linked to the track layout upgrade work for the integration of the 2<sup>nd</sup> SBSS. The adjacent Rosenheimer Platz stop will be integrated into the Munich East Station in order to avoid multiple radio block centre (RBC) transitions on the 1<sup>st</sup> SBSS.

Stage 6 – the tunnel on the 2<sup>nd</sup> SBSS: the final migration stage will involve the commissioning of the 2<sup>nd</sup> SBSS. It will be controlled by the new “Neuhausen” ETCS system. The 2<sup>nd</sup> SBSS will be commissioned with ETCS L2oS/ATO from the beginning.

### 6.2 Migration concept for the rolling stock fleet

The planned introduction of ETCS and ATO will not only challenge the infrastructure. The Munich S-Bahn’s rolling stock fleet will also have to be retrofitted or partially replaced, thereby bringing into focus the issues of financing, engineering, and logistics.

The Munich S-Bahn’s fleet of rolling stock currently consists of the 420, 423, and 424 series. While the 420 and 424 series no longer play a role in the ETCS planning, the 423 series, currently with 237 train sets, constitutes the backbone of operations. It will continue to be in service even once the delivery of the new train sets has started.

The initial 90 new, 202-metre-long and fully integrated series 1420 trains will arrive between 2028 and 2032. They will come

# WDF WAYSIDE DIGITALISATION FORUM

2025 15-17 October 2025 | Vienna, Austria

## WHAT AWAITS YOU

- Inspiring keynote speeches
- Inputs on digital signalling for high performance railways
- Future-proof concepts for controlling of field objects
- How to tackle challenges in operating a digital signalling system
- Sharing experiences and expectations on OCs based on EULYNX
- Data acquisition, monitoring and predictive maintenance in digital signalling
- News on intelligent wayside objects transforming signalling



**FIND OUT MORE!**

Be part of the conversation  
to shape tomorrow's railways!

[www.wdfvienna.com](http://www.wdfvienna.com)

Ein Ziel im Gesamtkonzept der Migration ist es, nur jene Fahrzeuge umzurüsten, die nach dem vollständigen Zulauf der BR 1420 weiter gebraucht werden.

Die Migration der Fahrzeugflotte bringt technische, finanzielle und betriebliche Herausforderungen mit sich. Eine der größten Aufgaben besteht in der Logistik der rechtzeitigen Schulung der Triebfahrzeugführer (Tf). Insgesamt müssen etwa 800 Lokführer auf ETCS und ATO geschult werden. Dies ist ein komplexer und zeitaufwendiger Prozess, da die für die Ausbildung vorgesehenen Tf zeitweise im regulären Betrieb fehlen. Dieser Prozess muss parallel zum Zulauf der Neufahrzeuge sowie zu einem erhöhten Bauaufkommen im gesamten Münchner S-Bahn-Netz bewältigt werden. Abhilfe schafft dabei die bereits erwähnte Pilotstrecke Haar – Grafing. Auf dieser wird es auch möglich sein, im täglichen Regelbetrieb Betriebserfahrungen zu sammeln sowie die erworbenen Lizenzen bis zur IBN von ETCS / ATO auf der 1. SBSS zu erhalten.

## 7 Zusammenfassung

Die Untersuchung und ETCS-Planung 1. und 2. SBSS S-Bahn München hat erfolgreich die zentralen Fragen bezüglich der LST-Systemauslegung und der theoretischen Leistungsfähigkeit der 1. und 2. SBSS beantwortet und den optimalen Migrationspfad aufgezeigt. In den kommenden Projektphasen gilt es nun, diese herausfordernde Maßnahme in die Realität umzusetzen. ■

### AUTOREN | AUTHORS

#### Uwe Wendland

Systemingenieur / System Engineer  
Nextrail Austria GmbH  
Anschrift / Address: Marxergasse 1b/TOP5, A-1030 Wien  
E-Mail: uwe.wendland@nextrail.com

#### Daniel Meurer

Verkehringenieur, Senior Experte / Transport Engineer, Senior Expert  
quattron GmbH  
Anschrift / Address: Römerstraße 50, D-52064 Aachen  
E-Mail: daniel.meurer@quattron.com

#### Christian Bielchen

Infrastrukturplaner / Infrastructure Planner  
DB InfraGO AG  
Anschrift / Address: Landshuter Allee 4, D-80637 München  
E-Mail: christian.bielchen@deutschebahn.com

#### Vincent Mayer

Teamleiter TK / Team Leader TK  
Großprojekt 2. S-Bahn-Stammstrecke München /  
Major project 2<sup>nd</sup> "Stammstrecke" at the Munich S-Bahn  
DB InfraGO AG  
Anschrift / Address: Arnulfstraße 25-27, D-80335 München  
E-Mail: vincent.mayer@deutschebahn.com

#### Dennis Honstein

Referent Produktion S-Bahn München / Production Manager S-Bahn Munich  
DB Regio AG  
Anschrift / Address: Orleansstraße 56, D-81667 München  
E-Mail: dennis.honstein@deutschebahn.com

#### Peter Schließmann

Geschäftsführer / Managing Director  
ISB Rhein-Main GmbH  
Anschrift / Address: Strahlenberger Weg 6, D-60599 Frankfurt a. M.  
E-Mail: peter.schliessmann@isb-rm.de

with ETCS and ATO and their hardware will already be prepared for FRMCS.

The affected lines cannot be served by the new series of train sets since some sections of the Munich network still have stations with platform lengths of 140 metres and some lines operate using the wing concept. Approximately 70–100 train sets from the 423 series will continue to be required for these lines after the arrival of the 1420 series. One goal of the overall migration concept is to only convert those train sets that will continue to be needed after the full arrival of the 1420 series.

The migration of the rolling stock fleet has technical, financial and operational challenges. One of the biggest challenges involves the logistics of providing timely training to the train drivers. A total of approximately 800 train drivers must be trained in ETCS and ATO. This is a complex and time-consuming process, as the train drivers designated for training are temporarily absent from regular operations. This process will have to be managed in parallel with the arrival of the new train sets and an increased volume of construction work across the entire Munich S-Bahn network. The Haar – Grafing pilot line will provide a solution. It will also make it possible to gain operating experience in regular daily operations and maintain the acquired licenses until ETCS/ATO is commissioned on the 1<sup>st</sup> SBSS.

## 7 Summary

The feasibility study and ETCS design for the Munich S-Bahn's 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> SBSS have successfully answered the key questions regarding the signalling system design and the theoretical performance of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> SBSS and have identified the optimal migration path. The next project phases will now focus on implementing this challenging measure in practice. ■

### LITERATUR | LITERATURE

- [1] ARGE Bahnausbau Region München, [https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/vum/schiene/bahnausbau-m\\_u31\\_bericht\\_final.pdf](https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/vum/schiene/bahnausbau-m_u31_bericht_final.pdf), 2023
- [2] Abschlussbericht – Grundlagenermittlung und technische Machbarkeitsuntersuchung (für die Ausrüstung der S-Bahn Hamburg mit DSTW, ETCS und ATO), NEXTRAIL/quattron/VIA-Con, v2.0, 27.04.2021
- [3] Achilles, A.; Azarfar, B.; Beyer, M.; Lehmann, F.; Lies, R.; Schleede, M.; Trenchel, D.; Wanstrath, S.: Digitalisierung der S-Bahn-Stammstrecke Stuttgart (Teil 1), SIGNAL+DRAHT 09/2023
- [4] Büttner, M.; Celik, M.; Kümmling, M.; Lübs, J.; Seeger, P.; Testa, M.-A.; Vens, M.; Wallberg, S.: Digitalisierung der S-Bahn-Stammstrecke Stuttgart (Teil 2), SIGNAL+DRAHT 12/2023
- [5] DB InfraGO AG, Planung ETCS/ATO 1. und 2. S-Bahn-Stammstrecke München, Endbericht, 2024

# ETCS-Projekte an Landesgrenzen: Erfolgsfaktoren für die Zusammenarbeit

## ETCS projects at national borders: success factors for co-operation

Lars Brune | Verena Grübert

Die Einführung des European Train Control System (ETCS) bildet eine Basis für den „Einheitlichen Europäischen Eisenbahnraum“ [1]. Vor allem an Landesgrenzen soll ETCS eine Systemkompatibilität erreichen und einen modernen, interoperablen Eisenbahnbetrieb ermöglichen. In der Praxis erweisen sich die grenzüberschreitende Planung und Umsetzung bislang als komplex. Technische und betriebliche Herausforderungen treffen auf interkulturelle Differenzen und administrativen Abstimmungsbedarf, was jedem Projekt individuelle Aufmerksamkeit abverlangt. Die Zusammenarbeit erfordert innovative Ansätze und die Überwindung struktureller wie kultureller Hürden.

### 1 Herausforderung

Obwohl Grenzbetriebsstrecken die Schlüsselstellen für die Interoperabilität des Gesamtsystem ETCS ausmachen, sind derzeit in Europa erst 15 von 214 (7 %) Grenzbetriebsstrecken beidseitig mit ETCS ausgerüstet [2]. Die Gründe für die zögerliche Umsetzung wurden von den Autoren in persönlichen Gesprächen und Interviews mit internationalen und nationalen Stakeholdern der DB InfraGO AG diskutiert. Sie lassen sich fünf Kategorien zuordnen, die nachfolgend ausgeführt werden.

#### 1.1 Traditionelle Ausrüstungsstrategien müssen erweitert werden

Bereits 2017 hat der Europäische Rechnungshof die geringe Anzahl der beidseitig mit ETCS ausgerüsteten Grenzbetriebsstrecken bemängelt und schreibt: „... die im neu angenommenen EDP (European Deployment Plan) festgelegte geplante Einführung wird dadurch beeinträchtigt, dass die zeitliche Abstimmung zwischen den Mitgliedstaaten bezüglich grenzüberschreitender Abschnitte zu wünschen übriglässt. Dies zeigt, dass die Mitgliedstaaten ihre Einführung gemäß ihren nationalen Erfordernissen planen, ungeachtet möglicher Verpflichtungen, die in Bezug auf EU-Prioritäten eingegangen wurden“ [3]. Ein Grund für die Zurückhaltung bei der ETCS-Ausrüstung von Landesgrenzen können demnach nationale Sichtweisen und Prioritätensetzung sein. Unsere Gesprächspartner und wir ordnen das wie folgt ein:

Infrastrukturen werden traditionell innerhalb nationaler Grenzen geplant und betrieben. Das Zusammenspiel mit angrenzenden Netzen erfordert eine Strategie, die langfristig entwickelt und sorgfältig abgestimmt werden muss. Dazu gehört die Kooperation zwischen den Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU), den Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und verschiedenen weiteren Stakeholdern.

European Train Control System (ETCS) forms the basis for the “Single European Railway Area” [1]. Above all, ETCS is intended to enable system compatibility, particularly at national borders, and to enable modern, interoperable railway operations. Cross-border planning and implementation has so far proved to be complex in practice. Technical and operational challenges have come up against intercultural differences and the need for administrative coordination, which demands individual attention for each project. Cooperation requires innovative approaches and the overcoming of any structural and cultural hurdles.

### 1 The challenge

Although cross-border sections are the key points with regard to the interoperability of the overall ETCS system, only 15 out of 214 (7 %) cross-border sections in Europe have currently been equipped with ETCS on both sides [2]. The authors have been discussing the reasons for the hesitant implementation in personal discussions and interviews with international and national stakeholders at DB InfraGO AG. The reasons can be assigned to five categories, which are explained below.

#### 1.1 Traditional equipment strategies must be expanded

As early as 2017, the European Court of Auditors criticised the low number of cross-border sections equipped with ETCS on both sides, writing: “...the planned deployment set out in the newly adopted EDP has been affected by a lack of time alignment between Member States in cross-border sections. This shows that Member States plan their deployment according to national needs, regardless of any commitment made in relation to EU priorities” [3]. One reason for the reluctance to equip national borders with ETCS may therefore stem from national views and prioritisation. We and our dialogue partners have categorised this as follows:

Infrastructure is traditionally planned and operated within national borders. Interactions with neighbouring networks require a strategy that needs to be developed over the long term and carefully coordinated. This includes cooperation with railway infrastructure undertakings (RIU), rail companies and various other stakeholders.

Cross-border connections are also perceived as being technically and organisationally more complex. In fact, ETCS projects at national borders are significantly more cost-intensive than purely national projects, as development and coordination work require additional lead times and resources [4]. The costs for comparatively short sections of track are generally much

Grenzüberschreitende Verbindungen werden zusätzlich als technisch und organisatorisch komplexer wahrgenommen. Tatsächlich sind ETCS-Projekte an Ländergrenzen deutlich kostenintensiver als rein nationale Vorhaben, da insbesondere Entwicklungs- und Abstimmungsarbeiten zusätzliche Vorlaufzeiten und Ressourcen beanspruchen [4]. Bei vergleichsweise kurzen Streckenabschnitten sind in der Regel wesentlich höhere Aufwände zu betreiben als bei nationalen Projekten mit mehr Streckenkilometern. Da jeder Grenzübergang individuelle Merkmale aufweist, lassen sich diese Kosten schwer über mehrere Projekte hinweg verteilen, sind also vergleichbar mit Fixkosten für einzelne Erstanwendungsprojekte.

### 1.2 Streckenseitige Komplexität der technischen Integration

Von entscheidender Bedeutung sind technische Schnittstellen, also die Anpassung und Integration der verschiedenen ETCS-Varianten auf der Strecke zueinander. Besonderer Fokus liegt dabei in der Prüfung von unterschiedlichen ETCS-Baselines und Systemversionen an den Landesgrenzen. Die Vielzahl an technischen Versionen ist auf unterschiedliche nationale Anforderungen zurückzuführen, die beispielweise zur Erfüllung verschiedener Sicherheitsziele der Mitgliedstaaten entwickelt wurden. Trotz der Fortschritte bei der technischen Definition von europäischen Standards [5] ist derzeit weder die angestrebte vollständige technische noch die betriebliche Interoperabilität erreicht.

### 1.3 Nationale Ausprägungen von Regularien und Vorschriften

Unterschiede zwischen den Ländern ergeben sich durch die nationalen Ausprägungen von europäischen Richtlinien (z. B. EU-Richtlinie 2016/797 Interoperabilitätsrichtlinie, die in Deutschland mit der Eisenbahninbetriebnahmegenehmigungsverordnung EIGV umgesetzt wurde). Unterschiedliche Legitimierungsverfahren verlangen nach einer intensiven bilateralen Abstimmung. Des Weiteren sind die Anforderungen der EVU zu berücksichtigen, um einer möglichst großen Anzahl von ETCS-Bestandsfahrzeugen das Befahren der Grenzbetriebsstrecke und die Weiterfahrt im Inland zu ermöglichen.

### 1.4 Erforderliche Anpassung an Infrastruktur und Betrieb des Nachbarlandes

Die Betriebskonzepte für die Migration und Ablösung bestehender Zugbeeinflussungssysteme (Klasse-B-Systeme) hin zur Ausrüstung mit ETCS (Klasse-A-System) berücksichtigen nicht nur die Transitionen und die Rückfallebene. Darüber hinaus sind auch die Kombinationen mit verschiedenen Fahrzeugtypen und ihrer ETCS-Ausrüstung zu betrachten. Eine Festlegung der Instandhaltungs- und Betriebskonzepte für die Infrastruktur zwischen den Ländern ist ebenfalls notwendig. In Deutschland besteht hierzu für jede Grenzbetriebsstrecke ein gesonderter Infrastrukturverknüpfungsvertrag und eine Grenzbetriebsvereinbarung (Ril 302), die kontinuierlich mit dem Nachbarland fortgeschrieben wird.

Der Schulungsbedarf des streckenseitigen Personals für Betrieb und Instandhaltung ist umfangreich und meist zweisprachig anzubieten. Eine weitere betrieblich-technische Hürde sind unterschiedliche nationale Bremskurvenparameter, die bei der Planung für weiteren Aufwand sorgen [6].

### 1.5 Nationale Projektteams und deren Organisation in internationalen Projekten

Bei einer strukturellen Betrachtung der einzelnen Projektteams über die Projektlaufzeit identifizierten die Autoren Stakeholder aus Politik, Projektmanagement, Technik, Betrieb und Instandhaltung. Diese fungieren als Verantwortliche, Entscheider, Bearbeiter oder Fachex-

higher than for national projects with more line kilometres. Since each border crossing has unique characteristics, these costs are difficult to distribute across multiple projects, thereby making them comparable to the fixed costs for initial application projects.

### 1.2 The route-side complexity of technical integration

Technical interfaces, i.e. the adaptation and integration of the different ETCS variants on the route, are of crucial importance. There is a particular focus here on different ETCS baselines and system versions at the national borders. The large number of technical versions is due to different national requirements, which have been developed, for example, to fulfil the various safety objectives of the member states. Despite the progress made in the technical definition of European standards [5], neither the desired complete technical nor operational interoperability has currently been achieved.

### 1.3 The national characteristics of the rules and regulations

The differences between countries result from the national versions of the European directives (e.g. Directive (EU) 2016/797 on the interoperability of the rail system within the European Union, which has been implemented in Germany with the Eisenbahninbetriebnahmegenehmigungsverordnung (EIGV). Different legitimisation procedures require intensive bilateral coordination. Furthermore, the requirements of the RIU must also be considered in order to enable the largest possible number of existing ETCS vehicles to travel on the cross-border section and continue their journeys within Germany.

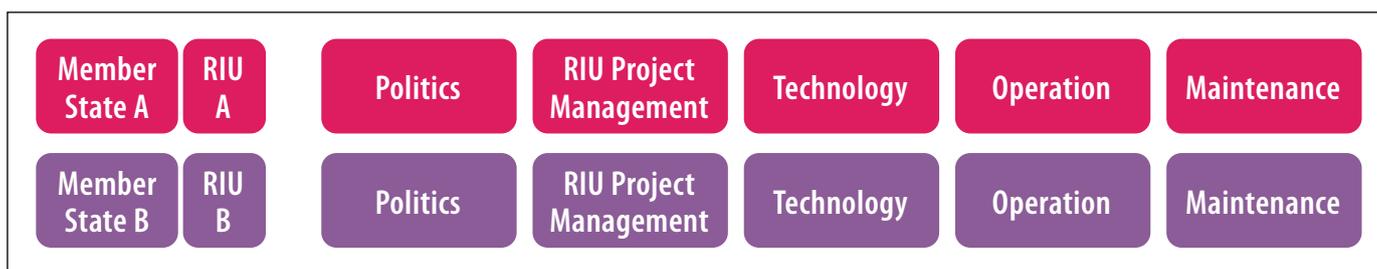
### 1.4 Necessary adaptations to the infrastructure and operations in the neighbouring country

The operating concepts for the migration and replacement of existing train control systems (Class B systems) to ETCS equipment (Class A systems) do not only consider the transitions and the fallback level. Combinations with different vehicle types and their ETCS equipment are also considered. It is also necessary to define the maintenance and operating concepts for the infrastructure between the countries. In Germany, there is a separate network connection agreement for each cross-border section and a border agreement (Ril 302), which is continuously updated with the neighbouring country.

The training requirements for trackside personnel in operations and maintenance are extensive and usually bilingual. A further operating and technical hurdle involves the different national braking curve parameters, which cause additional costs during planning [6].

### 1.5 National project teams and their organisation in international projects

The authors have identified the stakeholders from the areas of politics, project management, technology, operations and maintenance in a structural analysis of the individual project teams over the course of the project. They act as responsible parties, decision-makers, processors or technical experts. The constellation of these areas is reflected in the neighbouring country. In contrast to national projects, additional communication takes place with the respective counterparts in the neighbouring country, which requires high qualifications in the international project business and ties up relatively more resources than a national project (fig. 1).



**Bild 1: Stakeholder je Land bei ETCS-Projekten an Landesgrenzen (eigene Darstellung)**

Fig. 1: The stakeholders per country in ETCS projects at national borders (own illustration)

perten für die genannten Schwerpunktfelder. Die Konstellation dieser Bereiche spiegelt sich im Nachbarland wider. Im Gegensatz zu nationalen Projekten findet demnach zusätzliche Kommunikation mit den jeweiligen Pendanten des Nachbarlands statt, dies erfordert hohe Qualifikationen im internationalen Projektgeschäft und bindet relativ mehr Ressourcen als in einem nationalen Projekt (Bild 1).

### 1.5.1 Anforderungen an das internationale qualifizierte Projektmanagement

Effektive Koordination und Kommunikation bei grenzüberschreitenden Projekten sind unerlässlich. Ein gemeinsam abgestimmtes Ziel mit terminiertem Projektplan zwischen den Projektgruppen stärkt die Motivation auf beiden Seiten. Institutionelle und organisatorische Regelungen müssen klar und transparent definiert sein, darunter die Aufgabenbereiche von Lenkungs- und Arbeitsgruppen sowie die Kommunikationswege und Regeltermine zwischen den beteiligten Stakeholdern. Zudem sind kulturelle Unterschiede und Sprachbarrieren zu überwinden, was beispielsweise eine gemeinsame Fachterminologie erfordert, um Missverständnisse zu vermeiden. Diese Erfahrungswerte teilen die Autoren und ihre Gesprächspartner. Fachliteratur zum internationalen Projektmanagement empfiehlt darüber hinaus, dass frühe Erfolgserlebnisse gebührend zelebriert werden sollen, um fehlende Gemeinsamkeiten zu kompensieren und verbindende Elemente zu schaffen [7].

### 1.5.2 Berücksichtigung vielfältiger Kulturen

Erfahrungen des Autorenteam zeigen, dass verschiedene Organisationsformen der Stakeholder und deren Unternehmenskulturen maßgeblich die Dynamik der Zusammenarbeit prägen. Während einige Länder agil handeln, den direkten Kontakt und eine pragmatische „Einfach-machen“-Mentalität bevorzugen, setzen andere auf strikte Prozesse, umfangreiche Dokumentation und langwierige Bearbeitungsverfahren. Dies kann Bearbeitungen erschweren oder verlangsamen – sei es durch Perfektionsanspruch oder den Wunsch, den eigenen Status zu wahren. Das Verständnis für die Hintergründe und deren Berücksichtigung erleichtert die Interaktion.

### 1.5.3 Zusätzliche Aufwände in der Projektorganisation

Es gibt derzeit keine europäischen verbindlichen Vorgaben für die EIU, wie Grenzprojekte einzurichten sind. Das kann dazu führen, dass EIU ihre Grenzprojekte planen, wie sie es auch für inländische Projekte tun. Dabei wären höhere Anforderungen an Organisation, Ressourcen und Methoden für die Grenzprojekte erforderlich (siehe obige Abschnitte des Kapitel 1).

Die EUG (ERTMS Users Group) hat bereits die „ENGINEERING GUIDELINE 76. Border Crossings“ [8] herausgegeben, in der Begrifflichkeiten und Herausforderungen bei der Ausrüstung von Grenzbetriebsstrecken mit ETCS erklärt werden. Sie ist nicht verbindlich anzuwen-

### 1.5.1 The requirements for international qualified project management

Effective coordination and communication are essential in cross-border projects. A jointly agreed objective with a scheduled project plan between the project groups strengthens the motivation on both sides. Institutional and organisational regulations must be clearly and transparently defined, including the areas of responsibility of the steering and working groups as well as the communication channels and regular deadlines between the stakeholders involved. In addition, cultural differences and language barriers must also be overcome, which requires, for example, a common specialised terminology to avoid any misunderstandings. The authors and their dialogue partners share this experience. Specialist literature on international project management also recommends that any early successes should be duly celebrated in order to compensate for the lack of any common ground and to create unifying elements [7].

### 1.5.2 Consideration for diverse cultures

The authors' experience has shown that different organisational forms of corporate cultures significantly shape the dynamics of collaboration. While some countries act in an agile manner, favouring direct contact and a pragmatic “just do it” mentality, others rely on strict processes, extensive documentation and lengthy processing procedures. This can make processing more difficult or slow it down: either due to the demand for perfection or the desire to maintain one's own status. Having a comprehensive understanding of the background significantly eases and enhances the quality of interactions.

### 1.5.3 Additional expenses in the organisation

There are currently no binding European guidelines for RIUs on how to set up border projects. This can lead to RIUs planning their border projects in the same way as they do their domestic projects. This would require higher requirements in terms of organisation, resources and methods for border projects. (see the sections of Chapter 1 above)

The EUG (ERTMS Users Group) has already published its own “ENGINEERING GUIDELINE 76. Border Crossings” [8], which explains the terminology and challenges involved in equipping cross-border sections with ETCS. Its application is not mandatory, but it provides urgent recommendations for harmonised and efficient joint work.

## 2 Solutions for efficient collaboration

Discussions have been held with international cooperation partners in order to organise the collaboration more efficiently. The findings and ideas can be categorised into three levels and are presented below

den, doch gibt sie dringende Empfehlungen zum angeglichenen und effizienten gemeinsamen Arbeiten.

**2 Lösungsansätze zur effizienten Zusammenarbeit**

Um die Zusammenarbeit effizienter zu gestalten, wurden Gespräche mit internationalen Kooperationspartnern geführt. Die Erkenntnisse und Ideen lassen sich in drei Ebenen einordnen und werden nachfolgend vorgestellt:

- Arbeitsebene (Direkter Kontakt in einem Projekt zwischen den Nachbarländern)
- Landesebene (Gesamthafte Betrachtung eines EIU für alle seine Grenzübergänge)
- EU-Ebene (Europäische Sichtweise für ETCS-Grenzbetriebsstrecken).

**2.1 Arbeitsebene (direkter Kontakt in einem Projekt zwischen den Nachbarländern)**

Bewährt hat sich die Trennung von fachlichen Arbeitsgruppen und Managementtätigkeiten. Auf der Arbeitsebene wird der Einsatz von Arbeitsgruppen (oder ähnliche Bezeichnung wie Operation Tables, Committee, ...) als wirkungsvoll erachtet. Über die Empfehlung der EUG hinaus sollen auch für die Beteiligten bzgl. Betrieb und Instandhaltung regelmäßige Arbeitskreise eingerichtet werden. Kurze Kommunikationswege und ein technischer Fokus fernab politischer Ebenen sind hierbei entscheidend. Das Management wird u. a. tätig, um Kapazitäten und Freiräume zu schaffen, beispielsweise durch die Koordination von Arbeitszeitfenstern, Kommunikation mit Stakeholdern, Einholung politischer Unterstützung oder die Organisation von Testfahrten (Bild 2).

Für alle Prozesse im Projektablauf in beiden Länderteams machen Standards und Leitfäden Sinn, um Handlungssicherheit, Effizienz und Qualität zu sichern. Die fachliche Expertise bei den Projektbeteiligten ist zu gewährleisten und zu fördern, um ein hohes Arbeitstempo zu garantieren.

Die Aufgabenstellung soll von Anfang an gemeinsam und konzeptionell abgestimmt werden, um ein klares und verbindliches Zielbild zu schaffen. Dieses Vorgehen verkürzt die (mehrfachen) Entwicklungszeiten von Grenzprojekten erheblich und stellt sicher, dass vereinbarte Inbetriebnahmetermine eingehalten werden.

Gemeinsame, klare Zielvorgaben schaffen darüber hinaus Motivation und fördern einen positiven Projektgeist und ein europäi-

- the working level (direct contact in a project between neighbouring countries)
- the country level (the overall consideration of an RIU for its border crossings)
- the EU level (the European perspective for ETCS cross-border sections).

**2.1 The working level (direct contact in a project between neighbouring countries)**

The separation of specialist working groups and management activities has proved successful. The use of working groups (or similar names such as operation tables, committees, etc.) is effective at the working level. In addition to the EUG recommendation, regular working groups should also be set up for those involved in operations and maintenance. Short communication channels and a technical focus far removed from political levels are crucial here. The management acts to create capacity and freedom, amongst other things, for example by coordinating worktime windows, communicating with stakeholders, obtaining political support or organising test drives (fig. 2).

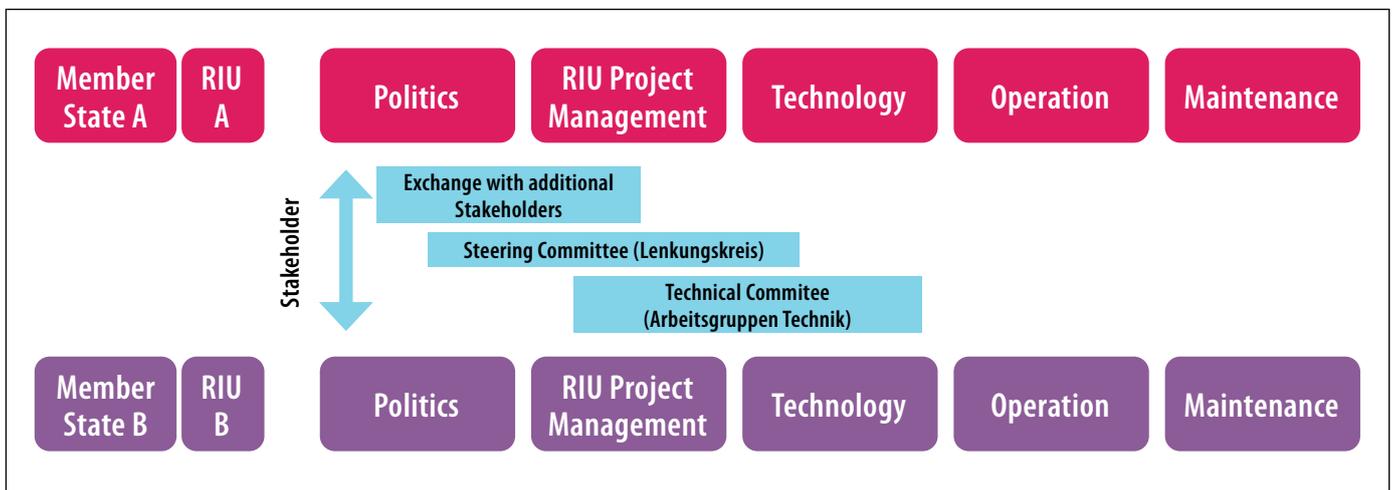
Standards and guidelines make sense for all the project processes in both country teams so as to ensure reliability, efficiency and quality. The technical expertise of those involved in the project must also be ensured and promoted in order to guarantee a high work pace.

The project requirement specification should be jointly and conceptually agreed from the outset to create a clear and binding vision. This approach considerably shortens the (multiple) development times for cross-border projects and ensures that the agreed commissioning deadlines are met.

Common, clear objectives also create motivation and promote a positive project spirit and a European mindset. The projects and their stakeholders can thus be creative and open to technical innovations and promote them.

**2.2 The country level (the overall consideration of an RIU for its border crossings)**

Successful collaboration requires clear roles and responsibilities as well as a well-structured project organisation. Their high number of interfaces mean that cross-border projects require centralised coordination in order to bundle and communicate solutions, deploy resources intelligently and ensure an overall overview.



**Bild 2: Stakeholder und von EUG empfohlene Austauschformate für ETCS-Ausrüstungsprojekte an Landesgrenzen**

Fig. 2: Stakeholders and exchange formats recommended by the EUG for ETCS equipment projects at national borders

sches Mindset. Die Projekte und ihre Stakeholder können so kreativ und offen für technische Innovationen sein und diese fördern.

**2.2 Länderebene (gesamthafte Betrachtung eines EIU für alle seine Grenzübergänge)**

Eine erfolgreiche Zusammenarbeit setzt klare Rollen und Verantwortlichkeiten sowie eine gut strukturierte Projektorganisation voraus. Grenzübergangprojekte mit ihrer hohen Anzahl an Schnittstellen erfordern eine zentrale Koordination, um Lösungen zu bündeln und zu kommunizieren, Ressourcen intelligent einzusetzen und einen Gesamtüberblick sicherzustellen.

Das Stakeholdermanagement muss gestärkt werden, während die Managementaufmerksamkeit auf EU-Ebene dafür genutzt wird, Standards und Lösungen aktiv mitzugestalten sowie Fördermittel zu beantragen. Positive Beispiele dafür lassen sich bei grenzüberschreitenden Brücken- oder Tunnelprojekten bereits finden, wo verschiedene Gewerke gemeinsam mit ETCS geplant, gebaut und in Betrieb genommen werden.

