



SIGNAL+DRAHT

SIGNALLING & DATACOMMUNICATION

**Jetzt 25%
Messerabatt
sichern!**

eurailpress.de/railway-forum21



23 **ETCS an Landesgrenzen:
Interoperabilität und
Ausrüstungsvarianten**
ETCS at international
borders: interoperability
and equipment variants

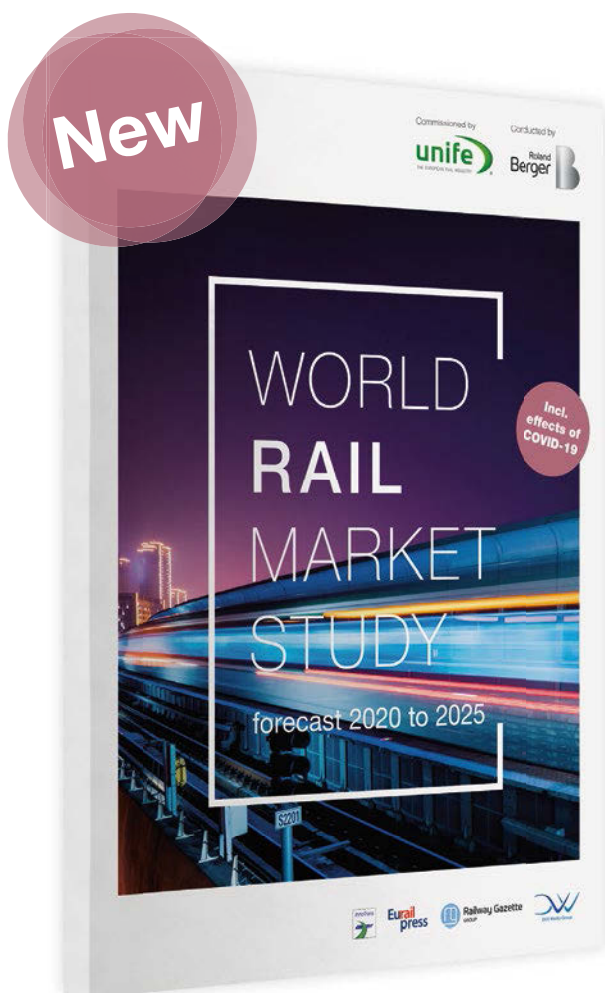
52 **Digitale S-Bahn Hamburg:
Realisierung von
„ATO over ETCS“**
Digital S-Bahn Hamburg:
implementation of
ATO over ETCS

60 **Optimierung der
Blockteilung mit
ETCS Level 2 im DKS**
Optimising block division
with ETCS L2 in the
Stuttgart Digital Node

WORLD RAIL MARKET STUDY

8th edition | forecast 2020 to 2025

New



Commissioned by UNIFE,
conducted by Roland Berger
and published by DVV | Eurailpress |
Railway Gazette

The eighth edition of the UNIFE World Rail Market Study once again provides a comprehensive view of the current status and expected development of the total and accessible world rail supply market. Given the current situation and the uncertainty of economic development due to the impact of COVID-19, the study also addresses the global pandemic and provides a future outlook along two different scenarios. Furthermore, the 2020 edition of the study qualitatively analyses sustainability as a key trend in the rail industry and its impact on the modal shift to rail.

Available as:

PDF Version – ISBN 978-3-87154-669-3

Printed Version – 978-3-87154-668-6

Date of publication: October 2020

**The largest study of its kind –
Order this unique insight to the
world rail market right now!**

Contact: DVV Media Group GmbH | Eurailpress

E-Mail: service@eurailpress.com

Phone: +49 40 237 14-260

Fax: +49 40 237 14-258

More information at www.eurailpress.de/wrms20

Commissioned by



Conducted by





Um schwimmen zu lernen, muss ich ins Wasser gehen!

To learn how to swim, I have to go into the water!

Dieses Zitat von August Bebel zeigt eindrücklich, in welcher Situation wir uns derzeit zu Beginn des Roll-outs der Digitalen Schiene Deutschland befinden.

Die Deutsche Bahn hält Wort! Nach den Referenzimplementierungen, den Vorserienpiloten und jetzt den Schnellläuferprojekten steht bei der Digitalen Schiene Deutschland der Roll-out mit den Vorhaben Scan – Med und Köln – Rhein/Main unmittelbar vor der Tür. Mit dem Digitalen Knoten Stuttgart hat er sogar schon begonnen. Das heißt, der gesamte Sektor, einschließlich der Bahnindustrie, darf sich jetzt beweisen.

Eine der großen Herausforderungen ist, dass die Bahnindustrie jetzt eine Gesamtlösung liefern wird, welche sie bis dato nur in Teilen in den o. g. Piloten realisiert hat und für die die Lastenhefte zum Teil noch im Werden sind.