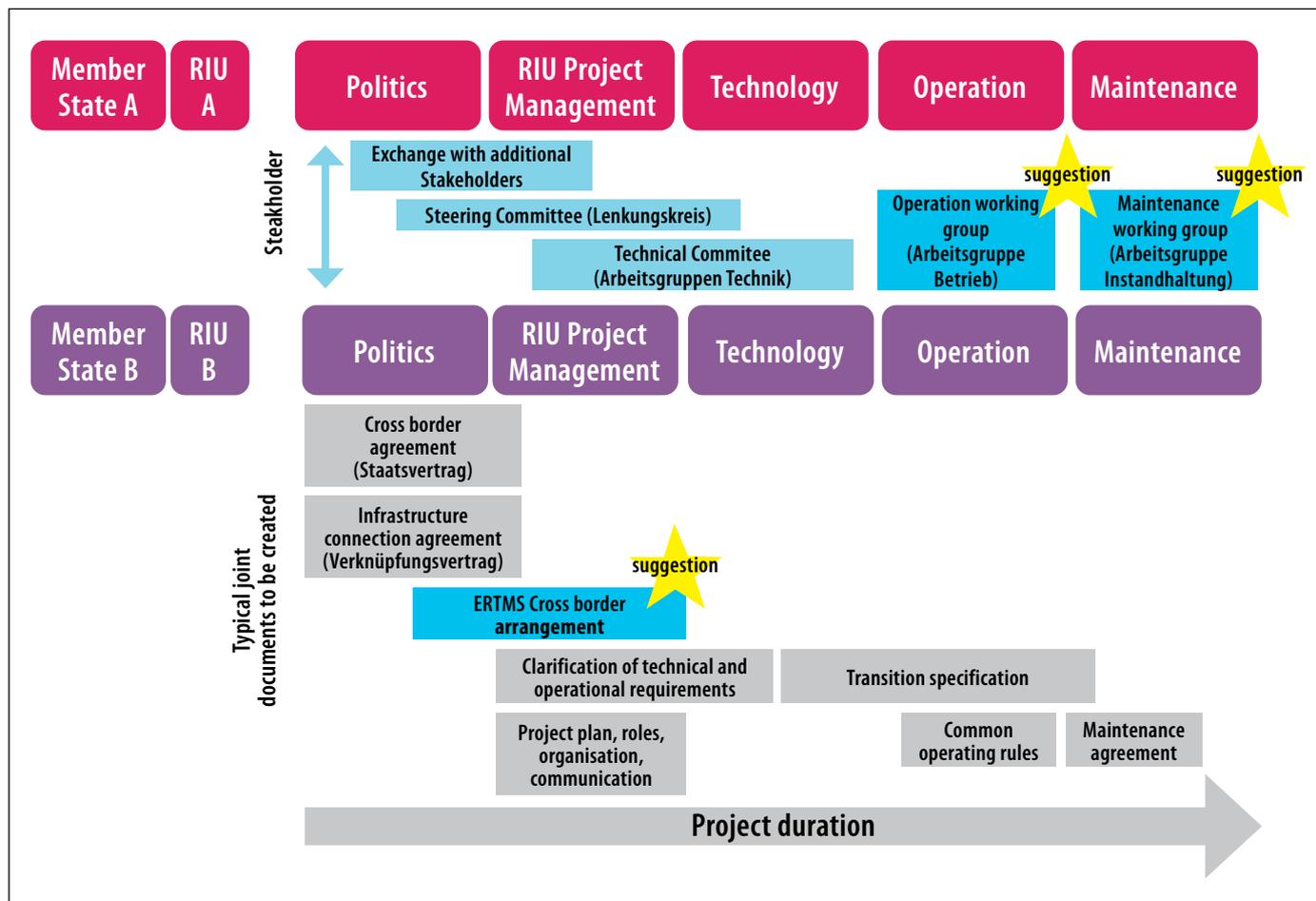
Der Erfahrungsschatz bei der Planung, Entwicklung und Umsetzung von Projekten an Landesgrenzen mit ETCS wächst stetig. Diese Pionierarbeit ist wertvoll für die vielen noch zu erwartenden Projekte und muss unbedingt gesichert werden. „Lessons learned“ aus früheren Projekten sollten daher umfassend angewendet werden. Der fachliche Austausch zwischen Projekten, Länderteams und ihren Stakeholdern ist gezielt zu fördern und kann z. B. systematisch über Plattformen und Austauschformate gepflegt werden.

Stakeholder management must be strengthened, while the management’s attention at the EU level is used to actively help shape standards and solutions and to apply for funding. Positive examples of this can already be found in cross-border bridge or tunnel projects, where various trades are planned, built and commissioned together with ETCS.

The wealth of experience in the planning, development and realisation of projects at national borders with ETCS is constantly growing. This pioneering work is valuable for the many projects still to come and must be safeguarded at all costs. Lessons learnt from previous projects should therefore be comprehensively applied. The exchange of expertise between projects, country teams and their stakeholders should be promoted in a targeted manner and can, for example, be systematically cultivated via platforms and exchange formats. Even though each border crossing must be considered individually, individual elements can also be used in other projects. This particularly applies to the same country combinations or Class B systems. It should therefore be examined whether a specific specification (such as for the Class B – ETCS L2 transition) can be created to cover the basic functions and enable further specifics as extensions for other border crossings.

**2.3 The EU level (the European perspective for ETCS cross-border sections)**

Standards should be specified that define the clear visions and procedures for a bilateral project. Such standards can take the form of guidelines, checklists or flowcharts, which should then



**Bild 3: Systematische Darstellung einer Projektkooperation an Landesgrenzen, ergänzt um Vorschläge (suggestions) des Autorenteam**

Fig. 3: A systemic illustration of project cooperation at national borders, supplemented by suggestions from the team of authors

Obwohl jeder Grenzübergang individuell zu betrachten ist, können einzelne Elemente auch bei anderen Projekten zum Tragen kommen. Das gilt insbesondere für gleiche Länderkombinationen bzw. Klasse-B-Systeme. Es ist daher zu prüfen, ob ein spezifisches Lastenheft (wie etwa für die Transition Klasse B – ETCS L2) erstellt werden kann, um die Grundfunktionen abzudecken und weitere Spezifika als Erweiterungen für andere Grenzübergänge zu ermöglichen.

**2.3 EU-Ebene (europäische Sichtweise für ETCS-Grenzbetriebsstrecken)**

Es sollen Standards vorgegeben werden, die klare Zielbilder und Vorgehensweisen für ein bilaterales Projekt definieren. Solche Standards können die Form von Leitfäden, Checklisten oder Ablaufplänen haben, die dann von den Grenzbetriebsprojekten beider Länderteams umzusetzen sind. Durch die einheitliche Verwendung würden Abstimmungszeiten reduziert und Fehler vermieden.

Standards sind nicht nur für Projektorganisationen, sondern für alle fachlichen Arbeitsgruppen sinnvoll. Mit diesen Standards ist auch eine europäische Haltung in den Arbeitsgruppen zu fördern.

be implemented by the border operation projects of both country teams. Standardised use would reduce coordination times and avoid any errors.

Standards are not only useful for project organisations, but also for all specialist working groups. These standards are intended to promote a European attitude in the working groups.

**3 Further development of the “ERTMS Cross Border Agreement”**

A detail from the “Implementing regulation on the European Deployment Plan for ERTMS” can be used as an example of a cooperation topic for ETCS projects at national borders. This calls for joint action by both national teams, but does not define more precisely what this should look like in concrete terms [9]. According to the implementing regulation that came into force on 5 January 2017, an “agreement on the technical and operating aspects of the deployment for each cross-border section” [9], i.e. an agreement between the countries, should be concluded. The member states are to submit this to the European Commission one year before deployment.

Maßnahme → Positive Wirkung auf Kooperation (vgl. Kapitel 2) ↓	1. Klare eindeutige Bezeichnung	2. Frühes gemeinsames Zielbild	3. Standardisierte Prozesse und Vorlagen	4. Fixe Kontaktstellen	5. Frühe Einbindung weiterer Stakeholder
Teamkoordination	x		x	x	
Kommunikation	x	x	x	x	x
Ressourcenmanagement		x	x	x	x
Handlungssicherheit	x	x	x	x	
Synchronisation kultureller Unterschiede		x	x	x	
Zusammenhalt		x	x		x
Motivation		x	x		x
Effizienz		x	x	x	x
Konsistente, schnelle Entscheidungsfindung		x	x	x	x

Tab. 1: Vorgeschlagene Maßnahmen für Kooperationen an den Landesgrenzen im Vergleich zur bisherigen Struktur

proposal → Positive Impact on cooperation (see chapter 2) ↓	1. Clear designation	2. Early shared vision	3. Standardised processes and templates	4. Single points of communication	5. Early involvement of other stakeholders
Team coordination	x		x	x	
Communication	x	x	x	x	x
Resource management		x	x	x	x
Certainty of action	x	x	x	x	
Synchronising cultural differences		x	x	x	
Cohesion		x	x		x
Motivation		x	x		x
Project efficiency		x	x	x	x
Consistent, fast decision-making		x	x	x	x

Tab. 1: The proposed measures for cooperation at national borders compared to the previous structure

### 3 Weiterentwicklung des „ERTMS Cross Border Agreements“

Als Beispiel für ein Kooperationsthema bei ETCS-Projekten an Landesgrenzen kann ein Detail aus der „Durchführungsverordnung über den europäischen Bereitstellungsplan für ERTMS“ herangezogen werden. Hier wird eine gemeinsame Aktion von beiden Länderteams gefordert, aber nicht genauer definiert, wie diese konkret auszusehen hat [9].

Gemäß der am 5. Januar 2017 in Kraft getretenen Durchführungsverordnung soll ein „agreement on technical and operational aspects of the deployment for each cross-border section“ [9], also eine Vereinbarung zwischen den Ländern geschlossen werden. Die Mitgliedsstaaten sollen diese ein Jahr vor Inbetriebnahme der Europäischen Kommission vorlegen.

Der Begriff „Cross Border Agreement“ wird im Kontext von Interoperabilität mehrfach verwendet (z. B. als Übersetzung von „Staatsverträgen“) und kann zu Missverständnissen führen. Darüber hinaus liegt der Abgabetermin ein Jahr vor Inbetriebnahme in einer Projektphase, in der die ERTMS-Detailplanung erfolgt und es schwierig ist, finale Ergebnisse vorzulegen.

Es mangelt an detaillierten inhaltlichen Vorgaben für die Ausgestaltung einer solchen Vereinbarung, was zu heterogenen Prozessen und Rollenverständnissen bei den EIU führt. Unsicherheiten, Abstimmungen, Entwicklung von Formaten und die Suche nach Kontaktstellen bei den Stakeholdern führt zu Ressourcenbindung und Zeitaufwänden in den Projekten. Ohne übergeordnete Steuerung stellen sich diese Aufwände zudem bei jedem Projekt erneut dar.

Konkret schlagen die Autoren die folgenden fünf Maßnahmen vor:

1. Umbenennung des Cross Border Agreement in einen eindeutigen, neuen Titel: ERTMS Cross Border Arrangement.
2. Die Fristsetzung zur Übermittlung des ERTMS Cross Border Arrangement (neuer Begriffsvorschlag) soll vorgezogen zwei Jahre vor Inbetriebnahme erfolgen. Der Detaillierungsgrad wird auf die relevanten und zu dem früheren Zeitpunkt bereits bekannten ETCS-Ausrüstungsmerkmale (ETCS Level, Baseline, Systemversion, nationale Werte, ...) reduziert. Die Projektteams bleiben regelmäßig im Austausch und können mit neuem Erkenntnisgewinn weiterhin Änderungen an der Planung vornehmen. Dadurch wird zum einen eine frühe gemeinsame Abstimmung gefordert, zum anderen hat die Kooperation noch ausreichend Spielraum für Änderungen beim Streckendesign.
3. Eine einheitliche und allen zugängliche Vorlage für das ERTMS Cross Border Arrangement wird gemeinsam aus der Praxis heraus erstellt, die von den Länderteams verwendet werden kann.
4. Jedes EIU benennt jeweils einen „ERTMS Cross Border Arrangement Manager“. Diese sind für die Koordination des ERTMS Cross Border Arrangement und Kommunikation mit den Stakeholdern, u.a. Verkehrsministerium und Kommission verantwortlich. Die Rolle hält Expertenwissen zum grenzprojektspezifischen Ablauf bereit. Sie behält den Gesamtüberblick über die jeweiligen ETCS-Projekte an Landesgrenzen, um Entwicklungsaufwände zu koordinieren.
5. Bereits in einer frühen Phase des Projekts sollen weitere Arbeitsgruppen für Betrieb und Instandhaltung zwischen den Länderteams etabliert werden. Dadurch werden Inhalte des ERTMS Cross Border Arrangement frühzeitig abgestimmt als Baustein für eine reibungslose Inbetriebnahme.

Bild 3 zeigt eine systematische Darstellung der Kooperation zweier Mitgliedstaaten (Mitgliedstaat A und B) im Kontext eines grenzüberschreitenden ETCS-Projektes. Diese veranschaulicht die Abstimmungsformate und typischerweise zu erstellenden Dokumente zwi-

The term “Cross Border Agreement” is used several times within the context of interoperability (for example as a translation of “state treaties”) and can lead to misunderstandings. In addition, the submission deadline is one year before commissioning in the project phase where the detailed ERTMS planning is done which makes it difficult to present the final results.

There is a lack of detailed content specifications for the design of such an agreement, which leads to heterogeneous processes and a common understanding of the roles among the RIUs. Uncertainties, coordination, the development of formats and the search for contact points among the stakeholders tie up resources and time in the projects. Without overarching control, these efforts will also be repeated for each project.

The authors specifically propose the following five measures:

1. Renaming the Cross Border Agreement with a clear, new name: the ERTMS Cross Border Arrangement.
2. The deadline for submitting the ERTMS Cross Border Arrangement (the newly proposed term) should be moved to two years prior to commissioning. The level of detail should be reduced to the relevant ETCS equipment features (the ETCS level, baseline, system version, national values, ...) that are already known at the earlier point in time. The project teams should remain in regular dialogue and continue to make changes to the planning as new knowledge is gained. On the one hand, this requires early joint coordination, but on the other hand, the co-operation still has sufficient scope for changes to the route design.
3. A standardised and universally accessible template for the ERTMS Cross Border Arrangement will be jointly developed from practical experience and used by the country teams.
4. Each RIU appoints an ERTMS Cross Border Arrangement Manager. They are responsible for coordinating the ERTMS Cross Border Arrangement and communicating with stakeholders, including the Ministry of Transport and the Commission. The role provides expertise on the border-project-specific process. It maintains an overall view of the given ETCS projects at national borders in order to coordinate any development efforts.
5. Further working groups for operations and maintenance should be established between the country teams at an early stage of the project. This will enable the content of the ERTMS Cross Border Arrangement to be harmonised at an early stage as a building block for smooth commissioning.

Fig. 3 shows a systematic representation of the co-operation between two Member States (A and B) within the context of a cross-border ETCS project. This illustrates the coordination formats and typical documents to be drawn up between the parties involved over a timeline from project initiation until the line becomes operational under ETCS. The proposed measures described above are shown in dark blue and marked with a yellow star.

Tab. 1 illustrates the cooperative advantages at national borders resulting from the proposed measures when compared to the previous structure. The effects on the cooperation within the project teams have been described in detail in Chapter 1.5.1 and contribute to an optimal situation.

### 4 Summary and outlook

In contrast to national ETCS infrastructure projects, project teams at national borders and their organisations require special attention. Not only technical and operational differences,

schen den Beteiligten über einen Zeitstrahl von der Projektinitiierung bis hin zum Bahnbetrieb unter ETCS. Die oben beschriebenen Maßnahmen sind in dunklem Blau eingefügt und mit einem gelben Stern gekennzeichnet.

Tab. 1 veranschaulicht die Vorteile, die sich aus den vorgeschlagenen Maßnahmen für Kooperationen an den Landesgrenzen im Vergleich zur bisherigen Struktur ergeben. Die Auswirkungen auf die Zusammenarbeit innerhalb der Projektteams wurden in Kapitel 1.5.1 detailliert beschrieben und tragen zu einem optimalen Zustand bei.

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Gegensatz zu nationalen ETCS-Infrastrukturprojekten erfordern Projektteams an Landesgrenzen sowie deren Organisationen besondere Aufmerksamkeit. Eine wesentliche Rolle spielen dabei nicht nur technische und operative, sondern auch kulturelle Unterschiede sowie klassische Herausforderungen des internationalen Projektmanagements. Das Autorenteam empfiehlt unter anderem die Implementierung standardisierter Projektstrukturen mit bilateralen Arbeitsgruppen, die Nutzung standardisierter Vorlagen, frühzeitige technische Abstimmungen und gemeinsame Zieldefinitionen. Darüber wird ein Format unter dem Titel ERTMS Cross Border Arrangement vorgeschlagen, das die geforderte „Vereinbarung über die technischen und betrieblichen Aspekte der Einführung“ [9] erfüllen und damit die Zusammenarbeit verbessern soll. Im Jahr 2025 wird ein neuer „ERTMS European Deployment Plan“ herausgegeben. Dies eröffnet die Möglichkeit, dessen Formulierung im Hinblick auf das ERTMS Cross Border Agreement anzupassen und somit einen Mehrwert für die Mitgliedstaaten und EIU zu generieren. ■

but also cultural differences and the classic challenges of international project management play a key role here. Amongst other things, the team of authors recommends the implementation of standardised project structures with bilateral working groups, the use of standardised templates, early technical coordination and joint target definitions. A format entitled ERTMS Cross Border Arrangement has been proposed to fulfil the required “agreement on the technical and operating aspects of the deployment for each cross-border section” [9] and thereby enhance collaboration. A new “ERTMS European Deployment Plan” will be published in 2025. This opens up an opportunity to adapt its wording with regard to the ERTMS Cross Border Agreement and thus generate added value for the member states and RIUs. ■

#### AUTOREN | AUTHORS

##### Dipl.-Wirtsch.-Ing. Verena Grübert

Unterstützer für ETCS Entwicklungsprojekte /

Supporter for ETCS Development Projects

DB InfraGO AG

Anschrift / Address: Adam-Riese-Straße 11-13, D-60327 Frankfurt a. M.

E-Mail: verena.gruebert@deutschebahn.com

##### Lars Brune, M.Sc.

Experte ETCS / ETCS expert

DB InfraGO AG

Anschrift / Address: Auenweg 7, D-50679 Köln

E-Mail: lars.brune@deutschebahn.com

#### LITERATUR | LITERATURE

[1] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV): Europäische Eisenbahnpolitik, <https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Mobilitaet/Schiene/Europaeische-Eisenbahnpolitik/europaeische-eisenbahnpolitik.html>, abgerufen am 25.03.2025

[2] Trinckauf, J.; Maschek, U.; Kahl, R.: ETCS in Deutschland. 2. Auflage, Leverkusen: PMC Media House GmbH, 2024

[3] Europäischer Rechnungshof: Ein einheitliches europäisches Eisenbahnverkehrsleitsystem: Wird die politische Entscheidung jemals Realität? <https://www.eca.europa.eu/de/publications?did=41794>, abgerufen am 25.03.2025

[4] Maschek, U.; Kahl, R.: ETCS an Infrastrukturgrenzen. Wie ETCS-Inkompatibilitäten entstehen und überwunden werden können, DER EISENBAHNINGENIEUR 10/2024, [https://fis.tu-dresden.de/portal/files/55661382/2024\\_Kahl-Maschek\\_ETCS-Infrastrukturgrenzen.pdf](https://fis.tu-dresden.de/portal/files/55661382/2024_Kahl-Maschek_ETCS-Infrastrukturgrenzen.pdf), abgerufen am 14.04.2025

[5] Europäische Kommission: Durchführungsverordnung (EU) 2023/1695 der Kommission vom 10. August 2023 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union und zur Aufhebung der Verordnung (EU) 2016/919, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1695>, abgerufen am 25.03.2025

[6] Schwenzer, R.; Brune, L.: ETCS-Bremskurvenkonflikte an Landesgrenzen. Simulation und Diskussion des Wechsels der Nationalen Werte, DER EISENBAHNINGENIEUR 06/2022

[7] GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e. V.: Ergänzung und Veränderung von Erfolgsfaktoren im Projektmanagement bei zunehmender Internationalisierung, 2015

[8] ERTMS Users Group: Engineering Guideline 76. Border Crossings, [https://ertms.be/wp-content/uploads/2024/07/17E087-4\\_Border-Crossings.pdf](https://ertms.be/wp-content/uploads/2024/07/17E087-4_Border-Crossings.pdf), abgerufen am 25.03.2025

[9] Europäische Kommission: Durchführungsverordnung über den europäischen Bereitstellungsplan für das Europäische Eisenbahnverkehrsleitsystem. European Deployment Plan, 2017

# ETCS-Ausrüstung an Landesgrenzen am Beispiel Görlitz – Zgorzelec

## ETCS retrofits at national borders using the example of Görlitz – Zgorzelec

Johannes Müller | Verena Grübert

Die national geprägten Entwicklungen der Eisenbahnsysteme in Europa machen Streckenausrüstung und Betrieb auf Grenzbetriebsstrecken komplex. ETCS bietet als einheitliches System eine Vereinfachung des interoperablen Verkehrs. Jedoch zeigt die Praxis vielerlei Kombinationsmöglichkeiten von technischen Ausrüstungsvarianten. Der Lösungsraum wird durch länder-eigene Ausrüstungs- und Fahrzeugstrategien eingeschränkt. Gleichzeitig ermöglichen rechtliche Sonderregelungen für Grenzbetriebsstrecken das Nutzen von zugelassener Technik des Nachbarlands.

### 1 ETCS an Landesgrenzen

Bei der Ausrüstung der nationalen Eisenbahnnetze setzen die Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) vorrangig auf den Flächenrollout. Grenzüberschreitende Eisenbahnstrecken stellen insbesondere bei der Erreichung der politischen Verkehrsziele, wie der Durchfahrbarkeit der TEN-Korridore und darüberhinausgehend der Schaffung eines Einheitlichen Europäischen Eisenbahnraumes [1] neuralgische Bereiche dar. Die Ausrüstung von Grenzbetriebsstrecken führt zu der Herausforderung, die national geprägten Systeme an den Grenzen zeitlich, technisch und betrieblich zu verknüpfen. Am Beispiel der Grenzbetriebsstrecke zwischen Görlitz und Zgorzelec wird dies in Kap. 2 deutlich.

In einem Infrastrukturprojekt zur Ausrüstung einer Grenzbetriebsstrecke mit ETCS müssen neben der Technik viele Aspekte, wie betriebliches Regelwerk und das geltende nationale Recht, berücksichtigt und in Einklang gebracht werden (siehe u. a. [2, 3]). Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der gemeinsamen Zielsetzung, der transparenten Kommunikation und der Beachtung von kulturellen Besonderheiten in der internationalen Zusammenarbeit. Im Folgenden wird der Fokus auf den Aspekt der technischen Ausrüstung von ETCS zur Verbindung benachbarter ETCS-Infrastrukturen gelegt und näher erläutert.

#### 1.1 Technische Varianten der ETCS-Transition

Bei der Konzeptionierung der ETCS-Ausrüstung und der ETCS-Transitionen sind verschiedene Fragestellungen zu berücksichtigen. So ist etwa zu bestimmen, welche nationalen Ausrüstungsvarianten von ETCS (u. a. Level, Systemversionen) streckenseitig zur Anwendung kommen und ob nationale Zugbeeinflussungssysteme (Klasse B-Systeme) weiterhin unterlagert sind.

Ebenfalls sind die zu berücksichtigenden Fahrzeugausrüstungen zu definieren, da bei den verkehrenden Zügen die Kompatibilität zwischen den ETCS-Systemversionen der Fahrzeuge und der Strecke sichergestellt werden muss [2].

The nationally influenced development of the railway system in Europe make track retrofits and operations in cross-border sections complex. As a standardised system, ETCS offers the simplification of interoperable traffic. However, practice has shown that there are many possible combinations of technical trackside equipment variants. The scope for solutions is limited by the country-specific retrofit and vehicle strategies. At the same time, special legal regulations (at least in Germany) pertaining to cross-border sections also allow the use of approved technology from neighbouring countries.

### 1 ETCS at national borders

When retrofitting national rail networks, infrastructure managers (IM) prioritise large-scale rollouts. Cross-border railway lines are particularly critical for achieving political transport goals, such as TEN corridor accessibility and the creation of a Single European Railway Area [1]. Retrofitting cross-border sections leads to the challenge of linking the national systems at the border in terms of time, technology and operations. This is illustrated in Chapter 2 using the example of the cross-border section between Görlitz and Zgorzelec.

In addition to the technology, many other aspects also need to be considered and aligned in infrastructure projects aimed at retrofitting a border line with ETCS, including the operating regulations and applicable national laws (see [2, 3], amongst others). The key to success lies in setting common goals and transparent communication and respecting cultural differences in international cooperation. The following focuses on the aspect of the technical retrofit of ETCS when connecting neighbouring ETCS infrastructures and explains it in more detail.

#### 1.1 The technical variants of the ETCS transition

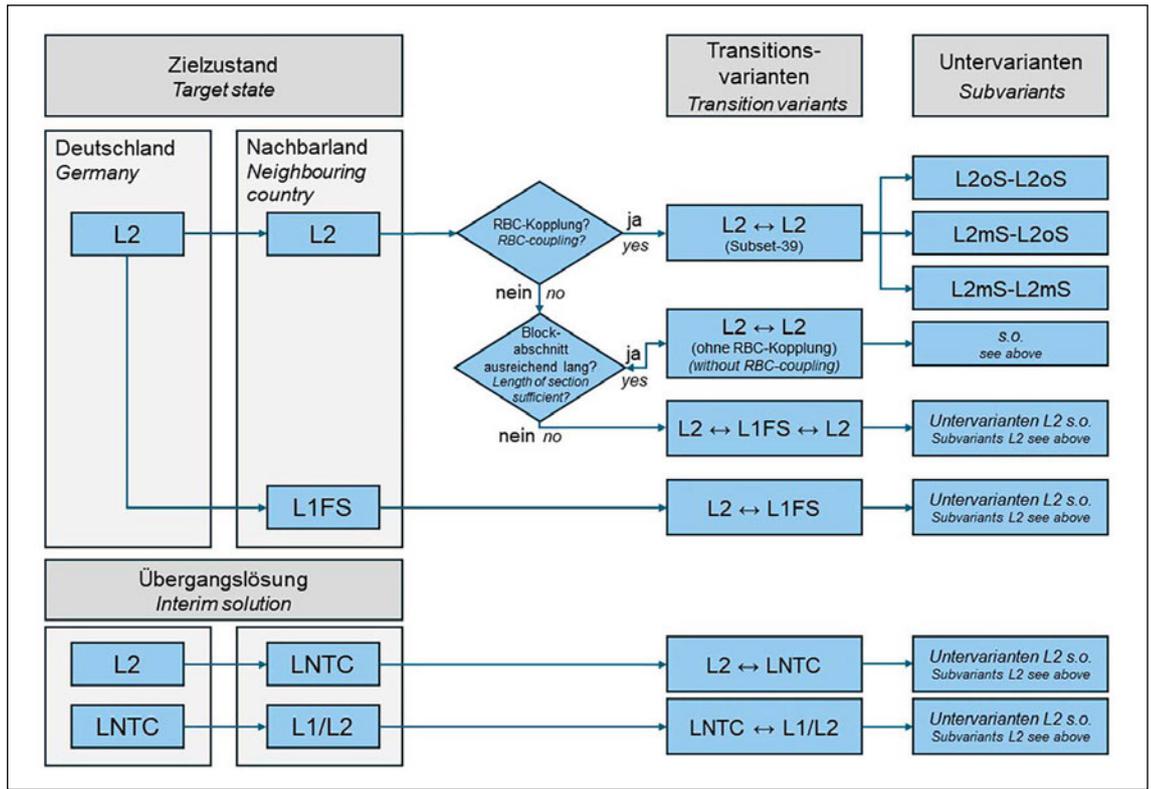
Various issues must be considered when designing ETCS trackside retrofits and ETCS transitions. For example, a determination must be reached as to which national ETCS equipment variants (e.g. level and system versions) will be used trackside and whether the national train control systems (Class B systems) will remain in service.

The vehicle retrofit under consideration must also be defined, as compatibility between the ETCS system versions on the vehicles and the tracks must be ensured for the operated trains [2].

An overview of the different ETCS transition variants in cross-border sections is shown in fig. 1. The transition variants and

**Bild 1: Übersicht der Varianten ETCS-Ausrüstung auf Grenzbetriebsstrecken**

Fig. 1: An overview of the ETCS retrofit variants on cross-border sections  
 Quelle / Source: eigene Darstellung / own illustration



Eine Übersicht über die verschiedenen Varianten der ETCS-Transitionen auf Grenzbetriebsstrecken ist in Bild 1 dargestellt. Transitionsvarianten und deren Untervarianten beschreiben den Lösungsraum von möglichen Ausrüstungsstufen mit ETCS. Dabei ist jedes ETCS-Grenzprojekt individuell zu betrachten, da topografische und betriebliche Besonderheiten bzw. die Berücksichtigung der jeweiligen Klasse B-Systeme der Nachbarländer weitere Anforderungen mit sich bringen.

Doppelausrüstungen und/oder Übergangslösungen können angestrebt werden, um zeitliche Differenzen in den Ausrüstungsstrategien zweier Nachbarländer zu überbrücken.

Die Ausrüstungsvarianten ETCS Level 1 Limited Supervision (L1 LS) bzw. ETCS signalgeführt (ESG) sind in Deutschland ausschließlich auf die Schweizer Grenzbetriebsstrecken beschränkt [5] und werden daher nicht in Bild 1 aufgeführt.

**1.1.1 Transitionsvarianten Level 2 zu Level 2**

Gemäß der ETCS-Migrationsstrategie der Digitalen Schiene Deutschland (DSD) ist auf dem Netz der DB InfraGO AG ETCS Level 2 (L2) als Zielzustand aufgeführt [4]. Für eine spezifikationskonforme, durchgehende L2-Ausrüstung auf beiden Seiten der Grenze müssen die benachbarten Radio Block Center (RBC) Daten austauschen, um die ETCS-Fahrerlaubnis über den eigenen Bereich hinaus verlängern zu können. Der sogenannte RBC-RBC-Handover ist in Subset-39 [6] spezifiziert. Aufgrund der möglichen, national unterschiedlichen ETCS-Implementierungen ist eine solche spezifizierte Schnittstelle an Landesgrenzen nicht immer anwendbar. In diesen Fällen ist ein hoher Entwicklungsaufwand für eine projektspezifische Schnittstelle durch die Industrie sowie ein hoher Zulassungsaufwand zu erwarten. Insbesondere gilt dies, falls ein EIU eine ETCS-Streckenausrüstung gemäß Baseline 2 plant oder bereits in Betrieb genommen hat. Steht infrastrukturseitig ein ausreichend langer Blockabstand zur Verfügung, in dem sich die Fahrzeuge während der Fahrt in das aufnehmende Funknetz einwählen bzw. beim aufnehmenden RBC an-

their sub-variants describe the solution space for the possible ETCS retrofit levels. Every ETCS border project is unique due to topographical and operational features and the requirements of the respective Class B systems from the neighbouring countries.

Dual equipment and/or transitional solutions can be found to bridge any timing differences in the equipment strategies of the two neighbouring countries.

In Germany, the ETCS Level 1 Limited Supervision (L1 LS) or “ETCS signalgeführt” (ESG) retrofit variant is limited exclusively to the Swiss cross-border sections [5] and is therefore not shown in fig. 1.

**1.1.1 Level 2 to Level 2 transition variants**

According to the ETCS migration strategy implemented by Digitale Schiene Deutschland (DSD), ETCS Level 2 (L2) is the target state on the DB InfraGO AG network [4]. Specification-compliant, continuous L2 retrofitting on both sides of the border requires the neighbouring Radio Block Centres (RBC) to exchange data in order to extend the ETCS movement authority beyond their own area. The so-called RBC-RBC handover is specified in Subset-39 [6]. Such a specified interface is not always applicable at national borders due to the possible different national ETCS implementations. High development costs for the realisation of a project-specific interface by the industry as well as high approval costs are to be expected in these cases. This particularly applies if an IM is planning or has already commissioned an ETCS trackside retrofit in accordance with Baseline 2.

The option of “RBC changeover without RBC-RBC coupling” should be examined if a sufficiently long block headway is available on the infrastructure side, in which the vehicles can dial into the receiving radio network or log on to the receiving RBC during the journey. This option is not current-

melden können, ist die Option des „RBC-Changeover ohne RBC-RBC-Kopplung“ zu prüfen. Die Option ist derzeit nicht in den europäischen Systemspezifikationen von ETCS beschrieben, kommt jedoch auf der Grenzbetriebsstrecke zwischen Bernhardsthal (Österreich) und Břeclav (Tschechien) zum Einsatz. Die Funktionsweise wird u. a. in [7] detailliert beschrieben.

Für beide dieser Transitionsvarianten ist eine ausreichende und überlappende Funkversorgung bis in das Nachbarland hinein notwendig, um den Funkaufbau rechtzeitig zu ermöglichen. Zusätzlich ist zwischen den beteiligten EIU die Verbindung der Funknetze einzurichten.

Eine noch kleinteiligere Untergliederung bieten die Untervarianten von Level 2 mit oder ohne Signale (L2mS bzw. L2oS) in ihrer jeweiligen Kombination mit dem Nachbarland.

### 1.1.2 Transitionsvarianten Level 2 zu Level 1 FS

Eine weitere Transitionsvariante ohne die Kopplung der benachbarten RBC stellt die Transition nach ETCS Level 1 Full Supervision (L1 FS) dar. Mit diesem Zwischenschritt lassen sich die Nachteile der RBC-Kopplung verringern. Diese Variante bietet sich an, wenn in mindestens einem der beiden Länder eine L1 FS-Ausrüstung bereits zugelassen ist. In Deutschland kommt kein L1 FS-System zur Anwendung. Eine Systementwicklung und Zulassung werden nicht angestrebt. Zur Ausrüstung eines zugelassenen Systems eines Nachbarlandes in Deutschland kann geprüft werden, ob die Ausnahmeregelungen des § 3a (1) EBO (Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung [8]) und die EIGV (Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem [9]) Anwendung finden (siehe dazu auch Kapitel 2).

### 1.1.3 Übergangslösungen

Diese Varianten bilden den Fall ab, dass (zunächst) nur eine einseitige ETCS-Ausrüstung geplant wird und somit zu einem bestehenden Klasse B-System transitiert wird (Level National Train Control (LNTC)). Für die Zielerreichung des einheitlichen europäischen Eisenbahnraums kann dies jedoch nur eine Übergangslösung darstellen, da ETCS-only-Fahrzeuge dort nicht verkehren können.

## 1.2 Variantenuntersuchung

Für Grenzbetriebsstreckenprojekte können grundsätzlich mehrere technische Lösungen für die ETCS-Ausrüstungen anwendbar sein. Als Entscheidungshilfe ist die Durchführung einer Variantenuntersuchung zu empfehlen, bei der die verschiedenen Lösungen analysiert und bewertet werden.

Zu den Bewertungskriterien gehören unter anderem die Umsetzung der zuvor definierten Anforderungen, die technische Umsetzbarkeit (z. B. vorhandene Produkte der Industrie) sowie die Kompatibilität der nationalen ETCS-Ausprägungen (auch hinsichtlich der Fahrzeugausrüstung). Dabei werden auch der ggf. erforderliche Entwicklungs- und Zulassungsbedarf und die terminliche Umsetzbarkeit berücksichtigt. Zusätzlich spielen Kosten, Finanzierbarkeit und das Risikopotenzial eine Rolle.

Auf diese Weise kann eine Vorzugsvariante oder ein Konzept mit mehreren Baustufen für das umzusetzende Infrastrukturprojekt ermittelt werden. Die Vorzugsvariante wird anschließend in einer Transitionsspezifikation detailliert ausgearbeitet.

### 1.3 Transitionsspezifikation

Das nationale ETCS-Planungsregelwerk bzw. ein entsprechendes Regelwerk des Nachbarlandes sind auf Grenzbetriebsstrecken durch die Schnittstellen zu Systemen des Nachbarlandes meist nicht vollständig anwendbar. Somit ist gemeinsam von beiden EIU eine projektspezifische Transitionsspezifikation als technische Beschreibung der ETCS-Ausrüstung inklusive der Transitionen an der Landesgrenze zu erarbeiten.

ly described in the European ETCS system specifications, but is used on the cross-border section between Bernhardsthal (Austria) and Břeclav (the Czech Republic). The mode of operation has been described in detail in [7] and elsewhere.

For both of these transition variants, sufficient and overlapping radio coverage into the neighbouring country is necessary in order to enable the radio connection in good time. In addition, the radio networks must also be connected between the involved IM.

The sub-variants of Level 2 with or without signals (L2mS or L2oS) in their respective combinations with the neighbouring country offer an even more detailed subdivision.

### 1.1.2 Level 2 to Level 1 FS transition variants

Another transition variant without a connection to the neighbouring RBC involves the transition to ETCS Level 1 Full Supervision (L1 FS). This intermediate step minimises the disadvantages of RBC coupling. This variant is suitable if an L1 FS retrofit has already been authorised in at least one of the two countries. No L1 FS system has yet been applied in Germany. Likewise, no system development and approval are being pursued. When equipping a system approved in the neighbouring country in Germany, it is possible to check whether the exemptions in section 3a (1) of the EBO (Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung [8]) and the EIGV (Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem [9]) apply (see also Chapter 2).

### 1.1.3 Temporary solutions

These variants represent the case in which (initially) only a unilateral ETCS retrofit is planned, meaning a transition to an existing Class B system (Level National Train Control (LNTC)). However, this can only be a temporary solution for achieving the goal of the Single European Railway Area, as ETCS-only vehicles cannot run there.

## 1.2 Investigating the variants

In principle, several technical solutions for ETCS equipment may be suitable for cross-border line projects. As an aid to decision-making, it is advisable to carry out a variant study in which the various solutions are analysed and evaluated.

The assessment criteria include the implementation of any previously defined requirements, the technical feasibility (e.g. approved products from suppliers) and the compatibility of the national ETCS versions (also regarding the vehicle equipment). Any necessary development and authorisation requirements and the feasibility of their timely implementation are also considered. Costs, affordability and the risk potential also play a role. In this way, the preferred variant or a concept with several construction stages can be determined for the infrastructure project to be implemented. The preferred option is then worked out in detail in a transition specification.

### 1.3 The transition specification

A country's ETCS planning regulations are not fully applicable to cross-border sections due to the interfaces with domestic systems. A project-specific transition specification must therefore be drawn up jointly by both the IM as a technical specification for the ETCS retrofit, including the transitions at the national border.

It needs to be developed for the final state, regardless of the specific design (the ETCS level, Class B system retention), even if,

Deren Erstellung ist unabhängig von der konkreten Ausgestaltung (ETCS-Level, Beibehaltung Klasse B-System) für den Endzustand erforderlich, auch wenn beispielsweise die Inbetriebnahme einer ETCS-Ausrüstung zunächst lediglich auf einer Seite der Grenze erfolgen wird und Übergangslösungen geplant werden.

Die Transitionsspezifikation stellt dabei ein Eingangsdokument für die Ausführungsplanung dar und macht für diese projektspezifische Vorgaben. Vergangene Projekterfahrungen zeigen, dass durch Wechselwirkungen zwischen Transitionsspezifikation und Ausführungsplanung iterative Anpassungen erforderlich sein können.

Die abgeschlossene Transitionsspezifikation ist nach dem europäisch standardisierten Risikobewertungsprozess (CSM-RA-Prozess [10]) sicherheitlich zu bewerten und anschließend durch eine Benannte Stelle (NoBo) auf TSI-Konformität zu prüfen. Damit die Transitionsspezifikation mit der Gültigkeit eines Planungsregelwerks durch ETCS-Planer und Planprüfer verwendet werden kann, erfolgt bei der DB InfraGO AG die Legitimierung durch eine Freigabe per Weisung.

**2 Beispiel Grenzübergang Görlitz**

Die beschriebene Vorgehensweise wird im Folgenden am Beispiel der ETCS-Ausrüstung zwischen den Grenzbahnhöfen Görlitz (Deutschland) und Zgorzelec (Polen) (Bild 1 und 2) konkretisiert.

Ein wesentliches Ziel des Projekts ist die Verbesserung der Umsteigebeziehungen im deutsch-polnischen Personenverkehr in der Europastadt Görlitz. Dies soll unter anderem durch den Lückenschluss der bereits elektrifizierten Grenzbetriebsstrecke in Polen bis in den Bahnhof Görlitz hinein erfolgen. Die Strecke ist auf der polnischen Seite bereits elektrifiziert, die Oberleitung endet jedoch aktuell kurz vor der Staatsgrenze. Die Inbetriebnahme der Bahnsteige an den Gleisen 3 und 4 für elektrische Triebfahrzeuge soll mit 3 kV DC (Gleichstrom) erreicht werden. (Bild 2).

for example, the ETCS retrofit is initially only commissioned on one side of the border and transitional solutions are planned.

The transition specification is an input document for the initial part of the detailed design phase and provides the project-specific specifications for this. Past project experience has shown that iterative adjustments may be necessary due to interactions between the transition specification and the detailed design phase. The completed transition specification must be evaluated for safety in accordance with the European Common Safety Method for Risk Assessment and Evaluation (CSM-RA process [10]) and then checked for TSI conformity by a Notified Body (NoBo). In order to ensure that ETCS planners and plan inspectors can use the transition specification with the validity of planning regulations, DB InfraGO AG legitimises it by means of a release by instruction.

**2 The example of the Görlitz border crossing**

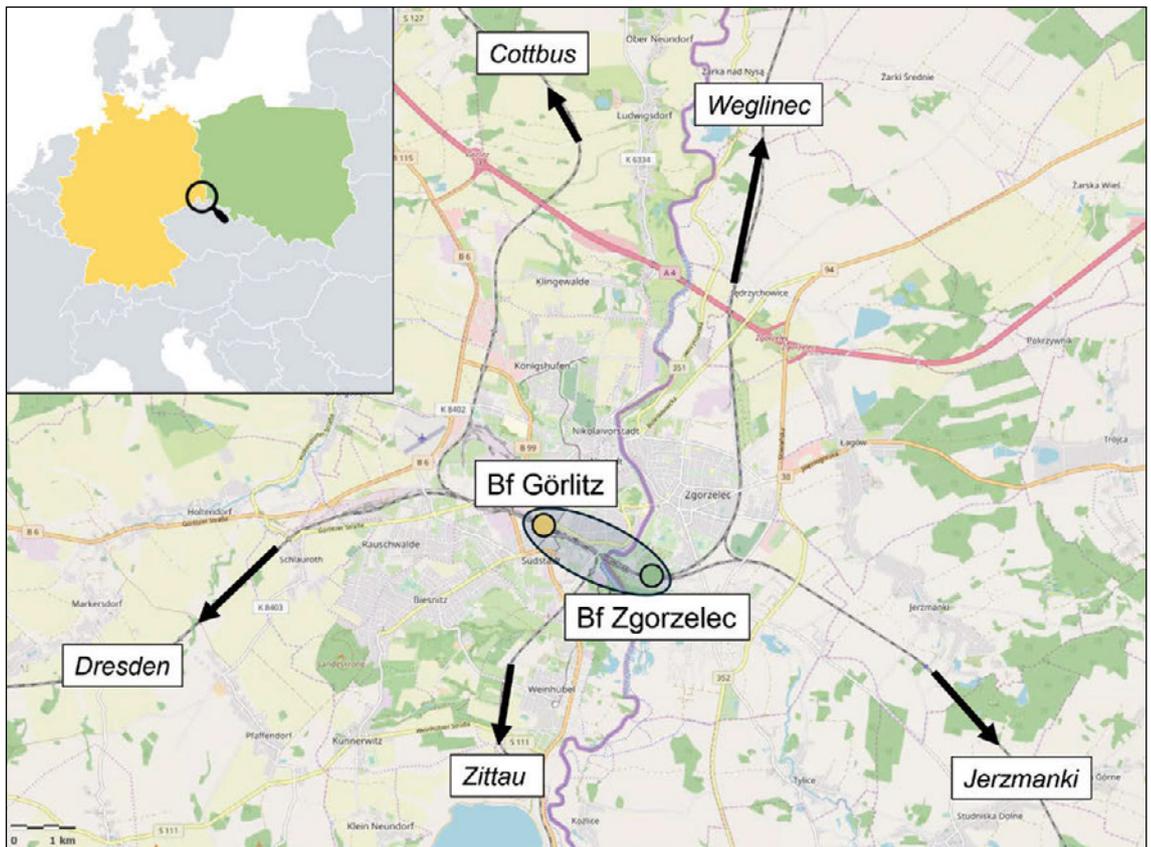
The described procedure has been concretised below using the example of the ETCS equipment between the border stations at Görlitz (Germany) and Zgorzelec (Poland) (fig. 1 and 2).

One of the main aims of the project is to improve the German-Polish passenger transport connections in the European city of Görlitz. This is to be achieved, amongst other things, by closing the gap in the already electrified cross-border section in Poland as far as the Görlitz station. The line is already electrified on the Polish side, but the overhead power line currently ends just before the national border. The commissioning of the platforms on tracks 3 and 4 for electric traction units will be achieved using 3 kV DC (direct current). (fig. 2)

Similarly, partial ETCS retrofitting is envisaged as part of the planned commissioning of this first construction phase in De-

**Bild 2: Geografische Lage der Grenzbetriebsstrecke**

Fig. 2: The geographical location of the cross-border section  
Quelle / Source: eigene Darstellung / own illustration, www.openstreetmap.org



Ebenso ist bis zur geplanten Inbetriebnahme dieser ersten Baustufe im Dezember 2026 eine Teilausrüstung mit ETCS vorgesehen [11]. Zusätzlich soll eine Anpassung der elektronischen Stellwerkstechnik (ESTW) und der Außenanlage für die Leit- und Sicherungstechnik (LST) stattfinden.

## 2.1 Planerische Herausforderungen bezüglich ETCS

Auf der polnischen Seite der Grenzbetriebsstrecke wird die Ausrüstung mit ETCS L2 für eine Inbetriebnahme im Jahr 2026 geplant. Auf deutscher Seite wurde ursprünglich die Implementierung von „ETCS signalgeführt“ (L1LS) vorgesehen. Nach der Feststellung, dass L1LS aufgrund vielfältiger, auch europäischer, Einschränkungen ausschließlich auf den Schweizer Grenzbetriebsstrecken zum Einsatz kommen kann, mussten für das Projekt Görlitz-Zgorzelec neue planerische Varianten gefunden werden. Wie auch andere ETCS-Projekte zeigen (siehe [2]), sind diese Lösungen maßgeblich von den Rahmenbedingungen und Herausforderungen vor Ort geprägt.

Das zukünftige Betriebskonzept sieht vor, dass polnische Fahrzeuge mit einer ETCS-Fahrzeugausrüstung nach Baseline 2 bis in den Bahnhof Görlitz verkehren und dort eine Umsteigebeziehung zur Weiterfahrt in Richtung Dresden, Cottbus und Zittau eingerichtet wird. Die DB InfraGO AG wird allerdings gemäß ETCS-Migrationsstrategie [4] konsequent eine streckenseitige Ausrüstung mit ETCS nach Baseline 3 umsetzen, welche sich inkompatibel zur fahrzeugseitigen ETCS Baseline 2 verhält. Dies bedeutet, dass die vorgesehenen polnischen ETCS-Bestandsfahrzeuge nicht unter ETCS auf Baseline 3-Strecken verkehren können.

Die Anforderungen im Bahnhof Görlitz ergeben sich somit aus dem polnischen Fahrzeugbetrieb mit Baseline 2 und ohne PZB. Weitere Herausforderungen resultieren aus den bereits in Abschnitt 1.2 benannten Bewertungskriterien wie Zeit und Kosten, politische Bestrebungen, technische Machbarkeit oder Finanzierungsmöglichkeiten.

## 2.2 Variantenuntersuchung der Lösungsmöglichkeiten

Zur technischen Lösungsfindung wurde im Projekt für die Ausrüstung des Bahnhofs Görlitz eine Variantenuntersuchung nach Bild 1 durchgeführt und bewertet:

Die Ausrüstung des Bahnhofs mit ETCS Level 2 Baseline 3 entfällt aus oben genannten Gründen, wegen der Inkompatibilität mit den polnischen Baseline 2-Fahrzeugen. Zudem wären umfangreiche Aufwände für die Entwicklung und Implementierung einer notwendi-

ger 2026 [11]. In addition, the electronic interlocking system and the external control and signalling system (CCS) will also be adapted.

## 2.1 The planning challenges regarding ETCS

On the Polish side of the cross-border section, the ETCS L2 retrofit is planned for commissioning in 2026. The implementation of “ETCS signalguided” (L1LS) was originally planned on the German side. After determining that L1LS can only be used on Swiss cross-border sections due to various restrictions, including European ones, new planning variants then had to be found for the Görlitz-Zgorzelec project. As other ETCS projects have also shown (see [2]), these solutions are significantly characterised by the framework conditions and on-site challenges.

The future operating concept provides that Polish vehicles with Baseline 2 ETCS on-board equipment will run as far as the Görlitz station, where a transfer connection will be set up for any onward travel towards Dresden, Cottbus and Zittau. However, in accordance with the ETCS migration strategy [4], DB InfraGO AG will consistently implement Baseline 3 ETCS trackside equipment, which is incompatible with the Baseline 2 onboard ETCS equipment. This means that the planned Polish ETCS vehicles will not be able to run under ETCS on Baseline 3 routes.

The requirements at the Görlitz station therefore result from Polish vehicle operations with Baseline 2 and without PZB. Further challenges result from the evaluation criteria already mentioned in section 1.2, such as the time and costs, political endeavours, technical feasibility or financing options.

## 2.2 A variant analysis of the possible solutions

A variant analysis has been carried out and evaluated in the Görlitz station retrofit project in order to find a technical solution in accordance with fig. 1:

Equipping the station with Baseline 3 ETCS Level 2 is not possible for the aforementioned reasons of incompatibility with the Polish Baseline 2 vehicles. In addition, the extensive efforts concerning the development and implementation of a necessary RBC-RBC interface between the two systems would be associated with high costs and development risks. The con-

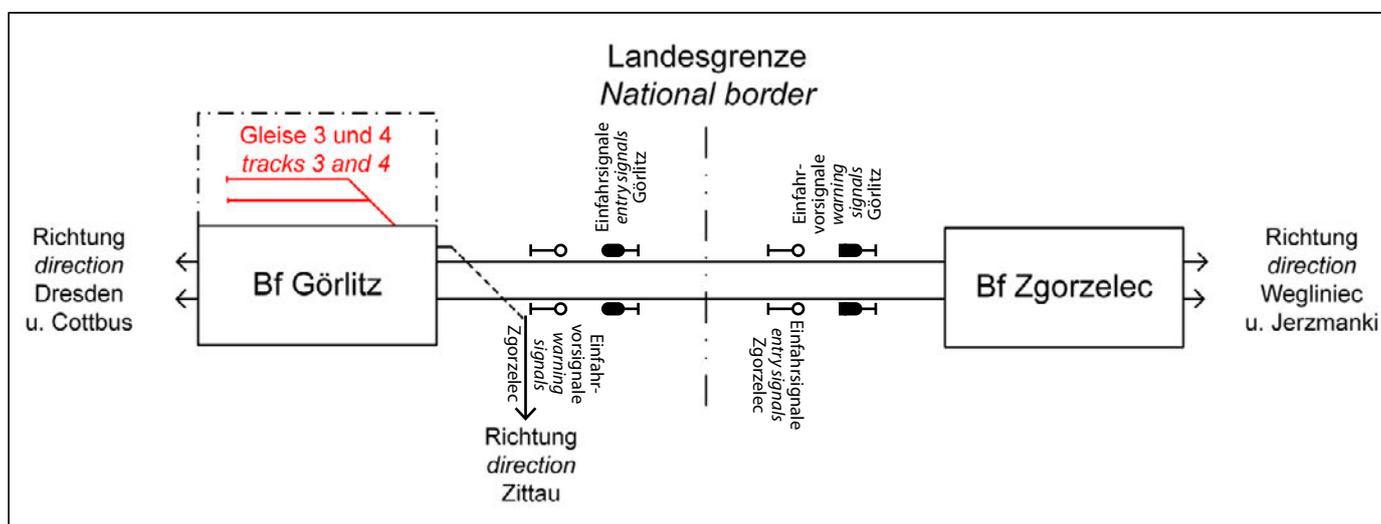


Bild 3: Schematische Übersicht der Grenzbetriebsstrecke

Fig. 3: Schematic overview of the cross-border section

Quelle / Source: eigene Darstellung / own illustration

gen RBC-RBC-Schnittstelle zwischen den beiden Systemen mit hohem Aufwand und Entwicklungsrisiken verbunden. Die erhebliche Investition in ein neues RBC zur Ausrüstung des Bahnhofs ist aufgrund des kurzen Streckenabschnitts und der priorisierten DSD-Migrationsstrategie in absehbarer Zeit nicht wirtschaftlich abbildbar.

Die Nutzung von ETCS L1 LS (welches bereits in Polen zugelassen ist) setzt eine Fahrzeug- und Streckenausrüstung nach Baseline 3 voraus. Eine Erfüllung der polnischen Anforderung, Baseline 2-Züge nach Görlitz fahren zu können, wäre somit auch unter Nutzung dieser Technik des Nachbarlandes nicht erreichbar.

Auf der polnischen Seite der Grenzbetriebsstrecke zwischen Görlitz und Zgorzelec wird aktuell ein Teil des Bahnhofs in Zgorzelec mit einer Streckenausrüstung L1 FS geplant. Zusätzlich sind in Polen bereits Strecken mit L1 FS in Betrieb, was eine Zulassung in Polen voraussetzt.

Als Option steht somit die Implementierung von ETCS L1 FS zur Debatte, was die Verlängerung bis in den Bf Görlitz ermöglichen würde. Zu klären bleibt bei dieser Variante, wie und ob sie im Grenzgebiet eingesetzt werden könnte (siehe Abschnitt 1.1).

Die Anwendung von § 3a (1) EBO kann daher, räumlich auf die Grenzbetriebsstrecke inklusive des Grenzbahnhofs Görlitz beschränkt, die Nutzung des polnischen ETCS L1 FS-Systems ermöglichen, ohne ein umfangreiches Zulassungsverfahren gemäß Sektorleitlinie [13] anstoßen zu müssen. Etwaige geringfügige Anpassungsbedarfe können auf den lokal begrenzten Ausrüstungsbereich in der zu erstellenden Transitionsspezifikation abgestimmt werden.

Die Anwendung von § 3a (1) EBO sowie § 10a EIGV stellt keinen Ausnahmefall dar, da diese Artikel explizit Teil der Gesetzgebung sind. Im Sinne der Aufsicht des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) ist die Verwendung von Vorschriften des Nachbarlandes dennoch gemeinsam zu klären.

Die Nutzung von ETCS L1 FS auf dem deutschen Teil der Grenzbetriebsstrecke und dem Grenzbahnhof gemäß Anwendung § 3a (1) EBO stellt somit die einzige potenzielle Variante dar, termingerecht bis 2026 polnische Züge mit einer ETCS-Fahrzeugausrüstung nach Baseline 2 in den Bahnhof Görlitz fahren zu können.

### 2.3 Technische Beschreibung der Vorzugsvariante

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Beitrags befindet sich die Transitionsspezifikation als Planungsgrundlage der technischen ETCS-Ausrüstung auf der Grenzbetriebsstrecke in der Erarbeitung. Daher wird das Konzept im Folgenden lediglich umrissen.

Im Allgemeinen wird die Streckenausrüstung von ETCS L1 FS von der bestehenden LST-Ausrüstung überlagert. Anders als in L2 erfolgt die Übertragung der Fahrterlaubnis nicht per Funkverbindung. Zur Übertragung der Fahrterlaubnis ist der Abgriff der Signal- und Fahrstraßeninformationen durch eine Lineside Electronic Unit (LEU) erforderlich. In Abhängigkeit von diesen Informationen senden Eurobalisen entsprechende ETCS-Datentelegramme an die Fahrzeuge. [14]

In Fahrtrichtung nach Deutschland sollen die ETCS-Fahrzeuge im Zielzustand bei der Ausfahrt aus dem Grenzbahnhof Zgorzelec aus dem polnischen L in L1 FS transitieren. In der Gegenrichtung sollen die ETCS-Fahrzeuge aus dem Grenzbahnhof Görlitz in L1 FS verkehren und bei der Ausfahrt aus dem Bahnhof Zgorzelec in Richtung Weglinec nach L2 wechseln.

Da die Einfahrt polnischer ETCS-Fahrzeuge nach dem geplanten Betriebskonzept lediglich in die Gleise 3 und 4 (Bild 3) in Görlitz erfolgt, soll die Ausrüstung mit schaltbaren Balisen, die abhängig von den Signal- und Fahrstraßeninformationen eine ETCS-Fahrterlaubnis übermitteln können, auch lediglich in diesen Regelfahrwegen erfolgen. Der restliche Bahnhof Görlitz und die Ausfahrt auf die ab-

siderable investment in a new RBC to equip the station is not economically feasible in the foreseeable future due to the short route section and the prioritised DSD migration strategy.

The use of ETCS L1 LS (which is already authorised in Poland) requires vehicles and lines to be retrofitted in accordance with Baseline 3. Fulfilment of the Polish requirement to be able to run Baseline 2 trains to Görlitz would therefore not be achievable even if this technology was used by the neighbouring country.

On the Polish side of the cross-border section between Görlitz and Zgorzelec, part of the station in Zgorzelec is currently being planned with L1 FS track equipment. Furthermore, lines with L1 FS are already in operation in Poland, which requires approval in Poland.

The implementation of ETCS L1 FS is therefore an option that would enable the extension to the Görlitz station. What remains to be clarified with this variant is how and whether it could be used in the border area (see section 1.1).

The application of section 3a (1) of the EBO can therefore enable the use of the Polish ETCS L1 FS system with a spatial limitation to the cross-border section, including the Görlitz border station, without having to initiate an extensive approval procedure in accordance with the "Sektorleitlinie" [13]. Any minor adjustment needs can be coordinated with the locally limited retrofit area described in the transition specification.

The use of section 3a (1) of the EBO and Section 10a of the EIGV does not constitute an exceptional case, as these articles are explicitly part of the legislation. In terms of the supervision of the German Federal Railway Authority (EBA), the use of any regulations from the neighbouring country must nevertheless be clarified jointly.

The use of ETCS L1 FS on the German part of the cross-border section and at the border station in accordance with the application of section 3a (1) of the EBO is therefore the only potential option for allowing Polish trains equipped with Baseline 2 ETCS to run into the Görlitz station by 2026.

### 2.3 The technical specification for the preferred variant

At the time of writing, the transition specification is currently being developed as the planning basis for the technical ETCS retrofit on the cross-border section. The concept has therefore only been outlined below.

In general, the ETCS L1 FS trackside equipment is superimposed on the existing CCS equipment. Unlike in L2, the transmission of the movement authority (MA) is not carried out by radio link. The signal and route information must be acquired by a lineside electronic unit (LEU) in order to transmit the MA. The Eurobalises then send the corresponding ETCS data telegrams to the vehicles depending on this information. [14] When travelling to Germany, the ETCS vehicles in the target state should transit from Polish L2 to L1 FS when leaving the Zgorzelec border station. In the opposite direction, the ETCS vehicles should run from the Görlitz border station in L1 FS and change to L2 when leaving the Zgorzelec station when heading in the direction of Weglinec.

As the Polish ETCS vehicles will only enter tracks 3 and 4 (fig. 3) in Görlitz according to the planned operating concept, the retrofit with switchable balises, which can transmit an ETCS MA depending on the signalling and route information, will only be take place on these standard routes. The rest of the Görlitz station and the exit onto the branch line in the direction of Zittau will be equipped with fixed data balises.

zweigende Strecke in Richtung Zittau soll mit nicht-schaltbaren Balisen ausgerüstet werden. Im Falle einer außerplanmäßigen Fahrt in ein abweichendes Gleis können so polnische Züge ohne eine PZB-Ausrüstung (Punktförmige Zugbeeinflussung, PZB) kontrolliert gestoppt und an der Weiterfahrt ohne Zugbeeinflussung gehindert werden. Insgesamt ist lediglich eine geringe Anzahl an Signalen mit schaltbaren Balisen auszurüsten.

Die Projektierung der Streckenausrüstung auf der Grenzbetriebsstrecke soll gemäß § 3a (1) EBO nach polnischen Vorgaben erfolgen. Dazu zählen z. B. Vorgaben zu Balisenstandorten an Signalen und zu übertragenden Balisentelegrammen. Im Rahmen der Transitionsspezifikation in Verbindung mit der anschließenden CSM-RA sollen diese Vorgaben für die ETCS-Planung auf dem kurzen deutschen Abschnitt legitimiert werden (s. Abschnitt 1.3).

Eine Herausforderung ist dabei, dass das System ETCS L1 FS in Polen gemäß Baseline 2.3.0d nach Spezifikationsgruppe #1 [15] spezifiziert ist. Nach Abschnitt 7.4.1.2 der aktuell gültigen TSI ZZS 2023/1695 [16] ist die Anwendung der Spezifikationsgruppe #1 nur im stark eingeschränkten Ausnahmefall möglich. Für die Ausrüstung der Grenzbetriebsstrecke Görlitz–Zgorzelec ist die Berufung auf eine Ausnahme nicht möglich. Es ist daher geplant, beim EBA einen Antrag auf Nicht-Anwendung der aktuell gültigen TSI ZZS zu stellen, der dann die Anwendung der in Polen genutzten Spezifikationsgruppe #1 gemäß der TSI ZZS 2016/919 [17] erlaubt.

## 2.4 Weiteres Vorgehen

Aktuell erfolgt die Erarbeitung der Transitionsspezifikation als Grundlage für die Ausführungsplanung der ETCS-Streckenausrüstung. Sowohl die Anwendung des § 3a (1) EBO zur Ausrüstung mit ETCS L1FS als auch die Nicht-Anwendung der aktuell gültigen TSI ZZS befinden sich zurzeit im Abstimmungsprozess mit dem EBA.

## 3 Zusammenfassung und Ausblick

Das konkrete Beispiel Görlitz-Zgorzelec zeigt, dass die Implementierung einer ETCS-Ausrüstung und somit die Herstellung eines interoperablen Grenzbetriebs unter den vorgegebenen Rahmenbedingungen komplex ist und keine erprobte technische Lösung für das Projekt geplant werden kann. Mit Offenheit für alternative Ausrüstungsvarianten konnte eine potenzielle Möglichkeit gefunden werden, die auf der Nutzung der Technik des Nachbarlands beruht. EIGV § 10 a und EBO § 3a (1) bieten an dieser Stelle gewisse Flexibilität,

In the event of an unscheduled journey to a deviating track, Polish trains without any PZB equipment (PZB, Punktförmige Zugbeeinflussung) can thus be stopped in a controlled manner and prevented from continuing their journey without any train control. In total, only a small number of signals need to be equipped with switchable balises.

The project planning for the track retrofit on the cross-border section should be carried out in accordance with the Polish specifications pursuant to section 3a (1) of the EBO. These include, for example, the specifications for the balise locations at signals and for the transmitted balise telegrams. These specifications have to be legitimised for the ETCS planning on the short German section as part of the transition specification in conjunction with the subsequent CSM-RA (see section 1.3). One challenge here lies in the fact that the ETCS L1 FS system in Poland is specified according to Baseline 2.3.0d in accordance with Specification Group #1 [15]. According to section 7.4.1.2 of the currently valid TSI CCS 2023/1695 [16], the use of Specification Group #1 is only possible in very limited exceptional cases. It is not possible to invoke an exception for the retrofit of the Görlitz – Zgorzelec cross-border section. The plan is therefore to submit a request to the EBA for the non-application of the currently valid TSI CCS, which will allow the application of Specification Group #1 used in Poland in accordance with TSI CCS 2016/919 [17].

## 2.4 The next steps

The transition specification is currently being developed as the basis for the detailed design phase of the ETCS line retrofit. Both the application of section 3a (1) of the EBO for retrofitting ETCS L1FS and the non-application of the currently valid TSI CCS are currently in the coordination process with the EBA.

## 3 Summary and outlook

The specific example of Görlitz-Zgorzelec shows that the implementation of ETCS equipment and thus the creation of interoperable border operations is complex under the given framework conditions and that no proven technical solution can be planned for the project. When open to alternative equipment options, a potential variant could be found that is based on the use of technology from the neighbouring country. Section 10a

# WEGE IN DIE ZUKUNFT.

Komplettlösungen für Verkehrswege von morgen

- Gleisbau
- Tief- und Spezialtiefbau
- Ingenieurbau
- Kommunikations- und Elektrotechnik
- Leit- und Sicherungstechnik
- Signalanlagen
- Stromschiene | Fahrleitung | Starkstrom
- Logistik & Gerätevermietung
- Sicherung & Vermessung
- Verkehrsleittechnik
- Eisenbahnhistorie



BUG-GRUPPE  
t +49 30 818 700-0  
www.bug-gruppe.de



**BUG-GRUPPE**  
#DeutschlandweitVernetzt

auf zugelassene Systeme des Nachbarlandes zurückzugreifen. Ob diese Chance hier genutzt werden kann, ist derzeit noch offen.

Aktuell gehen einzelne Infrastrukturprojekte an Landesgrenzen mit erheblichem Aufwand voran, um technische Lösungen und zugehörige Prozesse zu erarbeiten. Diese Projekterfahrungen helfen bei der Etablierung von Standards für Grenzübergänge und können weitere Projekte unterstützen. Nur durch die konsequente Ausrüstung von grenzüberschreitenden Eisenbahnstrecken mit ETCS kann die technische Interoperabilität im Sinne des Einheitlichen Europäischen Eisenbahnraums verbessert werden. ■

of the EIGV and section 3a (1) of the EBO offer the flexibility to utilise approved systems from the neighbouring country at this point. Whether this opportunity can be utilised here remains to be seen.