Es ist aber von essenzieller Bedeutung, um die erforderliche Realisierungsmenge und -geschwindigkeit zu erreichen, dass die zwischen den Teilsystemen Bedienung, Stellwerk und ETCS konsolidierten Lastenhefte über möglichst viele Projekte hinweg Gültigkeit behalten, um mit den vorhandenen Ressourcen den Roll-out zu stemmen.

Im Spannungsfeld zwischen stabilen Lastenheften für eine erfolgreiche Projektrealisierung und zwangsläufigen Anpassungen der Lastenhefte aus den Rückläufen genau dieser Projekte hilft nur eine konstruktive Zusammenarbeit aller am Roll-out Beteiligten. Diese konstruktive Zusammenarbeit zeichnet den deutschen Bahnsektor seit jeher aus, daher bin ich optimistisch, dass wir die richtige Balance aus Stabilität und Flexibilität finden, um den Roll-out erfolgreich zu meistern.

This quote from August Bebel clearly shows the situation we are currently facing at the beginning of the Digital Rail rollout in Germany.

Deutsche Bahn has kept its word! After a number of reference implementations, pre-series pilots and now fast-track projects (“Schnellläuferprojekte”), the Digital Rail rollout in Germany is just around the corner with the Scan – Med and Cologne – Rhine/Main projects. It has in fact already started with the Digital Hub in Stuttgart (“Digitaler Knoten Stuttgart”). This means that the entire sector, including the rail industry, can now prove its mettle.

One of the major challenges involves the fact that the rail industry is due to deliver a complete solution that until now has only been partially covered in the aforementioned pilots and for which the specifications are still in the making.

However, in order to achieve the required quantity and speed of implementation, it is essential that the specifications that have been consolidated between the operations, interlocking and ETCS subsystems remain valid for as many projects as possible in order to enable the rollout to be managed with the available resources. Only constructive cooperation between all those involved in the rollout can lead to positive results in the area of tension between stable specifications for a successful project implementation and the inevitable adjustments to the specifications based on the findings from precisely these projects.

This constructive cooperation has always characterised the German rail sector, so I am optimistic that we will find the right balance between stability and flexibility in order to successfully master the rollout.

Dipl.-Ing. (BA) Dominik Veit, Head of Sales & Business Development Domestic, Thales Deutschland
Dipl.-Ing. (BA) Dominik Veit, Head of Sales & Business Development Domestic, Thales Deutschland



Liebe Leserinnen und Leser,

Matthias Ruete, ERTMS-Koordinator der Europäischen Kommission, erklärte kürzlich in einem Interview, der ERTMS-Streckenausbau müsse deutlich beschleunigt werden. Zwar sind aktuell auf den Kernnetzkorridoren etwa 6800 km mit ETCS in Betrieb (d.h. 14 %), rund 7000 km befinden sich auf den Kernnetzkorridoren im Bau. Betrachtet man die EU-27 sowie Norwegen und die Schweiz, so sind mehr als 41 000 km unter Vertrag. Das sei aber nicht genug, um zeitnah die vielen ERTMS-Inseln zu leistungsfähigen Korridoren zu verbinden.

In dieser Sommer-Ausgabe von SIGNAL+DRAHT berichten wir über eine Reihe technischer Fragestellungen, die im Rahmen der ETCS-Streckenausrüstungen auftreten und möglicherweise dem kurzfristigen Erreichen von politischen Zielen entgegenstehen. Vom Zulassungs- und Safety-Management über ETCS an den Landesgrenzen und Fehlermanagement bei der Inbetriebnahme bis zu ETCS-Projekten bei NE-Bahnen werden verschiedene ETCS-spezifische Handlungsfelder untersucht. Einen Blick in die Zukunft wagen die Beiträge über ATO over ETCS bei der S-Bahn Hamburg und über ETCS L3.

Diese Ausgabe steht also ganz im Zeichen von ETCS und bietet umfassende Einblicke in das einheitliche europäische Zugsteuerungs- und Zugmanagementsystem. Wir wünschen Ihnen eine schöne und erholsame Sommerzeit, neue Erkenntnisse beim Lesen von SIGNAL+DRAHT, und bleiben Sie gesund.

Dear readers,

Matthias Ruete, the ERTMS coordinator of the European Commission, recently stated in an interview that the ERTMS route installation needs to be significantly accelerated. At present, some 6,800 km of ETCS are currently operating on the core network corridors (thus equipment has been installed on 14 % of the lines). In addition, around 7,000 km are under construction on the core network corridors. If you look at the 27 EU countries, together with Norway and Switzerland, more than 41,000 km are under contract. But that is not enough, according to Matthias Ruete, to enable the many ERTMS islands to be quickly connected to form efficient corridors.