Individual infrastructure projects at national borders are currently making considerable efforts to develop technical solutions and associated processes. This project experience helps to establish standards for border crossings and can support further projects. Only by consistently equipping cross-border railway lines with ETCS can technical interoperability in the sense of the Single European Railway Areas be improved. ■

## AUTOREN | AUTHORS

### Johannes Müller, M.Sc.

Unterstützer für ETCS Entwicklungsprojekte /  
Supporter for ETCS Development Projects  
DB InfraGO AG  
Anschrift / Address: Auenweg 7, D-50679 Köln  
E-Mail: johannes.m.mueller@deutschebahn.com

### Dipl.-Wirtsch.-Ing. Verena Grübert

Unterstützer für ETCS Entwicklungsprojekte /  
Supporter for ETCS Development Projects  
DB InfraGO AG  
Anschrift / Address: Adam-Riese-Straße 11-13, D-60327 Frankfurt  
E-Mail: verena.gruebert@deutschebahn.com

## LITERATUR | LITERATURE

[1] BMDV: Europäische Eisenbahnpolitik, <https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Mobilitaet/Schiene/Europaeische-Eisenbahnpolitik/europaeische-eisenbahnpolitik.html>, 25.03.2025 um 15:29 Uhr

[2] Brune, L. et al.: ETCS an Landesgrenzen: Interoperabilität und Ausrüstungsvarianten, SIGNAL+DRAHT 07+08/2021

[3] Müller, J.; Brune, L.: Betriebsverfahren für Grenzbetriebsstrecken mit ETCS-Ausrüstung, Deine Bahn 03/2023

[4] DB InfraGO AG: ETCS Migrationsstrategie, <https://www.dbinfrago.com/web/schiennetz/etcs/etcs-migrationsstrategie-11089586#>, 27.03.2025 um 09:59 Uhr

[5] Maschek, U.; Han, Y.: ETCS signalgeführt in: Trinckauf, J.; Maschek, U.; Kahl, R.: ETCS in Deutschland, 2. Auflage, Leverkusen: GRT Global Rail Academy and Media GmbH, 2024

[6] UNISIG: FIS for the RBC/RBC handover SUBSET 39, 2015, [https://www.era.europa.eu/system/files/2023-01/sos3\\_index012\\_-\\_subset-039\\_v320.pdf](https://www.era.europa.eu/system/files/2023-01/sos3_index012_-_subset-039_v320.pdf), 28.03.2025 um 12:53 Uhr

[7] ERTMS Users Group: Engineering Guideline 76. Border Crossings, [https://ertms.be/wp-content/uploads/2024/07/17E087-4\\_Border-Crossings.pdf](https://ertms.be/wp-content/uploads/2024/07/17E087-4_Border-Crossings.pdf), 25.03.2025 um 14:51 Uhr

[8] Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung, <https://www.gesetze-im-internet.de/ebo/>, 07.03.2025 um 08:58 Uhr

[9] Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem, <https://www.gesetze-im-internet.de/eigv/>, 25.03.2025 um 16:26 Uhr

[10] Europäische Kommission: Durchführungsverordnung (EU) Nr. 402/2013 der Kommission vom 30. April 2014 über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung von Risiken und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 352/2009, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013R0402>, 28.03.2025 um 12: 57 Uhr

[11] DB BaulInfoPortal: Görlitz – Grenze D/PL (-Zgorzelec) Elektrifizierung, <https://bauprojekte.deutschebahn.com/p/goerlitz>, 26.03.2025 um 15:03 Uhr

[12] European Commission: TENtec Version 6.2.0, <https://webgate.ec.europa.eu/tentec-maps/web/public/screen/home>, 25.03.2025 um 15:59 Uhr

[13] Eisenbahn-Bundesamt: Sektorleitlinie Ausgabe 2.0, 2024, [https://www.eba.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Infrastruktur/AllgemeineVorschriften/VV\\_GluV/Sektorleitlinie/22\\_Sektorleitlinie.html](https://www.eba.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Infrastruktur/AllgemeineVorschriften/VV_GluV/Sektorleitlinie/22_Sektorleitlinie.html), 28.03.2025 u, 12:02 Uhr

[14] Kunze, M.: ETCS-Level/Ausrüstungsstufen in: Trinckauf, J.; Maschek, U.; Kahl, R.: ETCS in Deutschland, 2. Auflage, Leverkusen: GRT Global Rail Academy and Media GmbH, 2024

[15] ERA: Archived – Set of specifications 1 (ETCS B2 GSM-R B1), <https://www.era.europa.eu/era-folder/archived-set-specifications-1-etcs-b2-gsm-r-b1>, 25.03.2024 um 16:47 Uhr

[16] Europäische Kommission: Durchführungsverordnung (EU) 2023/1695 der Kommission vom 10. August 2023 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union und zur Aufhebung der Verordnung (EU) 2016/919, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1695>, 25.03.2026 um 16:50 Uhr

[17] Europäische Kommission: Verordnung (EU) 2016/919 der Kommission vom 27. Mai 2016 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02016R0919-20200311>, 26.03.2026 um 16:48 Uhr

# ETCS L1 FS plus mit L2-Funktionalitäten: neue Architektur bei der luxemburgischen Eisenbahn in Betrieb

## ETCS L1 FS plus with L2-Features: a new architecture in service at the Luxembourg railway

Andre Wenning | Marcell Gransch

Nach der vollständigen Umstellung auf European Train Control System (ETCS) im Jahr 2017 stieß das luxemburgische Bestandssystem zunehmend an seine Grenzen. Um den Betrieb zu optimieren und moderne Technik nutzen zu können, wurde eine umfassende Modernisierung eingeleitet. Ziel war die Integration der ETCS-Funktionen in das Digitale Stellwerk (DSTW) sowie eine Reduktion der streckenseitigen Signalisierung. Die Wahl fiel auf eine innovative Lösung, die gemeinsam mit Scheidt & Bachmann (S&B) auf der Nordstrecke bis zur belgischen Grenze umgesetzt wurde.

### 1 Motivation

Die kontinuierliche Optimierung und Weiterentwicklung des Bahnbetriebs ist ein zentrales Ziel der luxemburgischen Eisenbahn (Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois – CFL). Vor diesem Hintergrund wurde das Innovations- und Entwicklungsprojekt „ETCS L1 FS plus“ für die Nordstrecke gemeinsam mit Scheidt & Bachmann Signalling Systems GmbH ins Leben gerufen. Bereits in einer frühen Phase wurden die Anforderungen an eine zukunftsorientierte und wirtschaftlich optimierte ETCS Level 1 (L1) Lösung definiert. Zwar bietet ETCS Level 2 (L2) einige betriebliche Vorteile, doch die hohe Investition in die Funkinfrastruktur machte eine flächendeckende Einführung, insbesondere auf weniger frequentierten Strecken, wirtschaftlich wenig sinnvoll. Auch andere Faktoren sprachen gegen einen vollständigen Wechsel: die Abhängigkeit von Mobilfunknetzen, die kurzen Innovationszyklen der Mobilfunktechnik im Vergleich zur langlebigeren Sicherheitstechnik sowie der Wunsch der CFL, vereinfachte ortsfeste Signale für Rangierbewegungen und als Rückfallebene beizubehalten [1]. Aufgrund dieser Überlegungen entschied sich die CFL für eine gezielte Weiterentwicklung der bestehenden ETCS Level 1 Full Supervision (ETCS L1 FS) -Lösung. Ziel war es, die Vorteile moderner DSTW mit den bewährten Elementen von L1 FS zu verbinden und dabei im Rahmen des europäischen ETCS-Standards zu bleiben.

### 2 Funktionsweise der ETCS-Architektur im DSTW ZSB 2000

#### 2.1 ZSB 2000 Systemarchitektur

Das digitale Stellwerkssystem ZSB 2000 ist ein modular aufgebautes, softwarebasiertes System, das aus drei funktional getrennten Ebenen besteht: dem Leit- und Bediensystem (LBS), der Sicherungsebene und der Feldebene. Diese kommunizieren über rückwirkungs-freie Schnittstellen miteinander und übernehmen jeweils klar definierte Aufgaben innerhalb des Gesamtsystems. Das LBS übernimmt die Visualisierung der Betriebszustände, ermöglicht die Steuerung des Bahnbetriebs und dient der Systemdiagno-

After completing the switch to European Train Control System (ETCS) in 2017, Luxembourg's existing system has increasingly reached its limits. As such, a comprehensive modernisation program was launched to optimise operations and leverage modern technology. The aim was to integrate ETCS functions into the digital interlocking system and reduce trackside signalling. An innovative solution has been chosen and implemented in collaboration with Scheidt & Bachmann (S&B) on the northern line to the Belgian border.

### 1 Motivation

The continuous optimisation and further development of rail operations is a key objective of the Luxembourg railway company (Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois – CFL). The “ETCS L1 FS plus” innovation and development project for the northern line was launched in collaboration with Scheidt & Bachmann Signalling Systems GmbH against this backdrop. The requirements for a future-oriented and economically optimised ETCS Level 1 (L1) solution were defined at an early stage. Although ETCS Level 2 (L2) offers a number of operating advantages, the high investment in radio infrastructure makes its widespread introduction economically unviable, especially on less frequented lines. Other factors also argued against a complete change: the dependence on mobile phone networks, the short innovation cycles of mobile phone technology compared to the more durable safety technology and CFL's desire to retain simplified fixed signals for shunting movements and as a fallback option [1]. CFL decided to further develop its existing ETCS Level 1 Full Supervision (ETCS L1 FS) solution in a targeted manner based on these considerations. The aim was to combine the advantages of modern digital interlocking systems with the proven elements of L1 FS while remaining within the framework of the European ETCS standard.

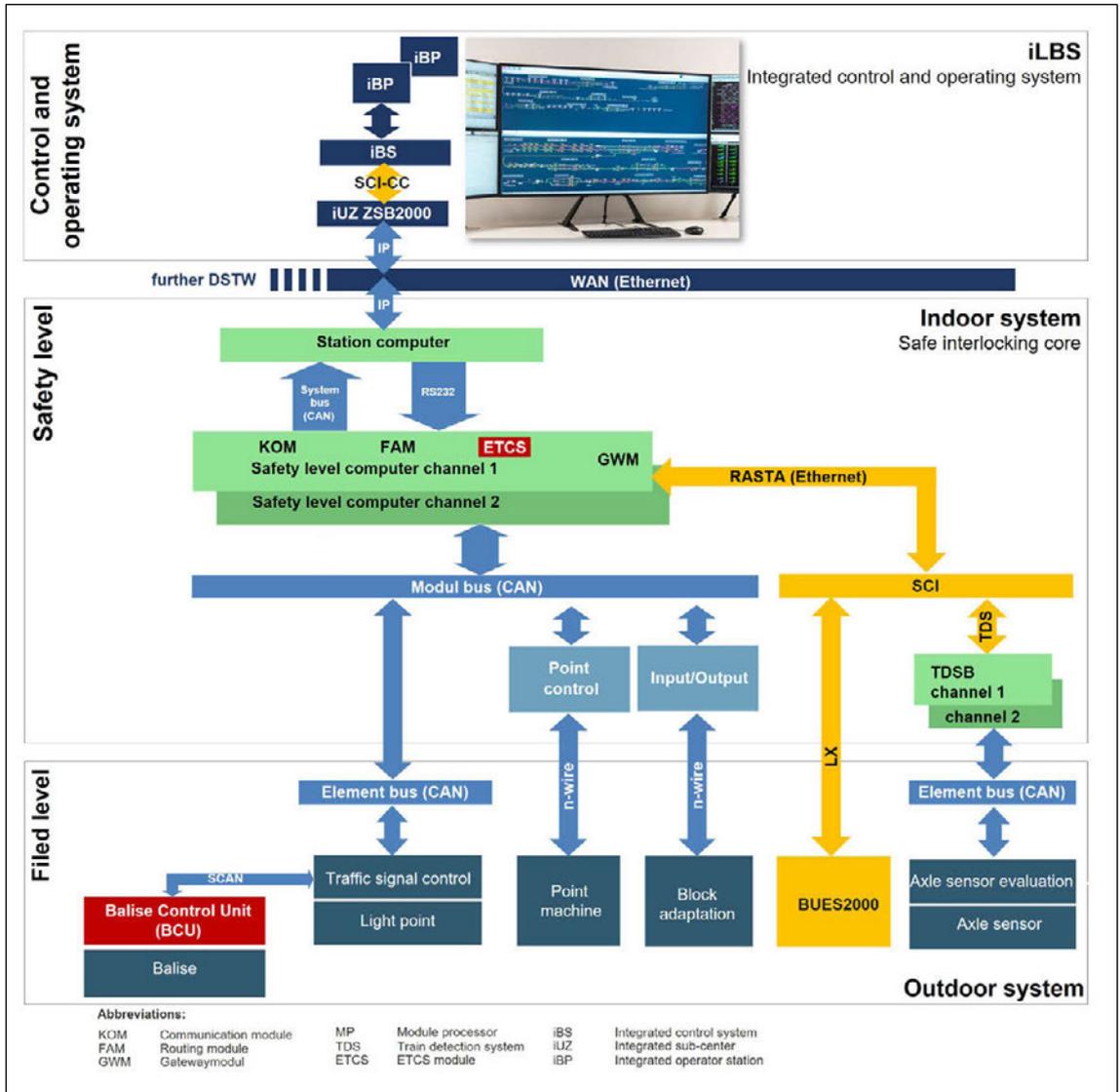
### 2 How the ETCS architecture works in the ZSB 2000 digital interlocking system

#### 2.1 The ZSB 2000 system architecture

The ZSB 2000 digital interlocking system is a modular, software-based system consisting of three functionally separate levels: the control and operating system, the safety level and the field level. These communicate with each other via non-reactive interfaces and perform clearly defined tasks within the overall system.

**Bild 1: Systemarchitektur DSTW ZSB 2000**

Fig. 1: The ZSB 2000 system architecture  
 Quelle / Source: eigene Darstellung / own illustration



se. In der Sicherungsebene werden sicherheitsrelevante Prozesse zentral überwacht und gesteuert. Sie prüft Bedienhandlungen und setzt sicherheitsrelevante Logiken wie Fahrstraßenbildung, Gleisfreimeldungen und ETCS-Funktionen um. Auf der Feldebene übernehmen eigenintelligente Controller die Steuerung und Überwachung von Signalen, Weichen, Gleissperren und Bahnübergängen. Zudem erfassen sie die Gleisbelegung mittels Achszähltechnik.

Ein zentrales Element der Systemarchitektur ist die Anbindung über standardisierte SCI-Schnittstellen. Diese ermöglichen eine herstellerunabhängige, flexible Integration sicherungstechnischer Komponenten. Über die Schnittstelle SCI-TDS wird das dedizierte Achszählsystem TDSB (Train Detection System von Scheidt & Bachmann) angebunden.

Das Herzstück der ETCS-Erweiterung bildet die Balise Control Unit (BCU). Sie überträgt ETCS-Telegramme punktuell an schaltbare Balisen und wird direkt von der ETCS-Logik innerhalb des sicheren Stellwerkskerns angesteuert. Die Generierung der Telegramme erfolgt ohne ortsfeste Signale – die Führerraumsignalisierung im Modus FS macht diese im Prinzip überflüssig. Aus betrieblichen Gründen wird dennoch eine vereinfachte Signalisierung beibehalten. Der Grund liegt in der punktuellen Datenübertragung über Balisen: Ein stehender Zug hätte ohne ergänzende Signale keine Möglichkeit zu erkennen, ob eine Fahrterlaubnis an der nächsten Balise vorliegt. Die re-

The control and operating system visualises operating states, enables rail traffic control and performs system diagnostics. Any safety-related processes are centrally monitored and controlled at the safety level. It checks the operating actions and implements the safety-related logic such as route planning, track clearance signals and ETCS functions. Intelligent controllers assume the control and monitoring of the signals, points, track locks and level crossings at the field level. They also detect track occupancy using axle counting technology.

The connection via standardised SCI interfaces constitutes a central element of the system architecture. These enable the manufacturer-independent, flexible integration of safety components. The TDSB (Train Detection System from Scheidt & Bachmann) dedicated axle counting system is connected via the SCI-TDS interface.

The Balise Control Unit (BCU) forms the heart of the ETCS extension. It transmits ETCS telegrams selectively to switchable balises and is controlled directly by the ETCS logic within the digital interlocking system. The telegrams are generated without any fixed signals – the driver’s cab signalling in FS mode makes these superfluous in principle. However, simplified signalling is retained for operating reasons. The reason for this is the selective data transmission via balises: a stationary train would have

duzierte Signalisierung stellt somit eine wichtige Ergänzung zur reinen Führerraumanzeige dar.

**2.2 Balisensteuerung**

Die Transparentdatenbalisen werden im digitalen Stellwerkssystem ZSB 2000 über die BCU angebunden. Die Kommandierung und Überwachung der BCU erfolgt im Stellwerkskern durch die ETCS-Task.

**2.2.1 Paketspeicher (PLUT) und Zuordnungstabelle**

Der Datenkanal zwischen dem Stellwerkskern ZSB 2000 und der BCU wird durch die bereits betriebsbewährte und robuste CAN-Schnittstelle realisiert. Diese ist gut geeignet, ein sicheres und stabiles Kommunikationsnetzwerk zu betreiben. Allerdings stellt die Größe der Balisentelegramme (1023 Bit bei Long-Telegrammen, 341 Bit bei Short-Telegrammen) eine Herausforderung dar, insbesondere, wenn die Kommandierung einschließlich der Dateninhalte gleichzeitig an mehrere Balisen erfolgen soll.

Außerdem ist durch die Struktur der UNISIG-Daten aus Standard-Paketen („Packets“) und daraus erzeugten Balisentelegrammen („Telegrams“) schnell erkennbar, dass die Dateninhalte der verwendeten Balisentelegramme große Ähnlichkeiten aufweisen, da bestimmte Pakete, wie etwa das „Gradient Profile“ oder die „Geographical Position“, für einen Standort immer gleich sind. Eine direkte Übertragung dieser Daten würde daher zu einem hohen Maß an Redundanz führen und unnötigen Datenverkehr auf der Kommunikationsschnittstelle verursachen.

Dies führt zur Überlegung, dass idealerweise für jede Transparentdatenbalise ein Paketspeicher in der BCU angelegt und verwaltet wird, der alle für diesen Standort jemals notwendigen Pakete enthält, also auch für etwaige Langsamfahrstellen. Der Inhalt des Paketspeichers wird bei der Initialisierung des Stellwerkssystems einmalig in die BCU geladen. Ein Prüfsummenverfahren sorgt für die Integrität der Daten im Paketspeicher und ermöglicht die Reduktion des Datenverkehrs bei nachfolgenden Systemstarts.

no way of knowing whether it had permission to proceed at the next balise without any additional signals. The reduced signaling is therefore an important addition to the driver’s cab display.

**2.2 The Balise Control Unit**

The transparent data balises are connected to the ZSB 2000 digital interlocking system via the BCU. The BCU is controlled and monitored in the interlocking core by the ETCS task.

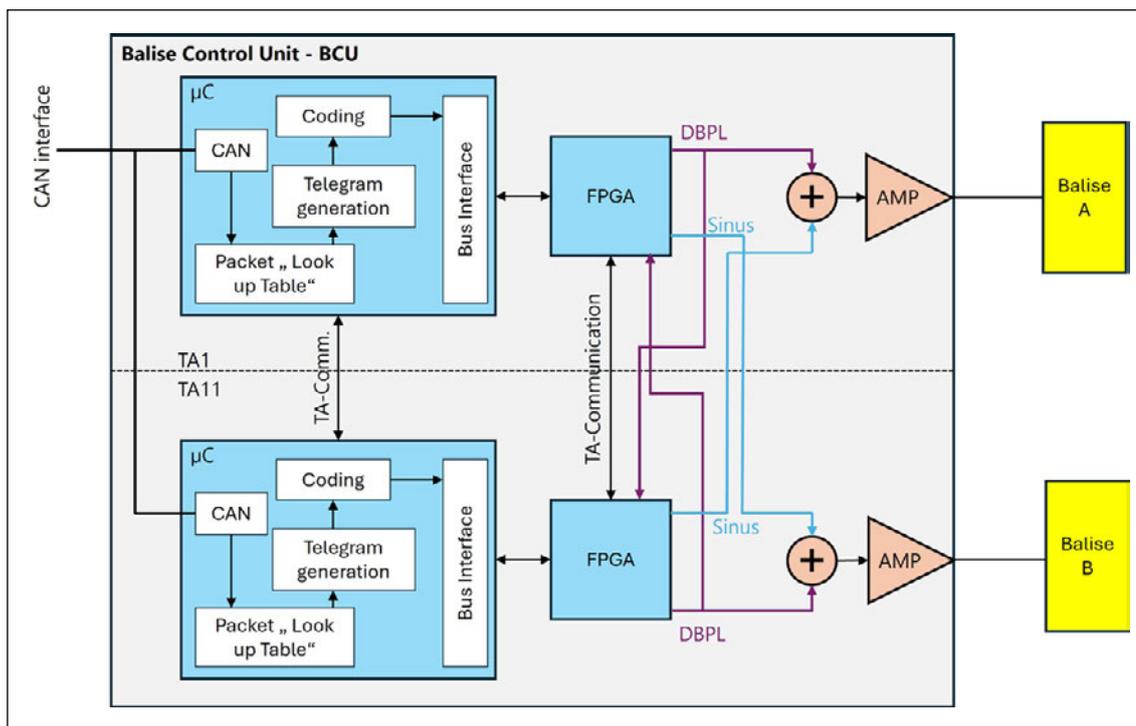
**2.2.1 The package memory (PLUT) and allocation table**

The data channel between the ZSB 2000 interlocking system’s core and the BCU is implemented using the tried-and-tested, robust CAN interface. This is well suited to operating a secure and stable communication network. However, the size of the balise telegrams (1023 bits for long telegrams, 341 bits for short telegrams) poses a challenge, especially when commands, including data content, are to be sent to several balises simultaneously.

Furthermore, the structure of the UNISIG data from the standard packets (“packets”) and the balise telegrams generated from them (“telegrams”) makes it easy to see that the data contents of the used balise telegrams are very similar. Certain packets, such as the “Gradient Profile” or the “Geographical Position,” are always the same for a given location. Direct transmission of this data would therefore lead to a high degree of redundancy and cause unnecessary data traffic on the communication interface.

This led to the consideration that, ideally, a packet memory containing all the packets ever required for this location, including any slow speed sections, should be created and managed in the BCU for each transparent data balise. The contents of the packet memory are loaded into the BCU once during the initialisation of the interlocking system. A checksum procedure ensures the integrity of the data in the packet memory and reduces the data traffic during any subsequent system starts.

The packet memory is completely transparent and does not contain any ETCS specifics so as to be independent of any adjustments to the UNSIG specifications or any other enhancements. Basically,



**Bild 2: Funktionsweise der BCU**

Fig. 2: The BCU functionality  
Quelle / Source: eigene Darstellung / own illustration

Um unabhängig von Anpassungen der UNSIG-Spezifikationen oder anderen Erweiterungen zu sein, ist dieser Paketspeicher völlig transparent aufgebaut und enthält keine ETCS-Spezifikation. Im Grunde ist der Paketspeicher ein signaltechnisch sicheres, transparentes Speicherfeld im nicht flüchtigen Speicher der BCU.

Zusätzlich zu den eigentlichen Daten (Paketen), die fortlaufend im Speicher abgelegt werden, wird eine Referenzliste, die sogenannte Zuordnungstabelle, übertragen. Diese enthält für jedes Paket, das eine eindeutige Nummer besitzt, die relative Startadresse im Speicher und die zugehörige Paketlänge. Die Zuordnungstabelle wird ebenfalls im nicht flüchtigen Speicher der BCU abgelegt und – wie die PLUT selbst – über ein zyklisches Verfahren geprüft (Prüfsumme). Dieses Verfahren wird auch verwendet, um beim Start des ZSB 2000 die Integrität der Daten sicherzustellen.

Die Kommandierung eines Balisentelegramms erfolgt ausschließlich auf Basis der Zuordnungstabelle und der dort enthaltenen Pakete. Das bedeutet, dass die BCU anhand der kommandierten Paketnummern sowie der bekannten Zuordnungstabelle und dem Paketspeicher (PLUT) das Balisentelegramm in der Rohform erzeugt.

Durch eine intelligente und ressourcenschonende Algorithmik wird das Balisentelegramm anschließend nach UNISIG-Standard zweikanalig sicher kodiert und an die jeweilige Balise gesendet. Die kontinuierliche Überwachung des Datenstroms zur Balise erfolgt ebenfalls zweikanalig.

**2.3 Exklusive Features: Innovation und Funktionalität im Fokus**

**2.3.1 Vereinfachtes Signalsystem mit Freigabesignalen**

Die Systemarchitektur des integrierten ETCS DSTW ZSB 2000 erlaubt eine deutlich vereinfachte Signalisierung, da ETCS-relevante Informationen nicht mehr über klassische Signalbilder mittels Lineside Electronic Unit (LEU) abgeleitet werden müssen, sondern per moderner Kommunikationsverbindung im gesamten System zur Verfügung ste-

the packet memory is a signal-safe, transparent memory field in the non-volatile memory of the BCU.

In addition to the actual data (packets) that are continuously stored in the memory, a reference list, known as the allocation table, is also transferred. This contains the relative start address in the memory and the corresponding packet length for each packet with a unique number. The allocation table is also stored in the non-volatile memory of the BCU and, like the PLUT itself, is checked using a cyclic procedure (checksum). This procedure is also used to ensure the integrity of the data when the ZSB 2000 is started.

A balise telegram is commanded exclusively based on the allocation table and the packets it contains. This means that the BCU generates the balise telegram in a raw form using the commanded packet numbers, the known allocation table and the packet memory (PLUT).

The balise telegram is then securely encoded on two channels using intelligent and resource-saving algorithms in accordance with the UNISIG standard and is sent to the given balise. Continuous monitoring of the data stream to the balise also takes place on two channels.

**2.3 Exclusive features: a focus on innovation and functionality**

**2.3.1 The simplified signal system with release signals**

The system architecture of the integrated ETCS ZSB 2000 digital interlocking allows for significantly simplified signalling, as ETCS-relevant information no longer has to be derived from classic signal images via lineside electronic unit (LEU), but is instead available throughout the entire system via modern communication links. Instead, a significantly reduced signalling system with release signals could be introduced, which consider-

**Bild 3: Übersicht des vereinfachten Signalsystems**

Fig. 3: The simplified signal system

Quelle / Source: eigene Darstellung / own illustration



hen. Damit konnte ein deutlich reduziertes Signalsystem mit Freigabesignalen eingeführt werden, was die Komplexität der Infrastruktureinrichtungen erheblich verringert. Die Signalisierung erfolgt mit einem weißen und einem blauen Lichtpunkt pro Freigabesignal – in Anlehnung an das klassische CFL-Rangiersignal. Diese Lösung deckt nicht nur den Regelbetrieb, sondern auch Rangier- und Baustellensituationen ab und senkt gleichzeitig die Investitionskosten durch die Reduzierung der Komplexität von Signalfunktionen (bspw. keine Anzeiger und Vorsignale...). Neben dem finanziellen Einsparpotenzial wird zusätzlich die Signalmasse deutlich reduziert, sodass die Hauptsignale als Klappmaste ausgeführt werden können, wodurch Wartungsarbeiten bequem vom Boden aus möglich sind – ohne umfangreichen Aufwand für Arbeitsplatzsicherung für Personal, das auf das Signal steigen muss.

### 2.3.2 Innovative Handhabung von Langsamfahrstellen

Ein wesentlicher Nachteil klassischer ETCS L1-Lösungen mit LEU liegt in der aufwendigen Handhabung von Langsamfahrstellen, die bisher den Einsatz von „Wurfbalisen“ (temporäre Balisen) oder Anpassungen an der LEU-Konfiguration erforderten [2]. Die hier eingesetzte Lösung nutzt hingegen eine zentrale, digitale Balisenansteuerung mittels BCU. Dadurch lassen sich vordefinierte Telegramme flexibel und sicher vom Stellwerkskern aus verwalten und bei Bedarf über das LBS gezielt über moderne Kommunikationsverbindungen aktivieren oder deaktivieren. Dies ermöglicht eine deutlich effizientere und unabhängigere Verwaltung von Telegrammen für Langsamfahrstellen.

### 2.3.3 Baustellenmodus

Freigabesignale können im Rahmen von Arbeitsgleisen zusätzlich einen speziellen Baustellenmodus anzeigen. Dafür müssen im LBS definierte Merker vor und hinter dem betroffenen Gleisabschnitt gesetzt werden. Im aktivierten Baustellenmodus leuchten am Signalstandort beide Lichtpunkte gleichzeitig. Diese Signalstellung erlaubt Arbeitsfahrzeugen die Weiterfahrt, ohne zusätzlichen Eingriff vom Baustellenfahrzeugführer. Zusätzlich wird dem Baustellenpersonal durch diese Signalisierung direkt vor Ort angezeigt, dass die Arbeitsgleise eingerichtet sind und somit ein technischer Schutz vor Zugfahrten besteht.

## 3 Abschluss der Erstimplementierung in Luxemburg

Mit dem Ziel, den Bahnbetrieb kontinuierlich weiterzuentwickeln und zukunftssicher aufzustellen, hat die CFL gemeinsam mit S&B ein richtungsweisendes Innovations- und Entwicklungsprojekt ins Leben gerufen: „ETCS L1 FS plus“. Dieses Projekt vereint moderne Stellwerksarchitekturen mit einem innovativen ETCS-Konzept, welches auch weit über die Anwendung bei der CFL hinaus in anderen Märkten einsetzbar ist.

### 3.1 Projektumfang

Für die Erstimplementierung wurde die Linie 1 des luxemburgischen Eisenbahnnetzes ausgewählt. Diese strategisch bedeutsame Strecke verläuft im Norden des Landes zwischen Luxemburg-Stadt und der belgischen Grenze. Das Projekt umfasst die komplette Ausrüstung der Linie mit einem neuen digitalen Stellwerkskonzept auf Basis der innovativen ETCS L1 FS-Funktionalität. Zur lokalen Unterbringung der Steuerungstechnik wurden entlang der Strecke Betonschalthäuser errichtet, in denen jeweils die Stellwerkskomponenten installiert sind. Die wesentlichen Elemente eines jeden Stellwerks umfassen:

ably reduces the complexity of the infrastructure. Signalling is provided by one white and one blue light point per release signal, based on the classic CFL shunting signal. This solution not only covers regular operations, but also shunting and construction site situations, while reducing investment costs by simplifying signal functions (e.g. no indicators and advance signals, etc.). In addition to the potential financial savings, the weight of the signals is also significantly reduced, thereby allowing the main signals to be designed as folding masts, which means that maintenance work can be carried out conveniently from the ground – without the need for extensive workplace safety measures for personnel who would otherwise have to climb the signal mast.

### 2.3.2 The innovative handling of slow speed sections

A major disadvantage of classic ETCS L1 solutions with LEU lies in the complex handling of speed restrictions, which previously required the use of throw-out balises or adjustments to the LEU configuration [2]. The solution used here, on the other hand, uses centralised digital balise control via the BCU. This allows predefined telegrams to be managed flexibly and securely from the core of the interlocking system and activated or deactivated as required via the control and operating system using modern communication links, thereby enabling the significantly more efficient and independent management of the telegrams for speed restriction points.

### 2.3.3 Construction site mode

Release signals can also indicate a special construction site mode on work tracks. In order to achieve this, the markers defined in the control and operating system (LBS) must be set before and after the affected track section. Both lights at the signal location will light up simultaneously when the construction site mode is activated. This signal position allows work vehicles to continue their journeys without any additional intervention by the construction site vehicle driver. In addition, this signalling also indicates to the construction site personnel directly on site that the working tracks have been set up and that there is therefore technical protection against train movements.

## 3 Completion of the initial implementation in Luxembourg

CFL has teamed up with S&B to launch a pioneering innovation and development project known as “ETCS L1 FS plus” with the aim of continuously developing rail operations and making them future-proof. This project combines modern interlocking architectures with an innovative ETCS concept, which can also be used in other markets beyond the CFL application.

### 3.1 Project scope

Line 1 of the Luxembourg railway network was selected for the initial implementation.

This strategically important route runs through the north of the country between Luxembourg City and the Belgian border. The project includes the complete equipping of the line with a new digital signalling system featuring innovative ETCS L1 FS functionality.

Control cabinets have been erected along the line to house the control technology, each containing the interlocking system components. The main elements of each interlocking system include:

- the ZSB 2000 interlocking core
- the Gateway Module for communication

- Stellwerkskern ZSB 2000
- Gateway-Module für die Kommunikation
- Train-Detection-Module (TDSB)
- Gleichstromversorgungseinheit
- Netzanschluss
- Service- und Diagnoseeinrichtung.

Die übergeordnete Steuerung der gesamten Linie erfolgt aus dem neu konzipierten Command and Control Center in Ettelbruck. Dort kommt ein verfahrensgesicherter Bedienplatz zum Einsatz, der, wie bei S&B üblich, auf COTS-Komponenten (Commercial Off The Shelf) basiert. Da dieser keine SIL-Anforderungen (SIL, Safety Integrity Level) erfüllen muss, konnte auf bewährte Standard-Hardware zurückgegriffen werden. Der Bedienplatz ersetzt das bisherige System und bildet die zentrale Schnittstelle für die Betriebssteuerung und -überwachung.

**3.2 Innovationsprojekt mit besonderen Herausforderungen**

Das Projekt „ETCS L1 FS plus“ zeichnet sich nicht nur durch seine technische Innovation, sondern auch durch die strukturellen und betrieblichen Herausforderungen aus, die es zu bewältigen galt. Ein besonderer Fokus lag auf der TSI-Konformität und der Umsetzung sämtlicher Anforderungen an Zulassungsverfahren, Sicherheitsnachweise und Systemabnahmen – ein komplexer und dynamischer Prozess, insbesondere bei der Einführung neuartiger Technologien. Zusätzlich wurde das Projekt durch die weltweite Coronapandemie erheblich beeinflusst. Reiseeinschränkungen, die Verlagerung der Zusammenarbeit in virtuelle Räume und Verzögerungen bei Zulieferungen stellten das Projektteam vor ungeplante Hürden. Die enge, lösungsorientierte Zusammenarbeit zwischen der CFL und S&B sowie der verstärkte Einsatz digitaler Kommunikationsplattformen sicherten jedoch den kontinuierlichen Fortschritt. Trotz der erschwerten Bedingungen konnten kreative und pragmatische Lösungsansätze entwickelt und erfolgreich umgesetzt werden.

**3.3 Ländertransition Luxemburg – Belgien**

Bei der Ausrüstung der Grenzbetriebsstrecke zwischen Belgien und Luxemburg mit ETCS wurde ein L1-L1-Übergang realisiert, denn auf der belgischen Strecke L42 von Rivage nach Gouvy ist ebenfalls ETCS L1 im Einsatz.

Der Wechsel zwischen den beiden Systemen erfolgt automatisch beim Überfahren einer sogenannten Übergangsbalisengruppe (Transition Balise Group, TFBG). Diese Balisen senden dem Zug gezielt Informationen zum bevorstehenden Systemwechsel. Das ETCS-Bordsystem übernimmt daraufhin selbstständig die übermittelten neuen nationalen Parameter und Streckendaten – ein manuelles Eingreifen durch den Lokführer ist nicht erforderlich.

Im Vergleich zu einer L2-L2-Transition bietet diese Art der Transition einige Vorteile. Bei L2 muss das Fahrzeug an der Landesgrenze vom Radio Block Center (RBC) des jeweils anderen Landes übernommen werden, was insbesondere bei unterschiedlichen Systemversionen zu technischen Schwierigkeiten und Inkompatibilitäten führen kann. Da ETCS stetig weiterentwickelt wird, gibt es regelmäßige Änderungen und Erweiterungen. Um diese Weiterentwicklungen zu strukturieren, wurden sogenannte Baselines eingeführt – standardisierte Systemgrundlagen mit festgelegten Versionsständen. Innerhalb einer Baseline sind kleinere Varianten meist kompatibel, etwa Korrektur- oder Konsolidierungsversionen. Wechselt ein System jedoch zwischen verschiedenen Baselines – zum Beispiel von Baseline 2 (BL2) zu Baseline 3 (BL3) – kann das zu erheblichen Kompatibilitätsproblemen führen. Besonders bei einem ETCS-L2-Systemwechsel ist das kritisch: Wenn ein Land

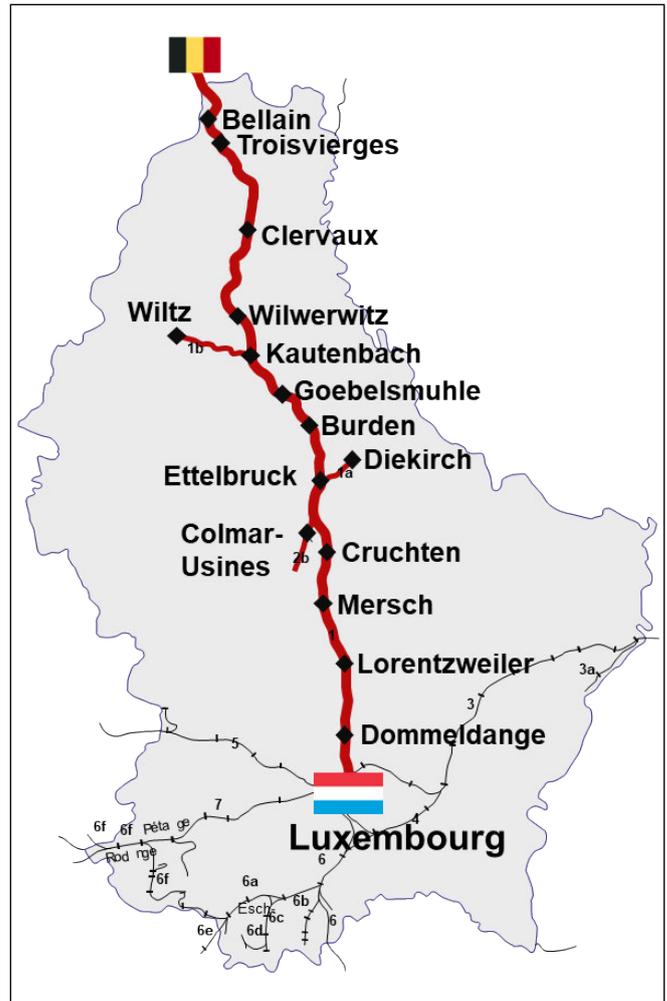


Bild 4: Die Nordstrecke der CFL

Fig. 4: The CFL northern route Quelle/ Source: eigene Darstellung / own illustration

- the Train Detection Module (TDSB)
- the DC power supply unit
- the power connection
- the service and diagnostic equipment.

The entire line is controlled by the newly designed Command and Control Centre in Ettelbruck. A process-safe operating station is used, which, as usual at S&B, is based on COTS (Commercial Off The Shelf) components. As this does not have to fulfil any SIL requirements (SIL, Safety Integrity Level), it was possible to fall back on standard hardware. The operator station replaces the previous system and forms the central interface for operational control and monitoring.

**3.2 An innovation project with particular challenges**

The ETCS L1 FS plus project stands out not only for its technical innovation, but also for the structural and operating challenges it has had to overcome. Particular focus was placed on TSI compliance and the implementation of all the approval procedure, safety certification and system acceptance requirements: a complex and dynamic process, especially when introducing new technologies. In addition, the project was also significantly impacted by the global coronavirus pandemic. Travel restrictions, the shift to virtual collaboration and delays in deliveries presented the project team with unplanned hurdles. However, close, solution-oriented cooperation between CFL and S&B, as



**Bild 5: Command and Control Center Ettelbruck**

Fig. 5: The Ettelbruck Command and Control Centre

Quelle / Source: CFL - Laurent Pott, Service Ingénierie Infrastructure

noch nach BL2 arbeitet und das Nachbarland bereits nach BL3, fehlt bspw. in Deutschland aktuell eine zugelassene Schnittstelle, um die Kommunikation sicherzustellen. Zudem gibt es bislang keine eindeutigen Regelungen im deutschen ETCS-Regelwerk für diese Transition. [3]

Die realisierte L1-L1-Transition bietet daher einen großen Vorteil: Sie ermöglicht einen stabilen, technisch robusten Systemübergang mit sehr viel geringerem Störpotenzial. Gerade im grenzüberschreitenden Verkehr mit unterschiedlichen nationalen Standards ist das ein entscheidender Pluspunkt.

### 3.4 Erfolgreiche Inbetriebnahme

Das Projekt „ETCS L1 FS plus“ wurde in zwei aufeinanderfolgende Phasen unterteilt, um die Einführung der neuen Technologie systematisch und betrieblich abgestimmt umzusetzen.

Die erste Projektphase umfasste die Inbetriebnahme von Dommeldange bis nach Goebelsmühle. Nach über vier Jahren intensiver Entwicklungsarbeit – einschließlich Projektierung, Sicherheitsnachweisen, Zulassung, Produktion und Installation – wurde diese Phase am 29. August 2022 mit der ersten fahrplanmäßigen Zugfahrt auf diesem Abschnitt offiziell abgeschlossen.

Die zweite Projektphase umfasste die Ausrüstung der verbleibenden Strecke von Goebelsmühle bis zur belgischen Grenze bei Gouvy, einschließlich der technischen Umsetzung der ETCS-Transition an der Landesgrenze. Aufbauend auf den Erfahrungen der ersten Phase wurde auch dieser Abschnitt nahtlos in das Gesamtsystem integriert. Am 16. September 2024 nahm der Personenverkehr auf der gesamten Nordstrecke den Betrieb auf – ein bedeutender Erfolg für die CFL und ein weiterer Schritt auf dem Weg zu einem vollständig digitalisierten und interoperablen Bahnnetz im Norden Luxemburgs.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Das Projekt „ETCS L1 FS plus“ markiert einen wichtigen Schritt in der Modernisierung der luxemburgischen Eisenbahninfrastruktur

well as the increased use of digital communication platforms, ensured continuous progress. Creative and pragmatic solutions have been developed and successfully implemented despite the difficult conditions.

### 3.3 The Luxembourg – Belgium country transition

When equipping the border section between Belgium and Luxembourg with ETCS, an L1-L1 transition was implemented, as ETCS L1 is also used on the Belgian L42 line from Rivage to Gouvy.

The changeover between the two systems takes place automatically when a train passes the transition balise group (TFBG). These balises send specific information about the upcoming system change to the train. The ETCS on-board system then automatically adopts the new national parameters and route data – no manual intervention by the train driver is required.

This type of transition offers several advantages over an L2-L2 transition. At L2, the vehicle must be taken over by the other country's Radio Block Center (RBC) at the national border, which can lead to technical difficulties and incompatibilities, especially when different system versions are in use. As ETCS is constantly being further developed, there are regular changes and enhancements. To structure these further developments, so-called baselines have been introduced – standardised system foundations with defined version statuses. Minor variants, such as correction or consolidation versions, are usually compatible within a baseline. However, if a system switches between different baselines, for example, from Baseline 2 (BL2) to Baseline 3 (BL3), this can lead to significant compatibility problems. This is particularly critical when changing to an ETCS L2 system: If one country is still working according to BL2 and the neighbouring country is already working according to BL3, there is currently no approved interface in Germany, for example, to ensure communication. Furthermore, there are no clear regulations in the German ETCS rules pertaining to this transition [3].

tur. Mit der erfolgreichen Einführung des digitalen Stellwerks DSTW vom Typ ZSB 2000 und der Integration von ETCS L1 FS plus wurde ein zukunftsweisendes System für Strecken mit geringem Verkehrsaufkommen realisiert – ohne die hohen Kosten und die Komplexität der ETCS-L2-Funkinfrastruktur.

Ein zentrales Merkmal ist die vereinfachte Signalisierung. Die Fahrerlaubnis wird direkt über digital angebundene Balisen übertragen, wodurch auf GSM-R-Funkkommunikation verzichtet werden kann. Dies erhöht nicht nur die Systemstabilität, sondern reduziert auch die infrastrukturellen Anforderungen und Betriebskosten. Die modulare Architektur des Stellwerks erlaubt eine flexible Anpassung an unterschiedliche betriebliche Anforderungen. Weitere Innovationen betreffen die Handhabung von Langsamfahrstellen und Baustellen. Diese lassen sich zentral und dynamisch verwalten, ohne physische Änderungen wie Wurfbalisen – ein großer Fortschritt in Sachen Effizienz und Reaktionsfähigkeit. Mit der Inbetriebnahme dieses fortschrittlichen Systems hat die CFL einen weiteren wichtigen Schritt in Richtung eines vollständig digitalisierten, interoperablen und nachhaltigen Bahnbetriebs gemacht. Die Erfahrungen aus diesem Pilotprojekt bieten eine solide Grundlage für die mögliche Ausweitung auf andere Strecken und könnten als Modell für zukünftige Modernisierungen der Bahninfrastruktur in Europa dienen. Ein sehr großer Teil des Streckennetzes könnte von einer solchen vereinfachten Lösung profitieren.

Die Einführung des „ETCS L1 FS plus“-Projekts zeigt nicht nur die Innovationskraft der CFL, sondern auch das Potenzial für eine weitreichende Optimierung des europäischen Schienennetzes. Angesichts der positiven Ergebnisse und des Erfolgs der Implementierung könnte diese Lösung auch für andere Infrastrukturbetreiber von Interesse sein, die eine kosteneffiziente, zukunftsfähige und technologisch fortschrittliche ETCS-Architektur ohne notwendige GSM-Ausrüstung benötigen. ■

#### LITERATUR | LITERATURE

- [1] Lionel, A.; Pott, L.; Hoffmann, N.; Schanck, R.: ETCS Level 2 ohne GSM-R, SIGNAL+DRAHT (110) 10/2018
- [2] Stadlbauer, R.: Neue Trends bei ETCS Level 1, SIGNAL+DRAHT (111) 3/2019
- [3] Brune, L.; Kahnert, P.; Kalkreiber, J.; Lens, B.: ETCS an Landesgrenzen: Interoperabilität und Ausrüstungsvarianten, SIGNAL+DRAHT (113) 7+8/2021

#### AUTOREN | AUTHORS

**Andre Wenning, M.Eng.**  
Projektleiter digitale Stellwerke / *Project leader digital interlocking systems*  
E-Mail: [wenning.andre@scheidt-bachmann.de](mailto:wenning.andre@scheidt-bachmann.de)

**Dipl.-Ing. Marcell Gransch**  
Teamleiter für Controller- und Schnittstellenentwicklung /  
*Team leader Controller and Interfaces*  
E-Mail: [gransch.marcell@scheidt-bachmann.de](mailto:gransch.marcell@scheidt-bachmann.de)

Beide Autoren / *both authors*:  
Scheidt & Bachmann Signalling Systems GmbH  
Anschrift / *Address*: Breite Straße 132, D-41238 Mönchengladbach

The implemented L1-L1 transition therefore offers a major advantage: it enables a stable, technically robust system transition with significantly lower potential for disruption. This is a decisive advantage, especially in cross-border traffic with different national standards.

#### 3.4 The successful launch

The ETCS L1 FS plus project was divided into two consecutive phases in order to implement the new technology in a systematic and operationally coordinated manner.

The first phase of the project involved commissioning the system between Dommeldange and Goebelsmühle. After more than four years of intensive development work – including project planning, safety certification, approval, production and installation – this phase was officially completed on August 29, 2022, with the first scheduled train running on this section.

The second phase of the project involved equipping the remaining section from Goebelsmühle to the Belgian border at Gouvy, including the technical implementation of the ETCS transition at the national border. This section was also seamlessly integrated into the overall system by building on the experience gained in the first phase. On September 16, 2024, passenger services commenced on the entire northern line, a significant success for CFL and another step toward a fully digitised and interoperable rail network in northern Luxembourg.

#### 4 Summary and outlook

The ETCS L1 FS plus project marks an important step in the modernisation of Luxembourg's railway infrastructure. The successful introduction of the ZSB 2000 interlocking system and the integration of ETCS L1 FS plus has seen the implementation of a forward-looking system for low-traffic lines without the high costs and complexity of the ETCS L2 radio infrastructure. A key feature involves the simplified signalling: the driving permission is transmitted directly via digitally connected balises, thereby eliminating the need for GSM-R radio communication. This not only increases system stability, but also reduces infrastructure requirements and operating costs. The modular architecture of the interlocking system allows flexible adaptation to different operating requirements.

Further innovations relate to the handling of speed restrictions and construction sites. These can be managed centrally and dynamically without any physical changes such as throw-out balises, a major advance in terms of efficiency and responsiveness. With the commissioning of this advanced system, CFL has taken another important step toward fully digitised, interoperable, and sustainable rail operations. The experience gained from this pilot project has provided a solid foundation for possible expansion to other lines and could serve as a model for the future modernisation of the rail infrastructure in Europe. A very large part of the route network could benefit from such a simplified solution.

The introduction of the ETCS L1 FS plus project has not only demonstrated CFL's innovative strength, but also the potential for the far-reaching optimisation of the European rail network. Given the positive results and successful implementation, this solution could also be of interest to other infrastructure operators who require a cost-efficient, future-proof and technologically advanced ETCS architecture. ■

# Onvia Balise ETCS L: Ein innovatives Produkt, das neue Horizonte im Arbeitsschutz eröffnet

Onvia balise ETCS L: an innovative product opening new horizons in worker protection

Jocelyn Lemoine | Francois Hausmann | Til Arkenberg

Im Jahr 2016 hat Alstom einen Beitrag „Innovative integration for the deployment of ETCS L1LS“ in SIGNAL+DRAHT [1] veröffentlicht, in dem ein neues Konzept vorgestellt wird, das die Funktionen von Eurobalise und LEU (Lineside Electronic Unit) in einem einzigen Produkt vereint. Nach diesem ersten Schritt stellt der nun vorliegende Beitrag vor, wie dieses Konzept in Kombination mit einem Funkkommunikationssystem der Firma Zöllner für ein unerwartetes Ziel eingesetzt wird: den Schutz der Schienenarbeiter.

## 1 Einleitung

Die europäischen Eisenbahnen gehören zu den sichersten der Welt. Schwere Unfälle werden immer seltener, und die Zahl der Todesopfer ist in den letzten zwei Jahrzehnten zurückgegangen. Wie jedoch im Bericht über die Eisenbahnsicherheit und -interoperabilität in der EU [2] (veröffentlicht von der Eisenbahngesellschaft der Europäischen Union, ERA, 2022) erläutert wird, ist zwar die Gesamtzahl der Todesopfer und Schwerverletzten im Eisenbahnbereich in der EU-27 rückläufig, aber in einigen Bereichen wie der Sicherheit der Eisenbahnarbeiter ist eine Stagnation zu beobachten.

Die Zahlen für die tödlichen Unfälle und schweren Verletzungen von Eisenbahnbeschäftigten in der EU-27 im Zeitraum von 2010 bis 2020 zeigen einen Durchschnitt von 30 tödlichen Unfällen und mindestens 40 schwer verletzten Beschäftigten pro Jahr (basierend auf den von den nationalen Sicherheitsbehörden an die ERA gemeldeten Daten). Eisenbahnbedienstete sind die drittgrößte Kategorie mit der höchsten Zahl an Todesfällen, nach unbefugten Personen am Gleis und Nutzern von Bahnübergängen. Die kontinuierliche Konzentration auf die Sicherheit des Personals durch die verschiedenen Infrastrukturbetreiber und ihre Auftragnehmer hat dazu geführt, dass im Eisenbahnsektor eine abweichungsfreie Umsetzung in Bezug auf die EHS-Vorschriften eingeführt wurde, um Unfälle für das Personal zu verhindern, das in der Eisenbahnumgebung tätig ist, z. B. bei der Arbeit in und an den Gleisen, im Betriebshof usw., und zwar unter Berücksichtigung der Erfahrungen, die die Verkehrsministerien bei der Analyse von Todesfällen gemacht haben.

Eines der größten Risiken, das zu Unfällen mit den größten Schäden geführt hat, steht im Zusammenhang mit unerwarteten Zügen, die über den oder in der Nähe des Arbeitsbereiches des Instandhaltungspersonals fahren. Es gibt Verfahren zur Begrenzung der Risiken, und es werden immer mehr technische Lösungen eingesetzt, um zu vermeiden, dass man sich nur auf Papier oder manuelle Verfahren und menschliche Mittel verlässt.

In 2016, Alstom published an article entitled “Innovative integration for the deployment of ETCS L1LS” in SIGNAL+DRAHT [1] that introduced a new concept for combining Eurobalise and LEU (Lineside Electronic Unit) features into a single product. Following this first step, the present article sets out how this concept is now going to be used in combination with a radio communication system by Zöllner for an unexpected goal: the protection of railway workers.

## 1 Introduction

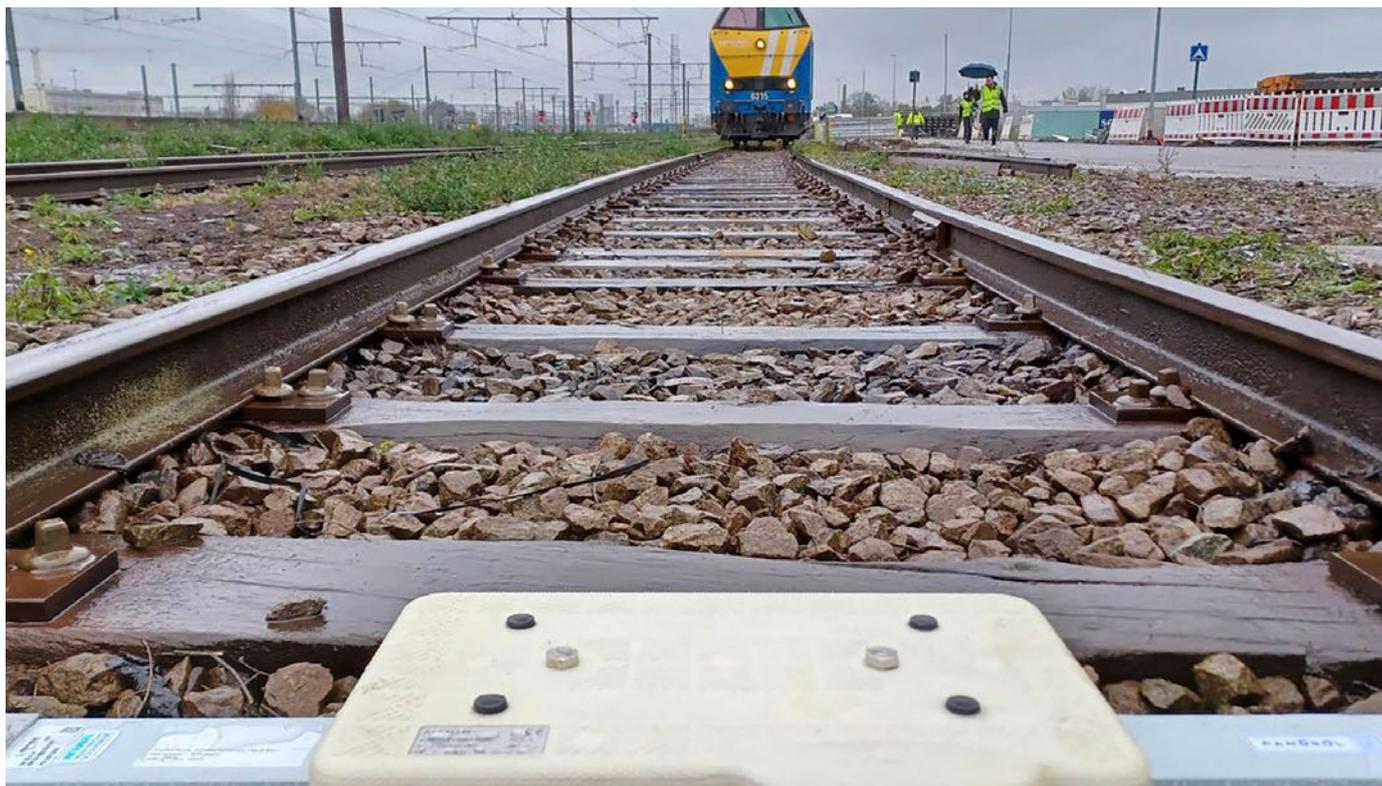
European railways are among the safest in the world, with major accidents becoming increasingly rare and fatalities decreasing over the last two decades. However, as explained in the Report on Railway Safety and Interoperability in the EU [2] (published by the European Union Agency for Railways, ERA, 2022), while the total number of fatalities and severe injuries in the railway environment is decreasing in the EU 27, stagnation can be observed in some areas such as railway worker safety.

The figures for the fatalities and serious injuries to railway employees in the EU 27 in the period from 2010 to 2020 show an average of 30 fatalities, with a minimum of 40 employees seriously injured each year (based on the data reported by the national safety authorities to the ERA). Railway employees have become the third category in the highest number of fatalities after people not authorised to access the track and level crossing users.

A continuous focus on staff safety by the different infrastructure managers and their contractors has led to the implementation of zero-deviation plans in the railway sector regarding EHS rules so as to prevent accidents occurring to staff who have to intervene in the railway environment e.g. work on and along the tracks, in depots, etc., while taking the experience gained from the analyses of any fatalities undertaken by Ministries of Transport.

One of the greatest risks that has led to accidents that cause the greatest damage is linked to unexpected trains moving over or near the work area where the maintenance staff are working. Procedures have been put in place to limit these risks and technical solutions are being increasingly used to avoid relying only on paper or manual procedures and human intervention.

Within this context, the Belgium infrastructure manager Infrabel has launched a global program for the protection of individuals (Safer-W), one aspect of which involves making



**Bild 1: Konzept der „SuperBalise“ für die MBS-Ausschreibung**

Fig. 1: The “SuperBalise” concept for the MBS tender

Quelle / Source: Alstom

In diesem Zusammenhang hat das belgische Eisenbahninfrastrukturunternehmen Infrabel ein umfassendes Programm zum Schutz von Personen (Safer-W) ins Leben gerufen. Es sieht unter anderem vor, dass Züge bei Annäherung an einen Arbeitsbereich bremsen oder anhalten. Da Infrabel das ETCS-System (European Train Control System, ETCS) bereits seit mehreren Jahren erfolgreich einsetzt, wollte man die Technologie auf der Grundlage von Level 1 (L1)-Produkten wiederverwenden. Das Mobile Balise System (MBS) wurde weiter ausgearbeitet und auf dem Markt ausgeschrieben. Die Anfrage passte zu einem früheren Konzept der „SuperBalise“, das sowohl LEU- als auch Eurobalise-Funktionen kombinierte und vor Jahren von Alstom entwickelt wurde, und es war möglich, eine solche integrierte Lösung für die MBS-Ausschreibung vorzuschlagen (Bild 1). Dann gelang es Alstom und Zöllner, die Machbarkeit mit einem Prototyp einer solchen Balise, bekannt unter dem Namen „Onvia Balise ETCS L“, und einem COBRA-Funksystem zu demonstrieren. Die beiden Partner erhielten den Zuschlag im Oktober 2023.

Der Erfolg und die Innovation dieses Ansatzes veranlassten Infrabel, Ende November 2023 eine offizielle Präsentation vor der Presse und dem belgischen Verkehrsminister zu organisieren.

## 2 Das Mobile Balise System

Das MBS ist ein zusätzliches Hilfsmittel für das Arbeitspersonal, um die eigene Sicherheit bei Arbeiten im oder am Gleis zu gewährleisten. Der Hauptzweck besteht darin, dem örtlichen Sicherheitsteam die Möglichkeit zu geben, die Fahrt eines Zuges in der Nähe des Bereichs zu genehmigen, in dem sich Gleisarbeiter befinden.

Das MBS stützt sich auf eine Gruppe von zwei Balisen (eine feste und eine schaltbare), die mit einem speziellen Schnellmontagesatz in weniger als fünf Minuten im Gleis installiert werden können. Die Balisengruppe sendet eine STOP- oder GO-Meldung, die vom ört-

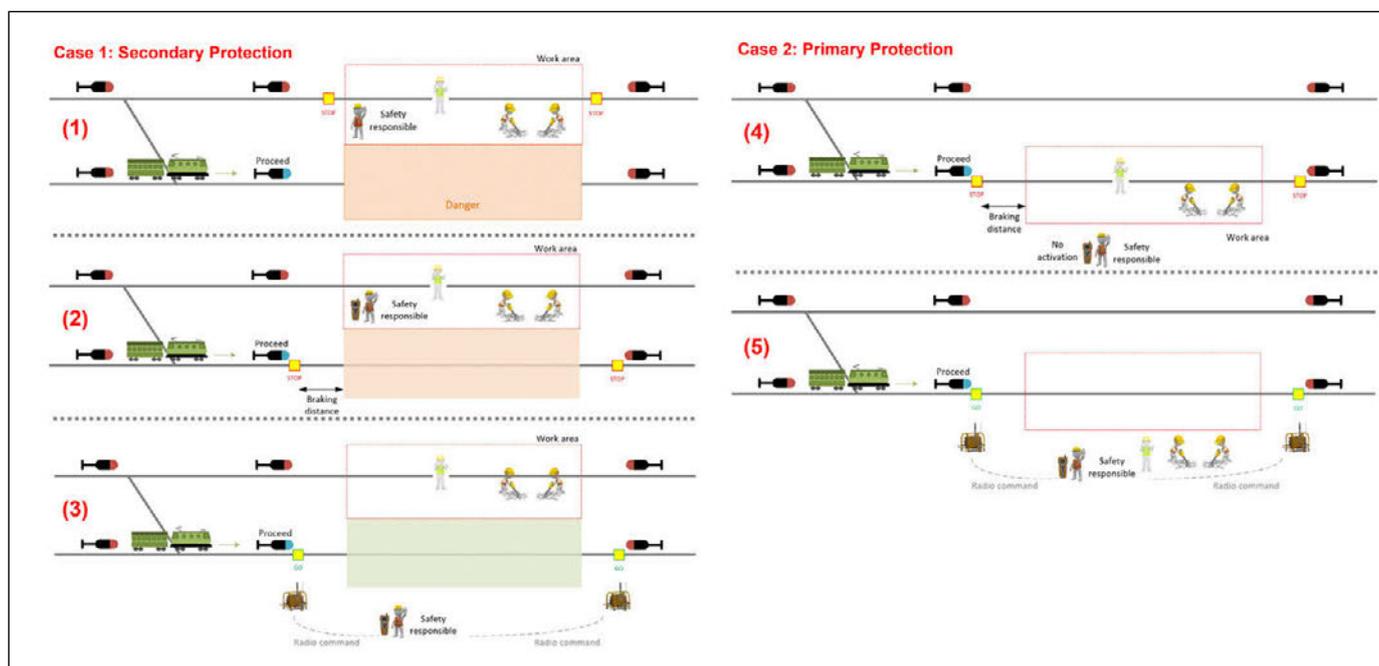
trains brake or stop when approaching a work area. As Infrabel has already successfully deployed the ETCS system (European Train Control System, ETCS) for several years, it wanted to reuse the technology based on Level 1 (L1) products. The Mobile Balise System (MBS) has been further elaborated and advertised on the market. The request fitted a former “SuperBalise” concept that had combined both LEU and Eurobalise functionalities and had been developed by Alstom years ago and it thus proved possible to propose such an integrated solution for the MBS tender (fig. 1). Alstom and Zöllner then managed to demonstrate feasibility with a prototype balise, now called the Onvia balise ETCS L, and the COBRA radio system. Both partners were awarded the contract in October 2023.

The success and innovation of this approach led Infrabel to organise an official presentation to the press and the Belgian Minister of Transport at the end of November 2023.

## 2 The Mobile Balise System

The MBS is defined as a complementary tool to be used by a work crew in order to ensure their safety when working on or along the tracks. The main purpose is to give the local safety team the ability to authorise a train to run close to the area where track workers are located.

The MBS relies on a group of two balises (one fixed and one switchable) which can be installed on the track in less than five minutes using a quick mounting kit. The balise group sends a STOP or GO message that is issued remotely by the individual responsible for local safety using a radio transmitter/receiver system. The balise group message is processed by the ETCS on-board unit or TBL1+ (the national Belgium ATP) fitted on the train.



**Bild 2: Einsatzfälle – Sekundär- und Primärschutz**

Fig. 2: Operating cases – secondary and primary protection

Quelle / Source: Alstom

lichen Sicherheitsverantwortlichen mit einem Funk-Sender/Empfänger-System ferngesteuert wird. Die Meldung der Balisengruppe wird von der mit ETCS oder TBL1+ (nationale belgische Zugsicherung) ausgestatteten On-Board-Unit des Zuges verarbeitet. Die im Folgenden beschriebenen Betriebsfälle werden berücksichtigt (Bild 2).

### 2.1 Fall 1: Sekundärschutz

- 1) Ein Team arbeitet in oder an einem Gleis, das außer Betrieb ist: Kein Zug kann in den Bereich einfahren, der Schutz wird durch technische Mittel gewährleistet, z.B. durch Streckenverbote im Stellwerk, Weichen, die in abweichender Stellung eingestellt sind usw. Einige Kommunikationsverfahren zwischen dem Fahrdienstleiter im Stellwerk und einem lokalen Sicherheitsverantwortlichen werden eingesetzt, um die Arbeiter vor dem Zugverkehr zu schützen, wenn ein Zug auf dem Parallelgleis in der Nähe des Arbeitsbereichs fährt.
- 2) Wenn man sich nur auf Kommunikationsmittel verlässt, besteht ein potenzielles Risiko, z.B. kann der Fahrdienstleiter ein Signal zu früh freigeben, ohne dass der Sicherheitsverantwortliche sichergestellt hat, dass sich das Arbeitsteam an einem sicheren Ort befindet (einige von ihnen könnten zu nahe am orangefarbenen Bereich arbeiten, wodurch die Gefahr besteht, von einem vorbeifahrenden Zug erfasst zu werden). In einem solchen Fall muss ein zusätzliches, mit ETCS/TBL1+-Zügen kompatibles Schutzsystem verwendet werden (die Kurzschlussperre ist nicht immer anwendbar). Der zusätzliche Schutz wird durch eine Balisengruppe gewährleistet, die ein STOP-Telegramm sendet. Die Balisengruppe muss im Zwangsbremmsabstand installiert werden, um zu verhindern, dass ein Zug mit zu hoher Geschwindigkeit in die Nähe des Arbeitsbereichs einfährt.
- 3) Wenn sichergestellt ist, dass sich die Arbeiter in einem gefahrlosen Bereich befinden, hebt der Sicherheitsverantwortliche den Schutz auf, indem er der Balisengruppe den Befehl gibt, ein freigebendes Telegramm zu senden. Nach der Durchfahrt des Zuges kann der Sicherheitsverantwortliche den Fahrdienstleiter infor-

The following operating cases have been considered (fig. 2).

#### 2.1 Case 1: secondary protection

- 1) A team is working on or along a track which is out of operation: no train can enter the area and the protection is ensured via technical means, e.g. the route is prohibited by the interlocking, points are clamped in a deviating position, etc. Some communication procedures between the traffic manager in the signalling box and the individual responsible for local safety are used to protect the workers from train traffic when a train runs on the parallel track near the work area.
- 2) Potential risk exists when relying only on means of communication, e.g. the train dispatcher can release a signal too soon without the individual responsible for safety having ensured that the work team is in a safe location (some of them may be working too close to the orange area and be subject to the risk of being hit by a passing train). An additional protection system compatible with ETCS/TBL1+ trains will be used in such cases (a short-circuit bar is not always applicable). Additional protection is provided by a balise group that sends a STOP telegram. The balise group must be installed at the emergency braking distance so as to prevent a train entering the vicinity of the work area at too high a speed.
- 3) Once it has been ensured that the workers are in an area where they are not in danger, the individual responsible for safety releases the protection by commanding the balise group to send a release telegram via remote command. Once the train has passed, the individual responsible for safety can inform the train dispatcher and reactivate the protection and command the balise group to send a STOP telegram via a remote command.

#### 2.2 Case 2: primary protection

- 4) A team is working on or along a track on which a train is authorised to run: the train's journey is planned and the local individual responsible for safety has been informed via the

mieren und die Sicherung reaktivieren, indem er der Balisengruppe befiehlt, über einen Fernbefehl ein STOP-Telegramm zu senden.

## 2.2 Fall 2: Primärschutz

- 4) Ein Team arbeitet in oder an einem Gleis, auf dem ein Zug fahren darf: Die Fahrt dieses Zuges ist geplant, und der örtliche Sicherheitsverantwortliche ist bereits über die tägliche Aktivitätsplanung informiert. Über Kommunikationsverfahren zwischen dem Fahrdienstleiter im Stellwerk und einem örtlichen Sicherheitsverantwortlichen oder über Warneinrichtungen wird die Annäherung eines Zuges angekündigt, damit das Arbeitspersonal den Bereich verlassen kann. Ähnlich wie in Fall 1 besteht ein potenzielles Risiko, z.B. kann der Fahrdienstleiter ein Signal zu früh öffnen, während der Sicherheitsverantwortliche nicht sichergestellt hat, dass sich das Arbeitspersonal an einem sicheren Ort befindet. Daher wird ein zusätzlicher Schutz durch eine Balisengruppe geboten, die ein STOPP-Telegramm sendet und im Zwangsbremsabstand installiert ist, um zu verhindern, dass ein Zug in den Arbeitsbereich einfährt, selbst wenn das Signal zum Schutz des Arbeitsbereichs in Betrieb ist.
- 5) Nach der Warnung gibt der Sicherheitsverantwortliche den Evakuierungsbefehl. Wenn der Bereich evakuiert ist, gibt er das Gleis frei, indem er die Balisengruppe anweist, ein Freigabetelegramm zu senden. Bis die Evakuierung abgeschlossen ist, wird ein von ETCS oder TBL1+ überwachter Zug beim Passieren der Balisengruppe gebremst.

Nachdem der Zug vorbeigefahren ist, kann der Sicherheitsverantwortliche den Schutz wieder aktivieren, indem er der Balisengruppe befiehlt, über einen Fernbefehl ein STOP-Telegramm zu senden. Die MBS-Architektur besteht aus zwei Hauptkomponenten:

- CMD (die Funkausrüstung):
  - ein Sender, der vom Sicherheitsverantwortlichen gesteuert wird
  - ein Empfänger, der neben dem Gleis in der Nähe der Balisengruppe installiert ist.
- das ETCS-Subsystem (die Zugsicherungsausrüstung):
  - eine Gruppe von zwei Balisen, darunter die Onvia Balise ETCS L und eine feste Eurobalise
  - ein Verteilerkasten für die Verbindung mit dem CMD-Teilsystem.

In den folgenden Abschnitten werden beide Teilsysteme näher beschrieben.

## 3 Das CMD-Subsystem

Das CMD-Subsystem für MBS von Zöllner heißt COBRA. COBRA steht für „Control of Balises with Remote Assistance“ und ist so konzipiert, dass die Grundstellung die Durchfahrt eines Zuges verhindert und der Bediener aktiv befehlen muss, ob das Gleis frei ist. Dies geschieht durch die Bedienung der Steuereinheit, die das Balisentelegramm per Funk schaltet. Dieses System (Bild 1) arbeitet autonom und unabhängig von übergeordneten (Zugleit-)Systemen. Die Kommunikation zwischen dem Steuergerät und dem Empfänger erfolgt drahtlos und hat eine Reichweite von bis zu 3 km. Wie später beschrieben, kann die Reichweite mit einer zusätzlichen Komponente auch verdoppelt werden. Durch den Batteriebetrieb des Systems ist keine externe Stromversorgung erforderlich. Der Empfänger kann mit einer einzigen Batterie mehrere Tage lang betrieben werden. Die Fernbedienung ist so dimensioniert, dass mit einer Batterie eine Schicht von acht Stunden ohne Batteriewechsel erfolgreich absolviert werden kann. Die Systemgröße erlaubt das gleichzeitige Schalten von bis zu vier Balisen. So kann der Benutzer z.B. beide Seiten einer zweigleisigen Strecke sperren oder schützen. Das Standardsystem wird mit einem Paar Balisen auf jeder Seite der Baustelle in einem Abstand zur Bremsstrecke und zur Steuereinheit installiert.

daily activity planning. Communication procedures between the traffic manager in the signalling box and the local individual responsible for safety or any warning devices are used to announce the approach of a train so as to allow the staff to evacuate the work area. Similar to case 1, a potential risk exists, e.g. the train dispatcher can also release a signal too soon, when the individual responsible for safety has not yet ensured that the work team is in a safe location. As such, additional protection is provided by a balise group that sends a STOP telegram and is installed at the emergency braking distance so as to prevent a train from entering the work area even if the signal protecting the work area is at proceed.

- 5) After the warning, the individual responsible for safety gives the evacuation order. When the area is evacuated, he releases the track by commanding the balise group to send a release telegram. Any train supervised by ETCS or TBL1+ will be braked when passing the balise group until the evacuation has been completed.

Once the train has passed, the individual responsible for safety can reactivate the protection by commanding the balise group to send a STOP telegram via a remote command.

The MBS architecture comprises two main components:

- the CMD (the radio equipment):
  - one emitter controlled by the individual responsible for safety
  - one receiver installed beside the track near the balise group.
- the ETCS sub-system (the train control equipment):
  - one group of two balises including an Onvia ETCS L balise and a fixed Eurobalise
  - one junction box to connect with the CMD sub-system.

Both sub-systems are further described in the following sections.

## 3 The CMD sub-system

The CMD subsystem for MBS from Zöllner is called COBRA. COBRA stands for “Control of Balises with Remote Assistance” and it has been designed in such a way that the basic position prevents a train from passing and the operator must actively give a track-clear command. This is achieved by operating the control unit which switches the balise telegram by radio. This system (fig. 1) functions autonomously and independently of any higher-level (train control) systems. The communication between the control unit and the receiver is wireless and has a range of up to 3 km. As described below, the range can also be doubled using an additional component. The system’s battery operation means that no external power supply is required. The receiver can operate for several days on a single battery. The remote control has been dimensioned so that an 8-hour shift can be successfully completed with one battery without the need to change it. The system size allows up to four balises to be switched simultaneously. This allows the user to block or protect both sides of a double-track line, for example. The standard system is installed with a pair of balises on each side of the construction site with a gap before the braking distance and the control unit.

The control unit (COBRA-CU) can remotely control up to four receivers (COBRA-R) and therefore the same number of balises. It communicates with the COBRA-R via radio. The COBRA-CU is equipped with a replaceable battery. With a response time of less than one second, the COBRA-CU is able to process the information reliably and on time (sending and

Die Steuereinheit (COBRA-CU) kann bis zu vier Empfänger / COBRA-R (und damit Balisen) fernsteuern. Sie kommuniziert mit den COBRA-R über Funk. Die COBRA-CU ist mit einer austauschbaren Batterie ausgestattet. Mit einer Reaktionszeit von weniger als einer Sekunde ist die COBRA-CU in der Lage, die Informationen zuverlässig und pünktlich zu verarbeiten (Senden und Empfangen an COBRA-R und Auswerten und Steuern der LEU und der Balisen). Aus Sicht des Produktdesigns wurde berücksichtigt, dass der Befehl durch eine aktive Bedienhandlung gegeben wird. Das bedeutet, dass es eine Taste zum Senden des Systems und gleichzeitig eine Taste zum Bestätigen dieser Aktion gibt. Nur so kann der Befehl korrekt übertragen werden.

Das COBRA-R-Gerät dient als Schnittstelle zwischen der LEU und der COBRA-CU. Es schaltet die Balise aus der Ferne über die Anschlussdose. Der Empfänger ist ebenfalls mit einer tragbaren Batterie ausgestattet und für den Betrieb über mehrere Tage ausgelegt. Die Konfiguration der Geräte untereinander erfolgt über RFID-Karten. Mit einem zweiten COBRA-R kann die Funkreichweite im COBRA-System von 3 km auf bis zu 6 km erhöht werden: Der COBRA-R fungiert dann als Repeater, der das Funksignal von der COBRA-CU empfängt und an den COBRA-R (der an den Balisen positioniert ist) zurücksendet. Im COBRA-System können bis zu zwei COBRA-Repeater eingesetzt werden, um die Funkreichweite zwischen der COBRA-CU und zwei COBRA-R in verschiedenen Richtungen zu erhöhen (Bild 3).

Das System ist derzeit für die Fernschaltung von Alstom Onvia Balise ETCS L ausgelegt. Eine individuelle Anpassung für andere Anwendungen, z.B. für die Beeinflussung von aktiven Magneten auf deutschen Bahnstrecken (Punktförmige Zugbeeinflussung, PZB), ist denkbar. Diese Anpassung wäre mit überschaubarem Aufwand möglich, wurde aber in der Praxis noch nicht eingesetzt. Das System ist ideal für Baustellen. Mithilfe der zusätzlichen Komponenten kann COBRA die Mitarbeiter vor einem Restrisiko schützen. Der Zug kann auch auf eine bestimmte Geschwindigkeit reduziert werden. Die Wahl der Geschwindigkeit hängt von der Projektierung ab, wobei die Balisen auf verschiedenen Gleisen unterschied-

receiving messages to the COBRA-R and evaluating and controlling the LEU and balises).

From a product design perspective, the fact that the command is given by an active operational action has been taken into account. This means that there is a button to transmit the system and at the same time a button to confirm this action. Only then can the command be transmitted correctly.

The COBRA-R device serves as an interface between the LEU and the COBRA-CU. It switches the balise remotely via the junction box. The receiver is also equipped with a portable battery and is designed to operate for several days. The devices are configured with each other using RFID cards. The radio range in the COBRA system can be increased from 3 km to up to 6 km when using a second COBRA-R. The COBRA-R then acts as a repeater, receiving the radio signal from the COBRA-CU and sending it back towards the COBRA-R (which is positioned at the balises). Up to two COBRA repeaters can be used in the COBRA system to increase the radio range between the COBRA-CU and two COBRA-R in different directions (fig. 3).

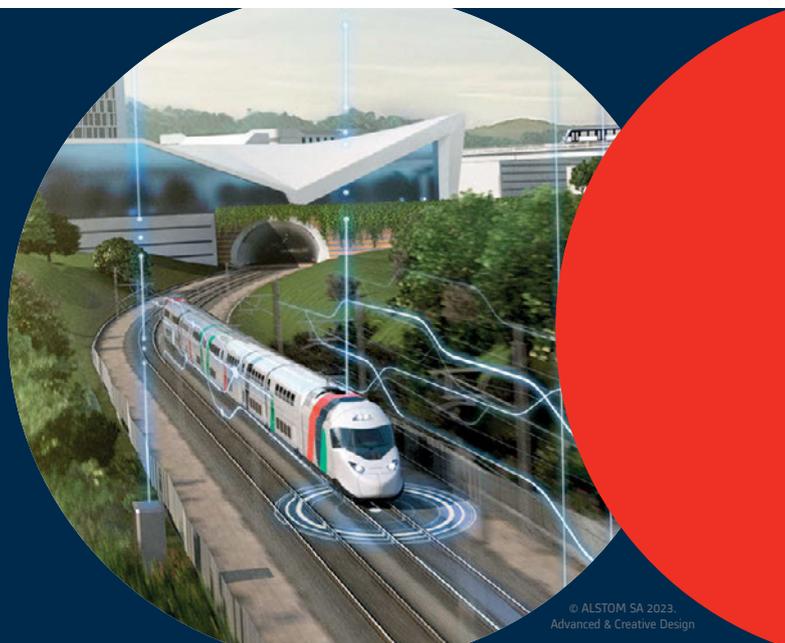
The system is currently designed for the remote switching of the Alstom Onvia balise ETCS L. Individual adaptation is possible for other applications, for example for influencing active magnets on German railroad lines (PZB). This adaptation would be possible with manageable effort, but has not yet been used in practice. The system is ideal for construction sites. COBRA can protect employees from any residual risk with the help of the additional components. The train can also be reduced to a certain speed. The choice of speed depends on the project planning, whereby the balises can be programmed differently on different tracks, but can still be switched simultaneously. This application is also still in the concept phase, but has already been discussed intensively with potential customers and users.

The aforementioned dual control system can also be used as a permanent combination. The conventional system with STOP & GO can be set up on one track and, for example, a speed re-

[www.alstom.com](http://www.alstom.com)

**LEADING DIGITAL RAIL  
WITH RESILIENT  
SOLUTIONS**

**ALSTOM**  
· mobility by nature ·



© ALSTOM SA 2023.  
Advanced & Creative Design



**Bild 3: COBRA-Empfänger**

Fig. 3: The COBRA receiver

Quelle / Source: Zöllner

lich programmiert, aber dennoch gleichzeitig geschaltet werden können. Auch diese Anwendung befindet sich noch in der Konzeptphase, wurde aber bereits intensiv mit potenziellen Kunden und Anwendern diskutiert.

Das vorgenannte Zweileitungssystem kann auch als feste Kombination eingesetzt werden. Auf einem Gleis kann das konventionelle System mit STOP & GO und auf dem anderen Gleis z. B. eine Geschwindigkeitsbeschränkung eingerichtet werden. Das System kann auch in Kombination mit einer Gleiswarnanlage von Zöllner eingesetzt und geplant werden, um die Sicherheitskonzepte Warnung und Sperrung zusammenzuführen und die Sicherheit zu erhöhen. Der Sicherheitsverantwortliche erhält eine Zugwarnung und kann dann die Baustelle räumen. Erst dann darf der Zug die Baustelle durchfahren.

Das System wird durch das Einlesen der RFID-Karten konfiguriert und mit der COBRA-CU gekoppelt (Bild 4). Das COBRA-R verfügt über ein eingebautes RFID-Kartenlesegerät. Die Verwendung der RFID-Technologie im Empfänger ermöglicht es, den Empfänger universell und nicht an eine bestimmte Fernbedienung gebunden zu machen. Der Benutzer kann eine beliebige Anzahl von Empfängern speichern und hat die freie Wahl der Systemkonfiguration. Es muss lediglich sichergestellt werden, dass die einer Fernbedienung zugewiesenen RFID-Karten korrekt verwendet werden. So ist eine eindeutige Kommunikation mit den entsprechenden Empfängern gewährleistet, und ein anderes System, das beispielsweise in der Nähe arbeitet, kann nicht beeinflusst werden.

striction can be established on the other track. The system can also be used and planned in combination with a track warning system from Zöllner in order to merge the warning and blocking safety concepts and thereby increase safety. The individual responsible for safety receives a train warning and can then clear the construction site. Only then is the train allowed to pass through the construction site.

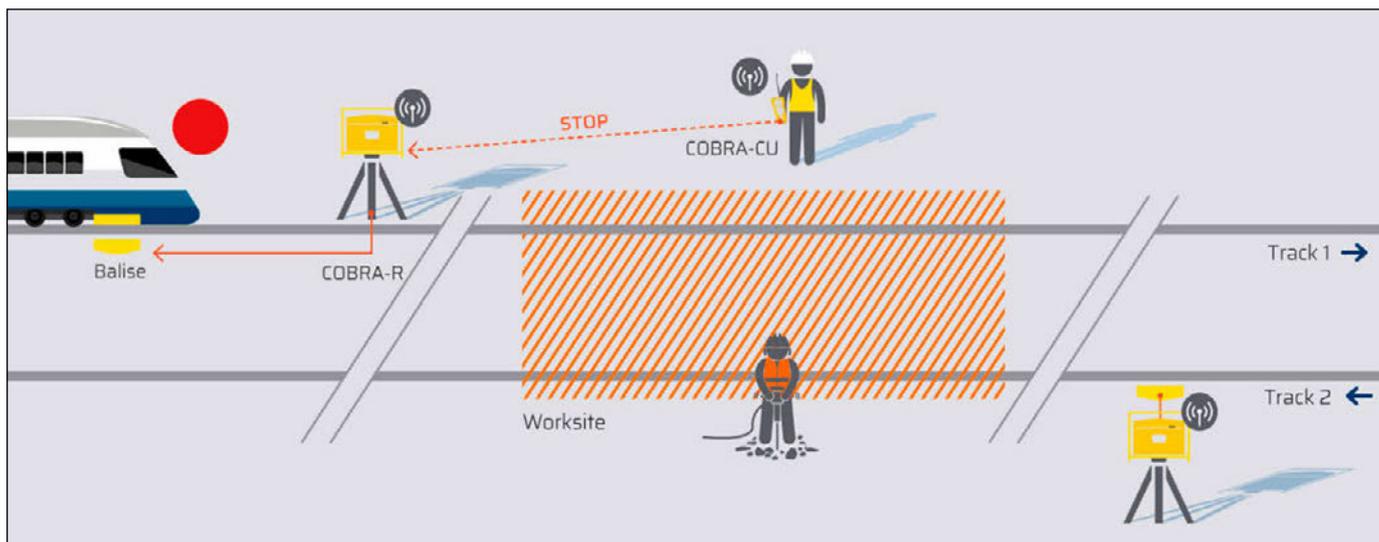
The system is configured and paired with the COBRA-CU by reading the RFID cards (fig. 4). The COBRA-R has a built-in RFID card reader. The use of RFID technology in the receiver enables the receiver to be universal and not fixed to a specific remote control. The user can store any number of receivers and has a free choice of system configuration. It is only necessary to ensure that the RFID cards assigned to a remote control are used correctly. This ensures clear communication with the corresponding receivers, while any other systems operating nearby, for example, cannot be influenced.

#### 4 The ETCS sub-system

##### 4.1 Onvia balise ETCS L

The Onvia balise ETCS L is a concept that combines two functionalities in one product:

- a full Safety Integrity Level 4 (SIL4) reduced-size Class A Eurobalise,
- a simplified internal SIL2 LEU including power supply, RS485 service link, table storage for a maximum of 16 tel-



**Bild 4: RFID-Karten**  
Fig. 4: The RFID cards

Quelle / Source: Zöllner

## 4 Das ETCS-Subsystem

### 4.1 Onvia Balise ETCS L

Die Onvia Balise ETCS L ist ein Konzept, das zwei Funktionalitäten in einem Produkt vereint:

- eine vollständige SIL4 Eurobalise der Klasse A in reduzierter Größe
- eine vereinfachte interne SIL2 LEU mit Stromversorgung, RS485-Serviceverbindung, Speicherung von maximal 16 Telegrammtabellen und aktiver Telegrammauswahl über bis zu vier digitale Eingänge.

Beide Funktionen sind in speziellen Teilen der Elektronikplatine im Inneren des Produkts implementiert: dem „LEU-Teil“ und dem „Balisen-Teil“.

Daher kann Onvia Balise ETCS L selbstständig ein Telegramm an den Zug senden, das nur von seinen Eingangszuständen ab-

egrams and active telegram selection based on up to four digital inputs.

Both functionalities are implemented in dedicated sections of the electronic board inside the product: the “LEU section” and the “Balise section”.

Therefore, the Onvia balise ETCS L can autonomously transmit a telegram to the train depending only on its input states, which are directly driven by an external command (in the case of MBS), the signal lamp states or the IXL commands (in the case of the ETCS L1LS application). In this way, the Onvia ETCS L balise is much more powerful and flexible than a fixed Eurobalise (that always transmits the same telegram) or a transparent Eurobalise (that repeats the telegram received from the external LEU wired interface to the train airgap interface).

# COBRA. Minimales Risiko. Maximale Sicherheit.

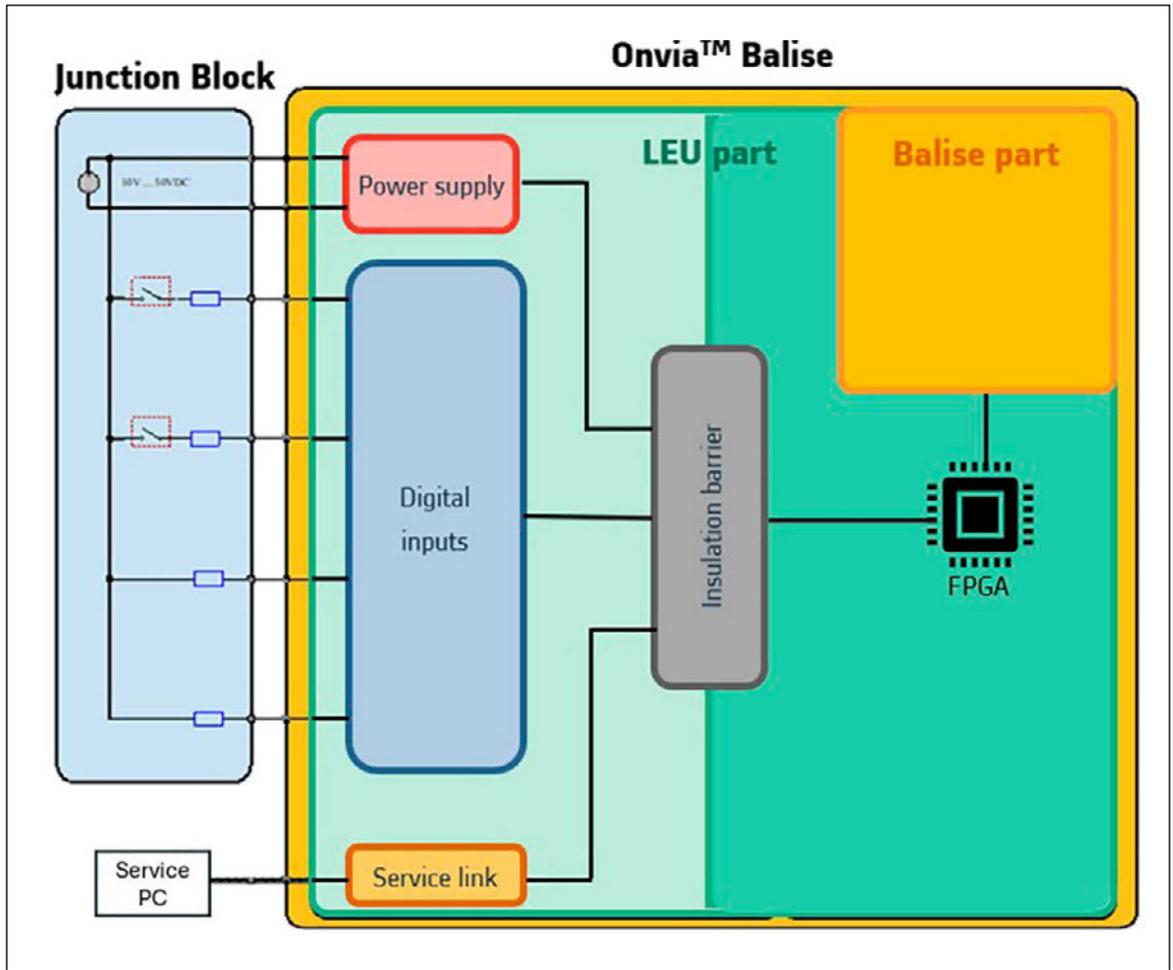
COBRA ist das autarke System zur drahtlosen Ansteuerung von Eurobalisen – mit LEU-Schnittstelle und RFID-basiertem Pairing und einer Reichweite von bis zu 6 km.



Get in touch! [ifs@zoellner.de](mailto:ifs@zoellner.de)

**ZÖLLNER**  
signal system technologies

**Bild 5: Interne Architektur der Onvia Balise ETCS L**  
 Fig. 5: The internal architecture of the Onvia ETCS L balise  
 Quelle / Source: Alstom



hängt, die direkt von einem externen Befehl (im Falle von MBS), den Zuständen der Signallampen oder den IXL-Befehlen (im Falle der ETCS L1LS-Anwendung) gesteuert werden. Auf diese Weise ist Onvia Balise ETCS L viel leistungsfähiger und flexibler als eine feste Eurobalise (die immer das gleiche Telegramm sendet) oder eine transparente Eurobalise (die das von der externen drahtgebundenen LEU-Schnittstelle empfangene Telegramm an die Air-gap-Schnittstelle des Zuges wiederholt).

Die interne Architektur der Onvia Balise ETCS L ist in Bild 5 dargestellt.

Die Onvia Balise ETCS L wird über ein externes Netzteil mit einer Spannung von [10 V DC – 50 V DC] versorgt. Die Leistungsaufnahme ist mit maximal 300 mW sehr gering, sodass ein Batteriebetrieb mit hoher Autonomie möglich ist.

Es können bis zu vier digitale Eingänge angeschlossen werden. Der Eingangsstrom wird umgeschaltet, um die Eingangsschnittstelle für Sicherheitszwecke zu dynamisieren und gleichzeitig eine geringere Verlustleistung und einen geringeren Verbrauch intern und extern zu gewährleisten. Interne Widerstände wan-

The internal architecture of the Onvia balise ETCS L is shown in fig. 5.

The Onvia balise ETCS L is powered by an external power supply of [10 V DC – 50 V DC]. The power consumption is very low with a maximum of 300 mW, thereby allowing battery operations with a large degree of autonomy.

Up to four digital inputs can be connected. The input current is switched to enhance the input interface for safety purposes, while ensuring lower power dissipation and consumption both internally and externally. Internal resistors convert the input current to a proportional voltage measured by the ADC. In the case of MBS, only two digital inputs are used to select from the two possible telegrams: STOP (restrictive) or GO (permissive). GO is only selected when both inputs are active, while STOP is the default telegram that ensures a safe position in all other cases, including a CMD sub-system failure (tab. 1).

In order to avoid corrupting the telegram selection and transmission, an isolation barrier is placed between the external

Ausgewähltes Telegramm	Eingang 1	Eingang 2
GO	1	1
STOP	1	0
STOP	0	1
STOP	0	0

Tab. 1: Telegrammtabelle

Selected Telegram	Input 1	Input 2
GO	1	1
STOP	1	0
STOP	0	1
STOP	0	0

Tab. 1: The telegram table

deln den Eingangsstrom in eine vom ADC gemessene proportionale Spannung um.

Im Falle von MBS werden nur zwei digitale Eingänge verwendet, um zwischen zwei möglichen Telegrammen zu wählen: STOP (restriktiv) oder GO (freigebend). GO wird nur gewählt, wenn beide Eingänge aktiv sind, während STOP das Standardtelegramm ist, das in allen anderen Fällen, einschließlich des Ausfalls des CMD-Subsystems, eine sichere Position gewährleistet (Tab. 1).

Um eine Verfälschung der Telegrammauswahl und -übertragung zu vermeiden, wird eine Isolationsbarriere zwischen den externen Leistungssignalen (Stromversorgung und digitale Eingänge) und den internen Signalen angebracht.

Die digitale Verarbeitung wird durch einen Field Programmable Gate Array (FPGA) gewährleistet:

- Ansteuerung der Eingangsschalter mit einem Code zur Dynamisierung des Signals für Sicherheitszwecke
- Bestimmung des Zustands der Eingänge durch ADC-Messungen und Schalterzustände
- Auswahl des aktiven ERTMS-Telegramms in Abhängigkeit von den Zuständen der Eingänge und dem Inhalt der im Speicher abgelegten Telegrammtabelle
- Verwaltung der Serviceverbindung, die für die FPGA-Neuprogrammierung, die Neukonfiguration der Telegrammtabelle und das Herunterladen der Protokolle verwendet wird.

#### 4.2 Konformität

Alle elektronischen Komponenten des „LEU-Teils“ sind als Ersatz und streng im gleichen Bereich der „C-Interface“-Komponenten der Alstom transparent Compact Eurobalise implementiert. Darüber hinaus sind alle elektronischen Komponenten des „Balisen-Teils“ genau so platziert und verlegt wie in der Alstom Compact Eurobalise, einschließlich der Antenne, sodass alle Verhaltensweisen und Leistungen auf der „A-Schnittstelle“ identisch sind. Damit ist die Einhaltung der Untergruppe 036 v4.0.0 für den „Balisen-Teil“ konstruktionsbedingt gewährleistet, während sowohl der „LEU-Teil“ als auch der „Balisen-Teil“ nach CENELEC 50129 als SIL2- bzw. SIL4-Funktionalitäten im Produkt zertifiziert sind.

#### 4.3 Verteilerkasten

Der Verteilerkasten (Junction Box) wird direkt neben dem Gleis in der Nähe des Onvia Balise ETCS L installiert und ist für die Verbindung mit dem CMD-Subsystem erforderlich.

Seine Hauptfunktionen sind:

- Übertragung der von der Batterie des CMD-Teilsystems gelieferten 24 V DC-Spannung
- Anschluss von zwei Ausgängen des CMD-Subsystems an die Eingänge (IN1 und IN2) der Onvia Balise ETCS L
- Anzeige verschiedener Informationen über LED: Spannungsversorgung, Zustände der Eingänge (IN1 und IN2), ausgewähltes Telegramm (GO oder STOP) und Status des „LEU-Teils“ der Onvia Balise ETCS L (KLEU)
- Ermöglicht den Zugang zum Serviceanschluss des Onvia Balise ETCS L.

#### 4.4 Konfiguration und Wartung

Die Konfiguration und Wartung des Onvia Balise ETCS L werden durch das Standardprogramm USIT gewährleistet. Nach dem physischen Anschluss an den Serviceport des Verteilerkastens kann es:

- das Onvia Balise ETCS L neu programmieren
- neue Parameter wie die Telegrammtabelle hochladen oder aktualisieren

power signals (the power supply and digital inputs) and the internal signals.

The digital processing is ensured by a Field Programmable Gate Array (FPGA):

- driving the input switches with a code so as to enhance the signal for safety purposes.
- determining the input states by means of ADC measures and the switch states.
- selecting the active ERTMS telegram according to the input states and the contents of the telegram table stored in memory.
- managing the service link used for FPGA reprogramming, refiguring the telegram table reconfiguration and downloading the logs.

#### 4.2 Compliance

All the electronic components of the “LEU section” have been implemented as a replacement and strictly in the same area of the “C-Interface” components of the Alstom transparent compact Eurobalise. In addition, all the electronic components of the “Balise section” are placed and routed strictly in the same way as in the Alstom compact Eurobalise, including the antenna, so that all the behaviour and performance on the radio “A-Interface” is identical. This therefore ensures compliance with Subset-036 v4.0.0 for the construction of the “Balise section”, while both the “LEU section” and the “Balise section” have been certified in compliance with CENELEC 50129 respectively as SIL2 and SIL4 functionalities in the product.

#### 4.3 The junction box

The junction box is installed beside the track near the Onvia balise ETCS L and is required for the connection to the CMD sub-system.

Its main functionalities are:

- the transmission of the 24 V DC power supply provided by the CMD sub-system battery.
- the connection of the two outputs from the CMD sub-system to the inputs (IN1 and IN2) of the Onvia balise ETCS L.
- displaying different pieces of information via LED: the power supply, the input states (IN1 and IN2), the selected telegram (GO or STOP) and the status of the “LEU section” of the Onvia balise ETCS L (KLEU).
- the provision of access to the Onvia balise ETCS L service port.

#### 4.4 Configuration and maintenance

The configuration and maintenance of the Onvia balise ETCS L are secured by the USIT standard programming tool. After connecting physically to the service port on the junction box, it can:

- reprogram the Onvia balise ETCS L;
- upload or update any new parameters such as the telegram table;
- read and display any live data including the current input/output states and the active telegram.

#### 5 Conclusion

By the end of 2025, both MBS subsystems will have been certified and the first products will have been delivered to Infrabel. Building on this initial success, Alstom and Zöllner will continue their collaboration to offer the railway market a high-performance, ready-to-use solution for the protection of track workers. Developed by Alstom, the Onvia Balise ETCS L also

- Live-Daten auslesen und anzeigen, einschließlich der aktuellen Zustände der Eingänge / Ausgänge und des aktiven Telegramms.

## 5 Zusammenfassung

Bis Ende 2025 werden beide MBS-Subsysteme zertifiziert sein und die ersten Produkte an Infrabel geliefert werden. Auf der Grundlage dieses ersten Erfolges werden Alstom und Zöllner ihre Zusammenarbeit fortsetzen, um dem Eisenbahnmarkt eine leistungsstarke und einsatzbereite Lösung für den Schutz von Gleisarbeitern anzubieten. Die von Alstom entwickelte Onvia Balise ETCS L unterstützt auch ETCS-Level 1-Limited-Supervision (L1LS)-Anwendungen und trägt so zu kostengünstigen ETCS-Systemen bei. ■

supports ETCS Level 1 Limited Supervision (L1LS) applications, contributing to the deployment of cost-effective evolution of hybrid ETCS systems. ■

## AUTOREN | AUTHORS

**Jocelyn Lemoine**  
 Solution Manager  
 Alstom Transport SA  
 Anschrift / Address: 3 rue Henri Legay, F-69100 Villeurbanne  
 E-Mail: jocelyn.lemoine@alstomgroup.com

**François Hausmann**  
 Technischer Projektleiter / Project Engineering Manager  
 Alstom Belgium SA  
 Anschrift / Address: Rue Cambier Dupret 50-52, B-6001 Charleroi  
 E-Mail: francois.hausmann@alstomgroup.com

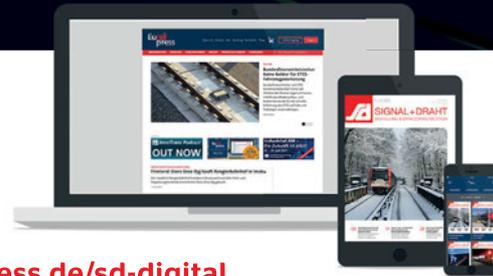
**Til Arkenberg**  
 Leiter Produktlinien Infrastrukturlösungen /  
 Head of Product Lines Infrastructure Solutions  
 Zöllner Signal GmbH  
 Anschrift / Address: Radewisch 40, D-24145 Kiel  
 E-Mail: til.arkenberg@zoellner.de

## LITERATUR | LITERATURE

- [1] Bateau, V.; Lauriac, C.; Radomiak, A.: Ein innovatives Produkt für die Streckenausrüstung mit ETCS Level 1 LS, SIGNAL+DRAHT 09/2016  
 [2] Report on Railway Safety and Interoperability in the EU, 2022, European Union Agency for Railways, May 2022

# DIGITAL IST EINFACH SCHNELLER

Nutzen Sie Ihre digitalen SIGNAL+DRAHT-Services und -Leistungen und lesen Sie bereits am Vortag die Neuigkeiten von morgen.



**JETZT FREISCHALTEN**

[www.eurailpress.de/sd-digital](http://www.eurailpress.de/sd-digital)



# ISA – AsBo – PSV: Wer macht was und wann wird wer gebraucht?

## ISA – AsBo – PSV: Who does what and who is needed when?

Jenny Kluge

Viele Rollen und Funktionen sind im Eisenbahnsektor unerlässlich für Sicherheit und Effizienz des Eisenbahnbetriebs. Dieser Beitrag soll die Grundlagen und Aufgaben verschiedener unabhängiger Personen und Instanzen insbesondere im Bereich der Leit- und Sicherungstechnik (LST) beleuchten.

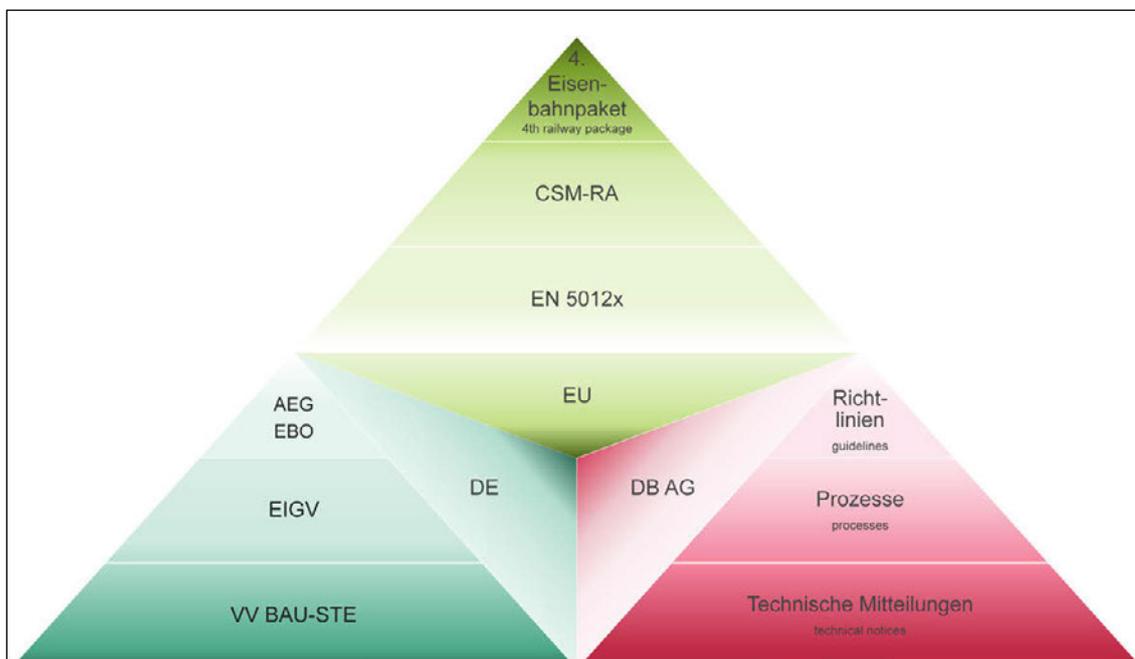
Die rechtlichen Grundlagen im Eisenbahnbereich sind komplex und vielschichtig. Im deutschen Kontext müssen häufig drei rechtliche Rahmenbedingungen berücksichtigt werden: europäische, deutsche sowie unternehmensinterne Vorgaben (Bild 1). Obwohl diese Vorschriften im Einklang miteinander stehen sollten, zeigt die Praxis, dass es einige Unklarheiten in den jeweiligen rechtlichen Rahmenbedingungen geben kann. Grundsätzlich sehen aber alle rechtlichen Grundlagen die Prüfung von spezifischen Sachverhalten durch unabhängige Personen oder Instanzen vor. Gleich ist allen unabhängigen Rollen, dass sie spezifische Ergebnisse meist in Dokumentenform hinsichtlich definierter Anforderungen bewerten. Es unterscheiden sich dabei ihre Aufgabe, ihre Legitimation sowie das Ergebnisdokument.

Unabhängige Personen – insbesondere Prüfsachverständige (PSV) – fungieren als Verwaltungshelfer des Eisenbahn-Bundesamts (EBA), zuständig für Fach- und Rechtsaufsicht der Eisenbahnen des Bundes. Ihre

Many roles and functions in the railway sector are essential for the safety and efficiency of railway operations. This article aims to shed some light on the fundamentals and the tasks performed by various independent individuals or bodies, particularly in the field of control, command and signalling technology (CCS).

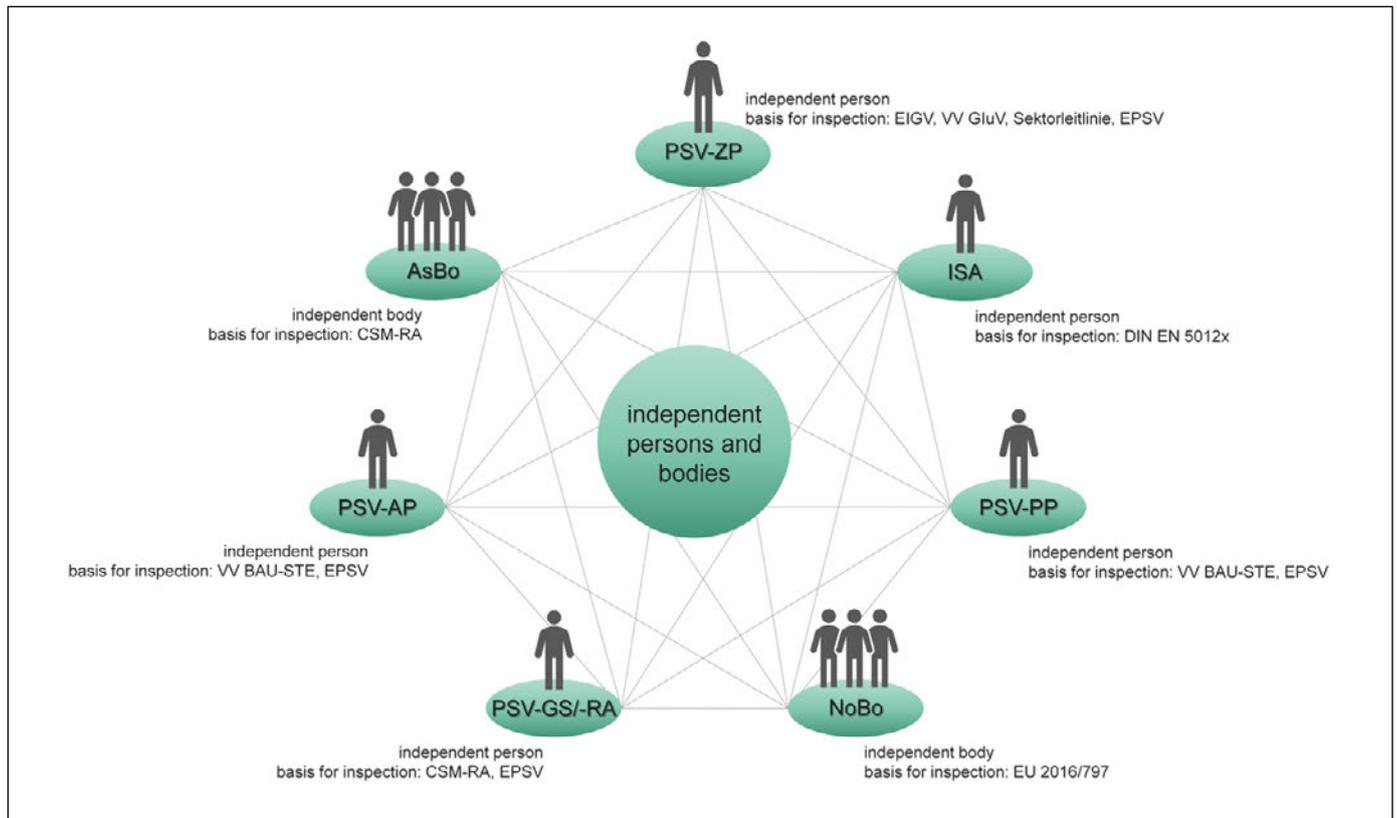
The legal framework in the railway sector is both complex and multifaceted. Within the German context, three legal frameworks often require consideration: the European, German and internal company regulations (fig. 1). While these regulations should ideally be consistent with one another, practice has shown that there can be some ambiguities within the respective legal frameworks. However, all legal foundations generally require the examination of specific matters by independent individuals or entities. The common factor for all these independent roles lies in the fact that they typically evaluate specific results, usually in documentary form, pertaining to defined requirements. Their tasks, legitimacy and the resulting documents may differ accordingly.

Independent individuals – especially approved expert inspectors (PSV) – act as administrative assistants to the German Federal



**Bild 1: Rechtliche Rahmenbedingungen für die Aufgaben unabhängiger Personen und Instanzen**

Fig. 1: The legal framework for the tasks of independent individuals and bodies



**Bild 2: Übersicht unabhängiger Personen und Instanzen**  
 Fig. 2: An overview of the independent individuals and bodies

Aufgaben umfassen die Prüfung technischer Vorschriften, die Bestätigung der Einhaltung dieser Vorschriften, die Prüfung von Nachweisverfahren oder die Bestätigung der Verwendbarkeit von Produkten. Diese Personen müssen dem Begriff und der Rolle nach unabhängig und weisungsfrei sein und haben eine Auskunftspflicht gegenüber dem EBA sowie eine Anzeigepflicht bei Gefahr für die öffentliche Sicherheit.

**1 Welche Rollen gibt es im Bereich der LST?**

Im Bereich der LST existieren verschiedene Rollen und Funktionen (Bild 2). Dazu gehören (in alphabetischer Reihenfolge und geschlechtsneutral):

- AsBo: Assessment Body, unabhängige Bewertungsstelle
- ISA: Independent Safety Assessment, unabhängige Sicherheitsbewertung
- NoBo: Notified Body, benannte Stelle
- PSV-AP: Abnahmeprüfer
- PSV-GS/RA: Prüfer für den Nachweis gleicher Sicherheit/ expliziter Risikoanalysen
- PSV-PP: Planprüfer
- PSV-ZP: Zulassungsprüfer.

Jedes LST-System startet mit einer Systementwicklung. Gemäß deutschen und europäischen Vorgaben sollte diese nach DIN EN 5012x ablaufen. An dieser Stelle wird die erste unabhängige Instanz, der ISA, involviert. Dieser führt eine unabhängige Sicherheitsbewertung des normenkonformen Entwicklungsprozesses durch (vgl. [1]). Ist das LST-System Bestandteil der Technischen Spezifikationen für Interoperabilität (TSI), so prüft der NoBo die TSI-Konformität und dokumentiert dies in einer EG-Prüfbescheinigung (vgl. [2]). Soll das System in Deutschland eingesetzt werden, kommen verschiedene Regularien, wie

Railway Authority (EBA) and are responsible for the technical and legal supervision of the federal railways. Their tasks include the examination of technical regulations, confirmation of the compliance with these regulations, inspections of the verification procedures and confirmation of the usability of products. These individuals must be independent and free of directives and have a duty to provide information to the EBA, as well as an obligation to report whether there is any danger to public safety.

**1 Which roles exist in the field of CCS?**

The field of CCS consists of various roles and functions (fig. 2). These include (in alphabetical order):

- AsBo: the Assessment Body
- ISA: the Independent Safety Assessment
- NoBo: the Notified Body
- PSV-AP: EBA approved acceptance inspector
- PSV-GS/RA: EBA approved inspector for the proof of equal safety/ explicit risk analyses
- PSV-PP: EBA approved design review inspector
- PSV-ZP: EBA approved system approval inspector.

Each CCS system starts with system development. According to the German and European specifications, this should be carried out in accordance with DIN EN 5012x. The first independent body, the ISA, is involved at this point. It conducts an independent safety assessment of the standard-compliant development process (cf. [1]). If the CCS system is a component of the Technical Specifications for Interoperability (TSI), the NoBo checks its compliance with the TSI and documents it in an EC certificate (cf. [2]).

- die Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung (EIGV),
- die Verwaltungsvorschrift für die Genehmigung zum Inverkehrbringen und Verwenden von sicherungstechnischen und elektrotechnischen Systemen und Komponenten (VV GluV) sowie
- die Sektorleitlinie für die Zulassungsbewertung von Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnischen Anlagen (kurz Sektorleitlinie) zum Tragen. Zusammen bilden diese den Rahmen für die Genehmigung und Zulassung von Eisenbahnsystemen und -komponenten in Deutschland. Die EIGV stellt die allgemeinen Anforderungen und Verfahren bereit, während die VV GluV und die Sektorleitlinie spezifische technische und sicherheitstechnische Aspekte abdecken. Es wird u.a. ein PSV-ZP benötigt, welcher die Einhaltung von nationalen technischen Vorschriften im Rahmen einer Prüfbescheinigung bestätigt (vgl. [3]).

Gleichfalls stellt jede Zulassung eine potenzielle Änderung im Eisenbahnsystem dar. Nach europäischen Vorgaben sind zwingend für jede Änderung deren sicherheitliche Auswirkungen zu untersuchen und eine Bewertung der Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau durchzuführen. Der Nachweis, dass die sich ergebenden Risiken als ausreichend gering und das betrachtete System als sicher angesehen werden können, wird in Abhängigkeit von der identifizierten Signifikanz der Änderung durch einen PSV-GS/-RA (vgl. [3]) oder AsBo (vgl. [4]) bewertet.

Ein korrekt entwickeltes und zugelassenes System entfaltet keinen Nutzen, wenn es nicht im Rahmen seines definierten Anwendungsbereichs implementiert wird. Hierzu sind Planungs- und Bauprozesse gemäß Verwaltungsvorschrift für die Bauaufsicht über Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnische Anlagen (VV BAU-STE) notwendig. Die Planung wird u.a. durch den PSV-PP (vgl. [5]) überwacht. Die plan- und vorschriftenkonforme Montage als Gesamtheit der Maßnahmen zur Errichtung einer LST-Anlage wird durch den PSV-AP (vgl. [5]) bescheinigt. Der in Bild 3 dargestellte Ablauf stellt lediglich einen Ausschnitt der an den jeweiligen Prozessen beteiligten Personen dar. Es wird bereits deutlich, dass eine Vielzahl an unabhängigen Rollen involviert ist. Daher ist es nicht überraschend, wenn die spezifischen Aufgaben und Verantwortlichkeiten der einzelnen unabhängigen Personen nicht vollends bekannt sind. Nachfolgend sollen daher einzelne Gruppen näher betrachtet werden.

Various regulations come into play if the system is to be used in Germany, for instance

- the regulation governing the approval of commissioning (EIGV),
- the administrative regulation for the authorisation to market and use of signalling and electrotechnical systems and components (VV GluV) and
- the sector guideline for the approval assessment of signalling, telecommunications and electrotechnical systems (Sektorleitlinie).

Together, they form the approval framework for railway systems and components in Germany. The EIGV provides the general requirements and procedures, while the VV GluV and the sector guideline cover specific technical and safety aspects. Amongst other things, a PSV-ZP is required to certify compliance with the national technical regulations as part of a test certificate (cf. [3]).

Likewise, any approval represents a potential change in the railway system. According to the European regulations, it is mandatory to investigate the safety impacts of each such change and to conduct an evaluation of the effects on the safety level. The proof that the resulting risks can be considered sufficiently safe is assessed in line with the significance of the change identified by a PSV-GS/-RA (cf. [3]) or the AsBo (cf. [4]).

The benefits of a developed and approved system are only realised once the system has been implemented within the defined scope of its application. Planning and construction processes based on the administrative regulation for the construction supervision of signalling, telecommunications and electrotechnical systems (VV BAU-STE) are necessary for this. The planning is assessed by the PSV-PP (cf. [5]). The PSV-AP certifies that the installation complies with all the regulations and plans (cf. [5]).

The process depicted in fig. 3 only represents a snapshot of the bodies involved in the respective processes. It is obvious that a large number of independent roles are involved. Therefore, it is not surprising if the specific tasks and responsibilities of the

## VDI meets ITK:

### Bahn. Branche. Zukunft.

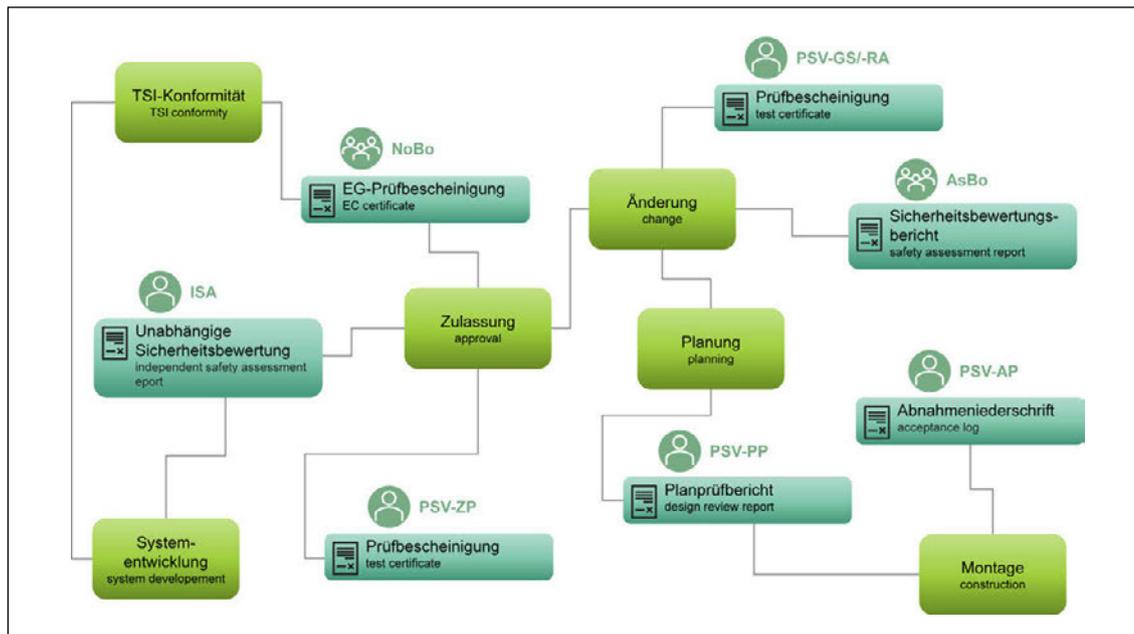
Software im Fokus: KI und Automatisierung als Innovationstreiber für das System Bahn

24. und 25. September, MotionLab Berlin



[www.itk-engineering.de/vdi-meets-itk](http://www.itk-engineering.de/vdi-meets-itk)





**Bild 3: Wann wird welche unabhängige Instanz einbezogen?**  
 Fig. 3: When is which independent person or body involved?

**1.1 ISA – Independent Safety Assessment**

Die unabhängige Sicherheitsbewertung durch einen ISA umfasst die Beurteilung des Sicherheitsmanagementprozesses (SMS) gemäß DIN EN 5012x. Dies beinhaltet die Prüfung

- der Ergebnisse der Verifizierung und Validierung,
- der Zuweisung der Sicherheitsintegritätslevel (SIL-Zuweisung) und
- der zugehörigen Sicherheitsnachweisführung im Rahmen des SMS inkl. der Konformität der Managementsysteme
  - Qualitätsmanagementsystem (QMS)
  - Konformitätsmanagementsystem (KMS)
  - Änderungsmanagementsystem (ÄMS).

Die unabhängige Sicherheitsbewertung wird im Rahmen des Entwicklungsprozesses von Bahnanwendungen, insbesondere Systemen der LST, durchgeführt. Speziell sind die Tätigkeiten in Phase 9 des CENELEC-Lebenszyklus vorgesehen. Der ISA ist ebenfalls für die Bestätigung der Zuordnung der Basisintegrität (BI) eines Systems zuständig. Im Ergebnis wird ein unabhängiger Sicherheitsbewertungsbericht erzeugt.

Die Anforderungen an einen ISA regelt Anhang G (Tabelle G.4) der DIN EN 50126-2: So wird u. a. eine „Anerkennung / Lizenz einer anerkannten Sicherheitsbehörde“ [6] gefordert. Die konkrete Art der Anerkennung wird in diesem Fall nicht spezifiziert.

**1.2 PSV-ZP – Zulassungsprüfer**

Der Zulassungsprüfer (PSV-ZP) beurteilt die Übereinstimmung des Prüfgegenstands mit den nationalen technischen Vorschriften. Dies erfolgt im Rahmen der Zulassung von generischen Produkten und wird in einer Prüfbescheinigung niedergeschrieben. Die Anerkennung erfolgt durch das EBA im Rahmen eines definierten Anerkennungsverfahrens gemäß Verwaltungsvorschrift zur Anerkennung und Überwachung von PSV für Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnische Anlagen im Eisenbahnbereich (VV PSV-STE). Der PSV-ZP darf nicht an der Zulassungsdokumentation und Entwicklung des Produkts beteiligt sein.

**1.3 AsBo – Assessment Body**

Der Assessment Body (AsBo) bewertet sowohl die Eignung als auch die Ergebnisse des Risikomanagementverfahrens gemäß Durchführungsverordnung 402/2013 (CSM-RA). Dies ist erforderlich bei jeglichen si-

individual independent bodies are not fully known. Individual groups should subsequently be examined in more detail.

**1.1 ISA – the Independent Safety Assessment**

The independent safety assessment performed by the ISA contains an evaluation of the safety management process according to DIN EN 5012x. This includes a review of

- the results of the verification and validation processes,
- the assignment of safety integrity levels (SIL assignment) and
- the associated safety case including the conformity of the management systems
  - the quality management system
  - the conformity management system
  - the change management system.

The independent safety assessment is carried out within the framework of the railway application development process, especially the CCS systems. The activities are specifically foreseen in phase 9 of the CENELEC lifecycle. The ISA is also responsible for confirming the assignment of a system’s basic integrity (BI). As a result, an independent safety assessment report is provided. The requirements for an ISA are regulated in Annex G (Table G.4) of DIN EN 50126-2: an “acceptance / license from a recognised safety authority” [6] is required, amongst other things. The specific type of recognition is not specified in this case.

**1.2 PSV-ZP – system approval inspectors**

The PSV-ZP evaluates the compliance of the test item with the national technical regulations. This is undertaken as part of the approval of generic products and is documented in a test certificate. Recognition is granted by the EBA through a defined recognition procedure according to the administrative regulation for the recognition and supervision of PSV for signalling, telecommunications and electrotechnical systems (VV PSV-STE). The PSV-ZP is not permitted to be involved in the approval documentation and development of the product.

**1.3 AsBo – the Assessment Body**

The AsBo evaluates both the suitability and the results of the risk management process according to Commission Imple-

cherheitsrelevanten und signifikanten Änderungen am Eisenbahnsystem. Solche Änderungen können z.B. die inhaltliche Anpassung von Regelwerken, die technische Weiterentwicklung eines Systems oder die Reduzierung des Funktionsumfangs einer Anlage betreffen. Nicht als Änderung wird der 1:1-Austausch von Komponenten, die Wiederherstellung des Sollzustands im Rahmen von Instandhaltungstätigkeiten oder die redaktionelle Änderung von Regelwerken verstanden (vgl. [7]). Die Anerkennung als AsBo erfolgt durch die nationale Sicherheitsbehörde, d.h. in Deutschland durch das EBA. Die Anerkennung wird dabei für die Organisation (Inspektionsstelle nach DIN EIN 17020) sowie die natürlichen Personen innerhalb dieser Organisation ausgesprochen.

#### 1.4 PSV-GS/-RA – Prüfer für Nachweis gleicher Sicherheit / explizite Risikoanalysen

Die Aufgaben des Prüfers für den Nachweis gleicher Sicherheit (NgS) und explizite Risikoanalysen (PSV-GS/-RA) ergeben sich aus § 13 der Eisenbahnprüfsachverständigenverordnung (EPSV). Der PSV-GS/-RA prüft,

- „1. ob der Nachweis mindestens gleicher Sicherheit geführt worden ist,
2. ob ein Vergleich mit einem Referenzsystem angestellt worden ist und ob das gleiche Sicherheitsniveau erreicht wird wie bei der Einhaltung der geltenden nationalen technischen Vorschriften oder
3. ob eine explizite Risikoabschätzung durchgeführt worden ist und ob alle zu ermittelnden Gefährdungen auf einem vertretbaren Niveau gehalten werden.“ [3]

Dies ist erforderlich bei sicherheitsrelevanten, nichtsignifikanten Abweichungen von nationalen technischen Vorschriften im Rahmen von unternehmensinternen Genehmigungen, der Zustimmung im Einzelfall (ZiE) sowie der Zulassung gemäß Sektorleitlinie. Die Ergebnisse der Prüfung werden in einer Prüfbescheinigung dokumentiert.

Die Anerkennung des PSV-GS/-RA erfolgt analog zum PSV-ZP durch das EBA. Als Besonderheit ist anzumerken, dass ein PSV-GS/-RA gemäß Anlage 2 Abschnitt 5.1.1 der EPSV eine dreijährige Tätigkeit als Plan-, Abnahme- oder Zulassungsprüfer nachweisen muss. Inwiefern nicht auch die Anerkennung als AsBo eine geeignete Voraussetzung für die Prüfung von sicherheitsrelevanten, nichtsignifikanten Änderungen ist, erschließt sich nicht. Hintergrund dessen ist, dass ein AsBo die Risikobewertung von signifikanten Änderungen bewerten darf, nicht aber die Risikobewertung von nichtsignifikanten Änderungen, obwohl ein AsBo gleichfalls seine Methodenkompetenz im Bereich der Durchführung von Risikobewertungen im Rahmen seiner Anerkennung durch das EBA nachweisen muss.

#### 1.5 PSV-PP – Planprüfer

Der Planprüfer (PSV-PP) prüft die Ausführungsunterlagen auf Vollständigkeit und Übereinstimmung mit den nationalen technischen Vorschriften und vorhandenen Planfeststellungen. Grundlegende Basis für LST-Anlagen bei Eisenbahnen des Bundes ist dabei u. a. das Planungsregelwerk Ril 819 der Deutschen Bahn AG. Die Anerkennung erfolgt durch das EBA. Bei Planprüfungen von Anlagen der LST besteht eine Besonderheit darin, dass sowohl Planerstellung als auch zugehörige Planprüfung differenziert sind in Planteil 1 (PT 1) und Planteil 2 (PT 2). Während der PT 1 sicherungstechnische Anforderungen an die LST-Anlage definiert und herstellerunabhängig sein soll, stellt der PT 2 die herstellereigene Umsetzung der im PT 1 definierten Anforderungen dar. Aufgrund der unterschiedlichen Techniken bzw. Stellwerksbauformen erfolgt die Anerkennung des PSV-PP gemäß regulatorischen

menting Regulation 402/2013 (CSM-RA). This is required for any safety-relevant and significant changes to the railway system. Such changes include, for example, substantive modifications to regulations, the further development of a technical system or the reduction of a system's functional scope. The 1:1 replacement of components, the restoration of a nominal condition as part of maintenance activities or the editorial amendment of regulations are not considered to constitute changes (see [7]).

Recognition as an AsBo is granted by the national safety authority, i.e. by the EBA in Germany. The recognition applies to both the organisation (the inspection body according to DIN EIN 17020) and the individuals within the organisation.

#### 1.4 PSV-GS/-RA – inspector for the proof of equal safety / explicit risk analyses

The tasks performed by PSV-GS/-RA are derived from section 13 of the Railway Inspector Regulation (EPSV). PSV-GS/-RA check:

- “1. whether proof of at least equal safety has been provided,
2. whether a comparison with a reference system has been made and whether the same safety level as that required by the applicable national technical regulations has been achieved, or
3. whether an explicit risk estimation has been carried out and all the identified hazards have been kept at an acceptable level.” (cf. [3])

This is required for any safety-relevant, non-significant deviations from national technical regulations within the framework of internal corporate approvals, individual consent (ZiE) as well as approval in accordance with the sector guideline. The results of the inspection are documented in the test certificate.

PSV-GS/-RA are recognised by the EBA, similarly to the PSV-ZP. It should be noted that a PSV-GS/-RA must provide evidence of three years of activities as a PSV-AP, PP or ZP according to Annex 2, Section 5.1.1 of the EPSV. It is not apparent why recognition as an AsBo is not also considered a suitable prerequisite for assessing any safety-relevant, non-significant changes. The background to this concerns the fact that an AsBo is permitted to evaluate the risk assessment of any significant changes, but not the risk assessment of any non-significant changes, even though an AsBo must also demonstrate its methodological competence in conducting risk assessments within the framework of its recognition by the EBA.

#### 1.5 PSV-PP – design review inspectors

The PSV-PP assesses design documents for their completeness and compliance with national technical regulations and existing planning approvals. A fundamental basis for German CCS systems includes, amongst other things, the Ril 819 planning regulation issued by Deutsche Bahn AG.

Recognition of PSV-PP is also undertaken by the EBA. In the case of design reviews for CCS systems, both the preparation of the design and the associated design review are differentiated into PT 1 and PT 2. While PT 1 defines the overall requirements for the CCS system and should be manufacturer-independent, PT 2 represents the manufacturer-specific implementation of the requirements defined in PT 1. Due to the different technologies or interlocking designs, the recognition of a PSV-PP is technology-related and sometimes also differentiated into PT 1 and PT 2. A design reviewer cannot be involved in planning.

## 2 Current challenges

The activities of the independent individuals and bodies in the CCS are not immune to the current challenges. The demograph-

Vorgaben technikbezogen, mitunter auch differenziert in PT 1 und PT 2. Der Planprüfer darf nicht an der Planung beteiligt sein.

## 2 Aktuelle Herausforderungen

Auch die Tätigkeiten von unabhängigen Personen und Rollen in der LST bleiben von den aktuellen Herausforderungen nicht verschont. Der demografische Wandel ist auch bei den PSV deutlich sichtbar und kann sich u. a. erheblich auf die Verfügbarkeit der unabhängigen Personen auswirken, da z. B. das Höchstalter eines PSV auf 69 Jahre begrenzt ist. Starre und langwierige Anerkennungsverfahren erschweren es zudem, qualifizierte Experten in die Rolle der unabhängigen Instanz zu integrieren.

Neue Technologien, wie ATO (Automatic Train Operation), TIMS (Train Integrity Monitoring System), FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) und CTMS (Capacity and Traffic Management System) werden schneller entwickelt, als die Grundlagen für die unabhängigen Tätigkeiten fortgeschrieben werden. Zudem erfordern immer neue und detailliertere Vorgaben die Einbindung von verschiedenen unabhängigen Personen und Instanzen.

Diesem Spannungsfeld müssen in naher Zukunft alle Beteiligten (Aufsichtsbehörde, Betreiber, Hersteller, unabhängige Instanzen) gemeinsam entgegentreten und zielführend dahingehend kooperieren, dass das System Bahn die notwendige Fortschrittsentwicklung durchlaufen kann und somit seine Rolle als eines der wichtigsten Elemente des Verkehrssektors auch in Zukunft wahrnehmen kann. Ideen hierfür gibt es viele. Digitaler Planungsprozess, Unterstützung von Plan- und Abnahmeprüfern durch Tools und Automatismen, Anerkennungsverfahren durch Prüfleistellen, Einbindung von qualifizierten Inspektoren zur Vorprüfung, Anpassung des Anerkennungsprozesses sollen nur einige Schlagwörter hierzu sein.

## 3 Fazit

Dieser Beitrag hat die unterschiedlichen Rollen und Aufgaben unabhängiger Instanzen im Bereich der LST erläutert, um einen umfassenden Überblick darüber zu geben, wer zu welchem Zeitpunkt welche Tätigkeiten auszuführen hat. Dabei sind die einzelnen Tätigkeiten und Rahmenbedingungen auszugsweise und verkürzt wiedergegeben, um für alle Beteiligten im Rahmen des Systementwicklungs-, -zulassungs- und -implementierungsprozesses eine Übersicht zu generieren.

Gleichzeitig stellt dieser Beitrag eine Erinnerung dar, den Optimierungsprozess von unabhängigen Bewertungen weiter voranzutreiben bzw. diesen sogar zu beschleunigen. Insbesondere aufgrund der zahlreichen Herausforderungen, welche im Rahmen dieses Beitrags lediglich angerissen wurden, bedarf es einer stetigen Weiterentwicklung der Prüfkategorien und der Anerkennungsverfahren. Dazu bedarf es einer engen Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure. ■

## AUTOR | AUTHOR

### Dipl.-Ing. Jenny Kluge

Prokuristin, Leiterin der Inspektionsstelle /

*Technical manager of the inspection body*

CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik GmbH

Anschrift / Address: Bernhardstraße 77, D-01187 Dresden

E-Mail: jenny.kluge@cerss.com

ic change is clearly visible among the PSV and can significantly impact the availability of independent individuals, as, for example, the maximum age for a PSV is limited to 69 years. Rigid and lengthy recognition procedures pose significant challenges to integrate qualified experts into the role of an independent body.

New technologies such as ATO (Automatic Train Operation), TIMS (Train Integrity Monitoring System), FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) and CTMS (Capacity and Traffic Management System) are developing faster than the foundations for the independent activities are being updated. Additionally, new and more detailed requirements necessitate the involvement of various independent individuals and bodies. In the near future, all the parties involved (the supervisory authority, operators, manufacturers and independent bodies) will have to work together to counter this tension. Close cooperation between all the parties is necessary to ensure that the railway system can make the urgent progress in order to maintain its role as one of the most important elements of the transport sector. There are many ideas on how to accomplish this. Digital planning processes, support for inspectors with tools and automation, recognition procedures by inspection centres, the involvement of qualified inspectors in preliminary inspections and the adjustment of the recognition process are just a few.

## 3 Conclusion

This article explains the different roles and responsibilities of the independent bodies within the scope of CCS and provides a comprehensive overview of who performs which activities at what time. It furthermore serves as a reminder to continue advancing the optimisation process for independent assessments or even to accelerate it. It is necessary to continuously develop the inspection activities and recognition procedures, particularly due to the numerous challenges briefly touched upon in this article. This requires close cooperation between all the involved stakeholders. ■

## LITERATUR | LITERATURE

- [1] DIN EN 50126-1 – Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 1: Generischer RAMS-Prozess, Stand Oktober 2018
- [2] Richtlinie (EU) 2016/797 des europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Mai 2016 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union (Neufassung), Mai 2016
- [3] EPSV – Eisenbahn-Prüfsachverständigenverordnung vom 5. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2077) – 05.10.2020
- [4] Durchführungsverordnung (EU) Nr. 402/2013 der Kommission vom 30. April 2013 über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 352/2009, geändert durch Durchführungsverordnung (EU) 2015/1136 der Kommission vom 13. Juli 2015, berichtigt durch Berichtigung, ABl. L 70 vom 16.3.2016, S. 38 (2015/1136), August 2015
- [5] Verwaltungsvorschrift für die Überwachung der Erstellung von Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnischen Anlagen (VV BAUSTE), Ausgabe 5.1, Gültig ab 15.07.2020
- [6] DIN EN 50126-2 – Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 2: Systembezogene Sicherheitsmethodik, Stand Oktober 2018
- [7] Deutsche Bahn AG: Betriebliches, organisatorisches und technisches Risikomanagement im System Bahn – Leitfaden Risikomanagementverfahren zur RRil 125.0100, 2021

# Kurzberichte | Newsflash

## Italien: 1400 km Strecken mit ERTMS ausgerüstet

Die Rete Ferroviaria Italiana (FS-Gruppe) hat in Italien planmäßig rund 1400 km Strecke vollständig mit ERTMS ausgerüstet. Damit ist das im italienischen Aufbau- und Resilienzplan (PNRR) definierte, mittelfristige Ziel für die Entwicklung des europäischen Eisenbahnverkehrsmanagementsystems erreicht worden. Das strategische Ziel ist, die bereits auf den Hochgeschwindigkeitsstrecken des Landes eingesetzte ERTMS-Technologie auf das gesamte von RFI betriebene Streckennetz auszurollen. Insgesamt sollen demnach rund 2800 km des Netzes bis Juni 2026 mit ERTMS ausgerüstet werden, wozu 2,5 Mrd. EUR aus Mitteln des PNRR bereitgestellt werden.

Rund 2000 Mitarbeiter waren an den von Hitachi, Alstom, Mermec und Progress Rail durchgeführten Arbeiten beteiligt. Mehrere Jahre waren täglich rund 1200 Baustellen aktiv, und eine zunehmende Anzahl von Betriebsunterbrechungen war notwendig.

Bislang mit ERTMS ausgerüstet wurden insgesamt 21 Strecken oder Streckenabschnitte in ganz Italien mit einer Gesamtlänge von 1489 km.

**Im Norden:** Domodossola – Arona, Gallarate – Rho, Meran – Bozen und Rovigo – Chioggia;

**im Zentrum:** Florenz – Rom, Viareggio – Bivio Arcola, Grosseto – Civitavecchia, Civitanova Marche – Albacina, Terni – Sulmona, Campoleone – Nettuno, Ciampino – Frascati / Albano, Roccasecca – Avezzano;

**im Süden:** Rom – Neapel AV/AC (technologische Aufrüstung ERTMS in Betrieb), Lamezia Terme Centrale – Catanzaro Lido, Catanzaro Lido – Sibari sowie

**auf den Inseln:** Cagliari – Oristano, Oristano – Chilivani, Chilivani – Olbia – Golfo Aranci, Siracusa – Canicatti, Caltanissetta Xirbi – Aragona Caldare – Lercara sowie Alcamo – Trapani via Castelvetrano.

In den kommenden Monaten sollen die Arbeiten an konventionellen Strecken, städtischen Knotenpunkte und den europäischen Verkehrskorridoren fortgesetzt werden. Das betrifft auch die Direktverbindung Rom – Florenz, deren Abschnitt Rovezzano – Orvieto bereits fertig ausgerüstet ist; die verbleibenden 105 km zwischen Orvieto und Settebagni, einschließlich der entsprechenden Verbindungen, sollen in den kommenden Monaten in Betrieb unter ERTMS genommen werden.

jsh



TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT



Bahnbetrieb & Infrastruktur



Institut für Bahnsysteme und Bahntechnik



Bild: TU Darmstadt | Felipe Fernandes

**Nur 100 Teilnahmeplätze**

## Scientific Railway Signalling Symposium

**Einfach Fahren! – Digitale Transformation im Spannungsfeld Automatisierung, europäische Standardisierung und schneller Rollout**

**24. September 2025 - in Darmstadt**

Ideal für innovationsinteressierte Führungskräfte und Wissenschaftler:innen





Darmstädter Symposien zum Bahnverkehr









BAHN FACHVERLAG

## EurailJobs Karrieremarkt der Bahnbranche



WIR SUCHEN EINEN

# BAUINGENIEUR

## (m/w/d)



Ihr Ansprechpartner: Matthias Sievers

Tel.: 05471 9559-17

E-Mail: [matthias.sievers@vlo.de](mailto:matthias.sievers@vlo.de)

## Italy: 1,400 km of track equipped with ERTMS

Rete Ferroviaria Italiana (FS Group) has completed the installation of ERTMS on approximately 1,400 km of track in Italy, as planned. This means that the medium-term goal for the development of the European Rail Traffic Management System, as defined in the Italian Recovery and Resilience Plan (PNRR), has been achieved. The strategic goal is to roll out the ERTMS technology already in use on the country's high-speed lines to the entire network operated by RFI. A total of around 2,800 km of the network is to be equipped with ERTMS by June 2026, with EUR 2.5 billion in funding provided by the PNRR.

Around 2,000 employees were involved in the work carried out by Hitachi, Alstom, Mermec and Progress Rail. For several years, around 1,200 construction sites were active every day and an increasing number of service interruptions were necessary.

To date, a total of 21 lines or sections of lines throughout Italy, with a total length of 1,489 km, have been equipped with ERTMS.

**In the north:** Domodossola – Arona, Gallarate – Rho, Merano – Bolzano and Rovigo – Chioggia;

**in the centre:** Florence – Rome, Viareggio – Bivio Arcola, Grosseto – Civitavecchia, Civitanova Marche – Albacina, Terni – Sulmona, Campoleone – Nettuno, Ciampino – Frascati / Albano, Roccasecca – Avezzano;

**in the south:** Rome – Naples AV/AC (ERTMS technological upgrade in operation), Lamezia Terme Centrale – Catanzaro Lido, Catanzaro Lido – Sibari and

**on the islands:** Cagliari – Oristano, Oristano – Chilivani, Chilivani – Olbia – Golfo Aranci, Siracusa – Canicatti, Caltanissetta – Xirbi – Aragona Caldare – Lercara and Alcamo – Trapani via Castelvetro.

Work on conventional lines, urban hubs and European transport corridors is set to continue in the coming months. This also applies to the direct connection between Rome and Florence, the Rovezzano – Orvieto section of which is already fully equipped; the remaining 105 km between Orvieto and Settebagni, including the corresponding connections, are to be put into operation under ERTMS in the coming months.

jsh

## ATO-Fahrten im Projekt RailAIXs erfolgreich durchgeführt

Kann auch in ländlichen Räumen ein fahrerloser Schienenpersonennahverkehr umgesetzt werden? Der Aachener Rail Shuttle (ARS), der als Demonstrator auf der InnoTrans 2024 zu sehen war, soll genau das umsetzen. Im Juni / Juli fanden im Rahmen des Forschungsprojekts RailAIXs (Rail automation with Artificial Intelligence for detection of exceptional situations) praktische Fahrten mit dem dafür entwickelten Kollisionsvermeidungssystem statt. Ziel war die Validierung der Fahrwegbeobachtung und Reaktion in einer offenen Umgebung. Dazu erfolgten in den Nacht- und Morgenstunden von Feier- bzw. Sonntagen vor Betriebsbeginn mit Unterstützung der Rurtalbahn Fahrten auf der Strecke Düren – Euskirchen (Bördebahn). Der Triebwagen 504 006 wurde dabei komplett autonom betrieben, der Triebfahrzeugführer überwachte nur das System. Das Kollisionsvermeidungssystem wurde gemeinsam von den Projektpartnern Institut für Schienenfahrzeuge und Transportsysteme (IFS) der RWTH Aachen (Verbundkoordinator), dem Institut für Mobile Autonome Systeme und Kognitive Robotik (Maskor) der FH Aachen, der Hörmann Vehicle Engineering GmbH und der Qinum GmbH entwickelt und besteht aus Kameras, LiDARS sowie einer satellitengestützten Ortung. Die Sensordaten werden mittels einer Künstlichen Intelligenz (KI) ausgewertet, und das Fahrzeug wird nach entsprechender Risikoeinschätzung über eine sichere Schnittstelle automatisch zum Bremsen gebracht. Während der Versuche bewegten sich Personen und Kraftfahrzeuge mit unterschiedlichen Kontrasten nahe dem Gleis. Die Helligkeit der Umgebung variierte auch infolge des Sonnenaufgangs. Im Rahmen der beantragten Projektverlängerung sollen dann die aufgezeichneten Daten ausgewertet und der Öffentlichkeit bereitgestellt werden. Das Projekt RailAIXs läuft seit August 2022 und noch bis Ende des Monats. Das Bundesverkehrsministerium stellt dafür 3,2 Mio. EUR im Rahmen der mFUND-Initiative bereit.

cm

## ATO journeys successfully completed in the RailAIXs project

Can driverless local rail passenger transport also be implemented in rural areas? The Aachen Rail Shuttle (ARS), which was on display as a demonstrator at InnoTrans 2024, aims to do just that. In June / July, practical trips were carried out with the collision avoidance system developed for this purpose as part of the RailAIXs (Rail automation with Artificial Intelligence for detection of exceptional situations) research project. The aim was to validate track observation and response in an open environment. To this end, journeys were made on the Düren – Euskirchen (Bördebahn) line during the night and morning hours on public holidays and Sundays before the start of operations, with the support of the Rurtalbahn. The 504 006 railcar was operated completely autonomously, with the train driver only monitoring the system. The collision avoidance system was developed jointly by the project partners Institute for Rail Vehicles and Transport Systems (IFS) at RWTH Aachen University (network coordinator), the Institute for Mobile Autonomous Systems and Cognitive Robotics (Maskor) at Aachen University of Applied Sciences, Hörmann Vehicle Engineering GmbH and Qinum GmbH. It consists of cameras, LiDARS and satellite-based positioning. The sensor data is evaluated using artificial intelligence (AI) and, after a corresponding risk assessment, the vehicle is automatically brought to a halt via a secure interface. During the tests, people and motor vehicles with varying degrees of contrast moved close to the track. The brightness of the surroundings also varied as a result of the sunrise. As part of the requested project extension, the recorded data will then be evaluated and made available to the public. The RailAIXs project has been running since August 2022 and will continue until the end of the month. The Federal Ministry of Transport is providing EUR 3.2 million for this project as part of the mFUND initiative.

cm

## ATO- und RTO-Betrieb erstmals umgesetzt

DB Cargo, Hitachi und das DLR haben jetzt für den Einsatz auf der Betuweroute in den Niederlanden den automatisierten und ferngesteuerten (ATO und RTO) Betrieb umgesetzt. Zwei Vectron-Lokomotiven (BR 193) werden mit Hard- und Software der ATO- und RTO-Technik ausgerüstet. Die ATO-Technik über ETCS (AoE) von Hitachi basiert dabei auf dem neuesten Standard Unisig Baseline 4, RTO nutzt das bestehende fahrzeugseitige ETCS-System und eine neue satellitengestützte Ortungslösung mit digitaler Karte. Darüber hinaus wird das Projekt durch ein streckenseitiges ATO-System (nach Unisig-Standard) von Prorail und einen speziellen RTO-Steuerungsarbeitsbereich unterstützt. Zur Hinderniserkennung wurden die Lokomotiven zudem mit Kameras ausgerüstet. Im Gegensatz zu Assistenzsystemen übernimmt das neue System die volle Kontrolle über Beschleunigung, Bremsen und Fahren und stellt „damit einen bedeutenden Schritt in Richtung Automatisierung dar“, so Hitachi. Bei den anstehenden Tests wird der Triebfahrzeugführer vor allem die Sicherheit gewährleisten und als Rückfallebene fungieren (Automatisierungsgrad GoA 2). Das Projekt soll zeigen, dass reibungslose, pünktliche und energieoptimierte Fahrt für komplexe Güterzugverbände möglich ist. Ziel ist die Entwicklung eines Konzepts für eine interoperable Lösung, die auf den neuesten Unisig-Standards basiert und in ganz Europa eingesetzt werden kann. Die beiden Lokomotiven werden ab Oktober auf der Betuweroute zwischen Kijfhoek und Valburg (rund 90 km) eingesetzt. Das Projekt läuft über 30 Wochen, die Fahrten erfolgen an vier Tagen die Woche. Das Projekt ist Teil des Bundesprogramms „Zukunft Schienengüterverkehr zur Förderung von Innovationen“ (Z-SGV) des Bundesverkehrsministeriums. In das Projekt fließen Bundesmittel in Höhe von 18,86 Mio. EUR.

cm

## ATO and RTO operation implemented for the first time

DB Cargo, Hitachi and DLR have now implemented automated and remote-controlled (ATO and RTO) operation for use on the Betuweroute in the Netherlands. Two Vectron locomotives (BR 193) are being equipped with ATO and RTO technology hardware and software. Hitachi's ATO technology via ETCS (AoE) is based on the latest Unisig Baseline 4 standard, while RTO uses the existing on-board ETCS system and a new satellite-based positioning solution with digital maps. In addition, the project is supported by a trackside ATO system (based on the Unisig standard) from Prorail and a special RTO control work area. The locomotives have also been equipped with cameras for obstacle detection. Unlike assistance systems, the new system takes full control of acceleration, braking and driving, representing “a significant step towards automation,” according to Hitachi. In the upcoming tests, the train driver will primarily ensure safety and act as a fallback (automation level GoA 2). The project aims to demonstrate that smooth, punctual and energy-optimised travel is possible for complex freight train combinations. The goal is to develop a concept for an interoperable solution based on the latest Unisig standards that can be used throughout Europe. The two locomotives will be deployed on the Betuweroute between Kijfhoek and Valburg (around 90 km) from October. The project will run for 30 weeks, with trips taking place four days a week. The project is part of the Federal Ministry of Transport's “Future of Rail Freight Transport for the Promotion of Innovation” (Z-SGV) programme. Federal funds amounting to EUR 18.86 million are being invested in the project.

cm

## CEF-Mittel für abgesagte ERTMS-Projekte fraglich

Anfang Juni hatte die EU-Kommissions-Agentur Cinea eine Reihe von Projekten vorgestellt, die nach den Förderaufrufen 2024 mit Mitteln aus der Connecting Europe Facility (CEF) gefördert werden sollen. Unter den deutschen Projekten waren auch solche, deren baldige Umsetzung in Frage steht: so etwa die Strecken-ERTMS-Ausstattung Hamburg – Berlin, die nicht zur Sanierung 2025/26, sondern in den 2030er-Jahren stattfinden soll, oder die Fahrzeug-ERTMS-Ausstattung von ICE T-Zügen, bei denen DB Fernverkehr aktuell offenbar eine Ausmusterung plant. Die geplanten Mittelempfänger könnten nun der EU mitteilen, dass die Projekte nicht umsetzbar sind, dann würde das Geld zurück in den Rückläufertopf fallen. Sie könnten aber auch die Fördervereinbarung, sollte sie angeboten werden, unterschreiben und die Projekte soweit wie möglich durchführen. Ob etwa auch die Strecken-Vorrüstung dazu zählen könnte, ist unklar. Die EU könnte angesichts des Projektstandes aber auch entscheiden, gar keine Finanzierungsvereinbarung anzubieten.

jgf

## CEF funding for cancelled ERTMS projects in question

At the beginning of June, the EU Commission agency Cinea presented a series of projects that are to be funded by the Connecting Europe Facility (CEF) following the 2024 calls for proposals. Among the German projects were some whose imminent implementation is in question: for example, the ERTMS equipment for the Hamburg – Berlin line, which is not scheduled for renovation in 2025/26 but in the 2030s, or the ERTMS equipment for ICE T trains, which DB Fernverkehr is apparently planning to phase out. The planned recipients of the funds could now inform the EU that the projects are not feasible, in which case the money would be returned to the refund pot. However, they could also sign the funding agreement, should it be offered, and implement the projects as far as possible. It is unclear whether this could also include the pre-equipping of the route. However, given the status of the project, the EU could also decide not to offer a funding agreement at all.

jgf

# Wir sind dort, wo Ihre Kunden sind.

- Heft 7+8/25
**9. Railway Forum 2025**  
02.09. – 04.09.25, Berlin
  - Heft 9/25
**Trako 2025**  
23.09. – 26.09.25, Danzig
  - Heft 11/25
**25. SIGNAL+DRAHT-Kongress**  
06.11. – 07.11.25
- 19. IRSA Aachen**  
19.11. – 20.11.24, Aachen

Änderungen vorbehalten



**Weitere Infos:**  
**Silke Härtel**  
**040/237 14-227**  
[silke.haertel@dvvmedia.com](mailto:silke.haertel@dvvmedia.com)

## Impressum | Imprint



Gründet im Jahre 1906 und herausgegeben von DVV Media Group | Eurailpress, Hamburg  
 Founded in 1906 and published by DVV Media Group | Eurailpress, Hamburg

**Freie Chefredaktion | Advising Chief Editors**  
 Dipl.-Phys. Reinhold Hundt  
[reinhold.hundt.extern@dvvmedia.com](mailto:reinhold.hundt.extern@dvvmedia.com)  
 Ing. August Zierl  
[august.zierl.extern@dvvmedia.com](mailto:august.zierl.extern@dvvmedia.com)

**Freie Fachredaktion | Advising Specialist Editors**  
 Dipl.-Ing. Roland F. Albert  
[rf.albert.extern@dvvmedia.com](mailto:rf.albert.extern@dvvmedia.com)  
 Ing. Gerhard Haipl  
[gerhard.haipl.extern@dvvmedia.com](mailto:gerhard.haipl.extern@dvvmedia.com)

**Verlagsredaktion | Staff Editors**  
 Georg Kern  
 (Chefredakteur Eurailpress / Editor in chief Eurailpress)  
 Tel. +49 40 23714-144, [georg.kern@dvvmedia.com](mailto:georg.kern@dvvmedia.com)

**Dipl.-Journ. (FH) Jennifer Schacha**  
 (Redaktionsleitung / Managing Editor)  
 Tel. +49 40 23714-281, [jennifer.schacha@dvvmedia.com](mailto:jennifer.schacha@dvvmedia.com)

**Verlag | Publisher**  
 DVV Media Group GmbH |  
 Postfach 101609 D-20010 Hamburg |  
 Heidenkampsweg 73-79, D-20097 Hamburg  
 Tel. +49 40 23714-100 | [www.eurailpress.de/sd](http://www.eurailpress.de/sd)  
 Geschäftsführer | CEO: **Martin Weber**  
 Verlagsleiter | Publishing director: **Manuel Bosch**  
 Tel.: +49 40 23714-155 | [manuel.bosch@dvvmedia.com](mailto:manuel.bosch@dvvmedia.com)

**Anzeigen | Advertisements**  
 Anzeigenleitung | Advertising mgt. Eurailpress: **Silke Härtel**  
 Tel.: +49 40 23714-227, [silke.haertel@dvvmedia.com](mailto:silke.haertel@dvvmedia.com)  
 Anzeigenverkauf | Advertising sales: **Silvia Sander**  
 Tel.: +49 40 23714-171, [silvia.sander@dvvmedia.com](mailto:silvia.sander@dvvmedia.com)  
 Anzeigentechnik | Ad Administration: **Nicole Junge**  
 Tel.: +49 40 23714-263, [nicole.junge@dvvmedia.com](mailto:nicole.junge@dvvmedia.com)

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 58 vom 1. Januar 2025.  
 The valid advertisements price list is no. 58 of 1 January 2025.

**Vertrieb | Distribution**  
 Leiter Marketing & Vertrieb |  
 Marketing and distribution manager: **Markus Kukuk**  
 Tel.: +49 40 23714-291 | [markus.kukuk@dvvmedia.com](mailto:markus.kukuk@dvvmedia.com)  
 Unternehmenslizenzen Digital / Print |  
 Enterprise licences digital / print:  
[lizenzen@dvvmedia.com](mailto:lizenzen@dvvmedia.com)

**Leser- und Abonnenten-Service | Reader and subscriber service**  
 Tel.: +49 40 23714-260  
[service@dvvmedia.com](mailto:service@dvvmedia.com)

**Erscheinungsweise | Publication frequency**  
 Monatlich, zwei Doppelhefte im Jan./Feb. und Juli/Aug.  
 Monthly, two double issues in Jan./Feb. and July/Aug.

**Bezugsbedingungen | Subscription conditions**  
 Die Bestellung des Abonnements gilt zunächst für die Dauer des vereinbarten Zeitraumes (Vertragsdauer). Eine Kündigung des Abonnementvertrages ist zum Ende des Berechnungszeitraumes schriftlich möglich. Erfolgt die Kündigung nicht rechtzeitig, verlängert sich der Vertrag und kann dann zum Ende des neuen Berechnungszeitraumes schriftlich gekündigt werden.  
 Bei Nichtlieferung ohne Verschulden des Verlages, bei Arbeitskampf oder in Fällen höherer Gewalt besteht kein Entschädigungsanspruch. Zustellmängel sind dem Verlag unverzüglich zu melden.

Es ist ausdrücklich untersagt, die Inhalte digital zu vervielfältigen oder an Dritte (auch Mitarbeiter, sofern ohne personenbezogene Nutzerlizenzierung) weiterzugeben. The order for a subscription is initially valid for the duration of the agreed period of time (duration of contract). It is possible to terminate the subscription contract by giving written notice for the end of the invoicing period. If notice is not given in time, the contract is extended to the end of the new invoicing period, and it is then possible to give notice on it at the end of that period.  
 There is no right to claim compensation in the event of non-delivery for which the publisher is not to blame, industrial action or force majeure. Any delivery fault must be reported to the publisher immediately.  
 It is expressly prohibited to make digital copies of the contents or to pass them on to third parties (including employees, unless a personalised user licence has been granted).

**Bezugsgebühren | Charges**  
 Abonnement Inland jährlich 284,00 EUR inkl. Porto zzgl. MwSt.  
 Subscription Domestic EUR 284,00 for one year incl. P&P plus VAT.  
 Abonnement Ausland jährlich 329,00 EUR inkl. Porto  
 Abroad with a VAT number EUR 329,00 incl. P&P  
 Das Abonnement beinhaltet die jeweiligen Ausgaben gedruckt und digital sowie den Zugang zum EurailpressArchiv. The subscription includes each individual issue in printed, digital forms and also access to the Eurailpress archive.  
 Einzelheft 33,58 EUR inkl. MwSt. | Single issue 33,58 EUR incl. VAT

**Copyright**  
 Vervielfältigungen durch Druck und Schrift sowie auf elektronischem Wege, auch auszugsweise, sind verboten und bedürfen der ausdrücklichen Genehmigung des Verlages. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Abbildungen übernimmt der Verlag keine Haftung.  
 It is prohibited to make copies in printed, written or digital form in whole or in part except with the publisher's express permission. The publisher accepts no liability for unsolicited manuscripts and illustrations.

**Druck | Printing company**  
 Silber Druck GmbH & Co. KG, Lohfelden

### INSERENTENVERZEICHNIS | DIRECTORY OF ADVERTISERS

Alstom Transportation Germany GmbH, Berlin	67
BUG Verkehrsbau SE, Berlin	53
DVV Media Group GmbH, Hamburg	U2, 14, 72, U3, U4
Frauscher Sensortechnik GmbH, St. Marienkirchen	37
Funkwerk AG, Kölleda	9
ITK Engineering GmbH, Holzkirchen	75
Kago AG, Goldau	27
Kontron Transportation GmbH, Wien	7
RDCS Informationstechnologie GmbH, Wien	11
TU Darmstadt, Darmstadt	79
VLO Verkehrsgesellschaft Landkreis Osnabrück GmbH, Osnabrück	79
Zöllner Signal GmbH, Kiel	69

In dieser Ausgabe finden Sie eine Beilage der UNIFE. Wir bitten um freundliche Beachtung.  
 In this issue you will find a supplement of UNIFE. We kindly ask for your attention.

Das Inserentenverzeichnis dient nur zur Orientierung der Leser. Es ist kein Bestandteil des Insertionsauftrages. SIGNAL+DRAHT übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit.  
 The Directory of Advertisers is provided for the reader's guidance only. It does not form part of the advertising contract. SIGNAL+DRAHT does not guarantee its correctness and completeness.

[www.eurailpress.de/sd](http://www.eurailpress.de/sd)  
 ISSN 0037-4997



# GLEICH GEHT ES WEITER

Eurail  
press Career Boost  
2024

Für unsere **Fachredaktion Rail mit Schwerpunkt bei der Publikation Rail Business** suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt einen engagierten

## Redakteur (m/w/d)

Die Fachredaktion Rail verantwortet unter der Dachmarke Eurailpress die führenden deutschsprachigen Fachinformationsangebote für die Schienenverkehrsbranche. Dazu gehören renommierte technische Fachzeitschriften wie die ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR und Signal+Draht ebenso wie die Wirtschaftsmedien Rail Business und bahn manager sowie digitale Formate wie Websites, Newsletter, Videos und Podcasts.

Der Schienenverkehr gehört zu den Wirtschaftssektoren mit hoher Dynamik und großer gesellschaftlicher Relevanz. Rail Business sind die führenden Wirtschaftsnachrichten für die gesamte Schienenverkehrsbranche im deutschsprachigen Raum. Unser Redaktionsteam berichtet mit einem täglichen Newsletter und einer Wochenzeitung für Entscheidungsträger hochaktuell über die wichtigsten Branchenthemen aus Politik, Unternehmen, Personalien, Betrieb, Technik und Infrastruktur.

### Ihre Aufgaben

- Recherchieren und Verfassen von journalistischen Fachinhalten mit Fokus auf die Themen Technik, Fahrzeuge und Infrastruktur für unsere Leserschaft
- Planung und Koordination der Beiträge für die Veröffentlichung in der Wochenausgabe von Rail Business und dem täglichen Newsletter Rail Business Daily sowie – falls passend und relevant – in unseren Publikationen in den Marktbereichen Rail und ÖPNV
- Führen von Hintergrundgesprächen und Interviews sowie der Besuch von Pressekonferenzen und Branchenveranstaltungen inklusive eigener Recherche
- Platzierung der Beiträge in das jeweilige Content-Management- und Layout-System und Mitwirkung bei der Finalisierung der jeweiligen Publikationen
- Unterstützung der verantwortlichen Kollegen/innen unserer Fachmagazine bei der Erstellung von Nachrichtenteilen und technischen Fachbeiträgen
- Weiterentwicklung bestehender Publikationsformate sowie Mitwirkung an neuen Medienangeboten (z. B. Podcasts, Newsletter, Social-Media-Beiträge) – auch in der redaktions- und objektübergreifenden Zusammenarbeit innerhalb unseres Verlags

### Ihre Profilrichtungen:

- Sie haben einen Studienabschluss im Bereich Journalismus oder Kommunikation mit technischem Fokus oder einem Volontariat mit thematischer Nähe zu unserem redaktionellen Umfeld abgeschlossen. Sie begeistern sich für technische Sachverhalte und erarbeiten komplexe Themen und Zusammenhänge, um diese leserorientiert wiederzugeben.
- Alternativ verfügen Sie über einen technischen Studienabschluss im Bereich Ingenieurwesen, bringen Begeisterung für das Recherchieren, Netzwerken und Verfassen von Fachartikeln sowie die Bereitschaft, ihre redaktionellen und journalistischen Kompetenzen aufzubauen und/oder weiterzuentwickeln, mit.
- Idealerweise haben Sie bereits Erfahrung in der journalistischen und redaktionellen Arbeitsweise in Print und Digital.
- Wünschenswert sind Kenntnisse auf den Gebieten Eisenbahntechnik, Maschinenbau, Elektrotechnik, Bauingenieur-, Verkehrsingenieurwesen, IT oder Physik
- Sie haben ein sehr gutes Sprachgefühl, beherrschen Deutsch auf muttersprachlichem Niveau und verfügen über gute Englischkenntnisse
- Ob im Team oder auf sich selbst gestellt – Sie sind selbstständiges, eigenverantwortliches sowie strukturiertes und akkurates Arbeiten mit der damit verbundenen Reisetätigkeit und stetigem Termindruck gewohnt
- Sie sind sicher im Umgang mit MS Office und haben idealerweise bereits Kenntnisse im Umgang mit Publishing Software (z.B. K4/InDesign, Typo3, Inxmail)



Bewerben Sie sich jetzt unter  
<https://jobs.dvmedia.com>

**DVV Media Group GmbH**  
Heidenkampsweg 75, 20097 Hamburg  
[www.dvmedia.com](http://www.dvmedia.com)



+++ ETCS +++ ATO/CBTC +++ FRMCS +++ CBM/PDM +++ KI +++

# RAILIMPACTS

— Digitale Technologien im Bahnbetrieb —

## Digitalisierung des Schienenverkehrs Automatisierung, die bewegt

**Rail Impacts** – der digitale Informationsdienst zum Thema Digitalisierung des Schienenverkehrs – bietet Ihnen stets aktuell und verlässlich einen Überblick über den Stand der relevanten Themen im zunehmend dynamischen Schienenverkehrsmarkt:



Jetzt  
4 Wochen  
testen!

- **ETCS:** Das künftige Leit- und Signalsystem für den Schienenverkehr steht vor dem flächendeckenden Rollout in ganz Europa
- **ATO:** Automatisierung des Bahnbetriebs bis hin zum vollautomatischen und fahrerlosen Betrieb
- **CBTC:** Automatisierter Bahnbetrieb vor allem in Nahverkehrsnetzen
- **FRMCS:** Künftiger europäischer Standard für Funk- und Datenkommunikation im Schienenverkehr
- **Marktumfeld:** Politische und industrielle Rahmenbedingungen
- **Technologien:** Überblick über aktuelle Produkte und Services zur Digitalisierung des Schienenverkehrs sowie Aktivitäten in Forschung und Wissenschaft



Jetzt 4 Wochen kostenlos testen:

[www.eurailpress.de/testen-rail-impacts](http://www.eurailpress.de/testen-rail-impacts)

**Eurail  
press**

  
DVV Media Group

**Eurail**  
press

Archiv

# Ohne Umwege zu Ihren Fachartikeln

Abonnenten  
erhalten bis zu  
**50 %  
Rabatt**

-  über 44.000 Beiträge
-  laufende Aktualisierung
-  individuelle Suchoptionen
-  Volltextsuche
-  Sofort-Download

DER **EI**  
EISENBahn  
INGENIEUR

**ETR**  
ELEKTROTECHNISCHES  
KOMPENDIUM

**EIK**  
ELEKTROTECHNISCHES  
KOMPENDIUM

**RAIL**  
DEUTSCHER  
REISEFÜHRER

**Rail**  
BUSINESS

bahn  
manager

**GÜTERBAHNEN**  
Logistik & Transport

**DER NAHVERKEHR**  
Regionalverkehr

**Eurail**  
press

Archiv

[www.eurailpress.de/eurailpress-archiv](http://www.eurailpress.de/eurailpress-archiv)