In this summer issue of SIGNAL+DRAHT, we report on a number of technical issues that arise within the scope of ETCS line equipment and which may hinder the achievement of political objectives in the short term. From approval and safety management of ETCS at the national borders and error management during commissioning to ETCS projects for non-national railways, various ETCS-specific fields of action are examined. The articles on ATO over ETCS on the S-Bahn Hamburg and on ETCS L3 offer a look into the future.

This issue is, therefore, fully ETCS-focused and offers comprehensive insights into the standardised European train control and train management system. We wish you a pleasant and relaxing summer, new insights when reading SIGNAL+DRAHT, and hope you will stay healthy.

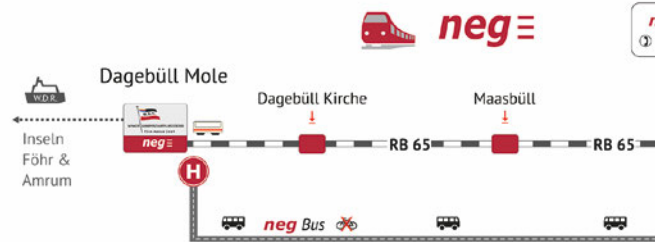
August Zierl

Reinhold Hundt

Chefredakteure | Advising Chief Editors

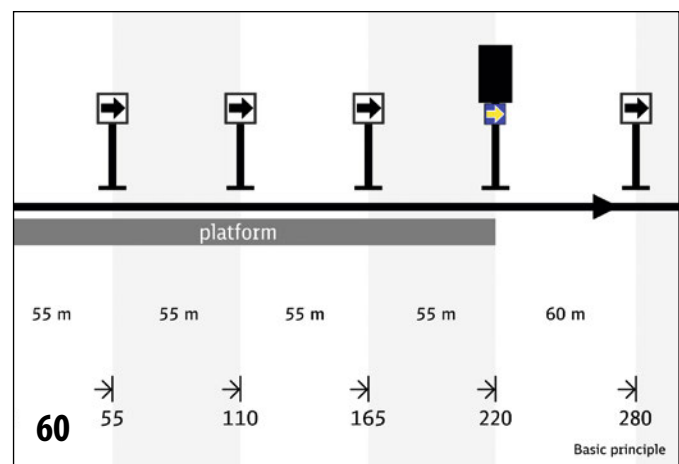
Streckennetz Norddeutsche Eisenbahn Niebüll

Der Zug hält an diesem Bahnhof nur bei Bedarf.
Bitte im vordersten Wagen einsteigen bzw. für
Fahrgäste auf dem Bahnsteig, bitte den Halteknopf drücken.
Durchlaufende IC-Kurswagen
(Mitfahrt für Fernverkehrsreisende vorbehalten).



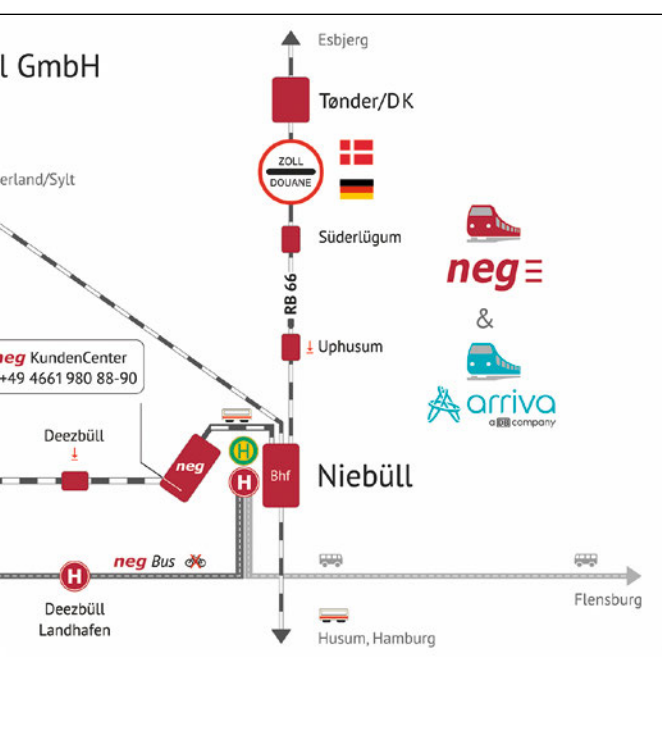
Stand: 11.2021, Recht auf Änderungen vorbehalten.

46



Internationaler Fachbeirat

Klaus Altehage, Signon Deutschland GmbH, Berlin | Bernhard Appel, Thales Austria GmbH, Wien | Manfred Arndt, Voestalpine Signaling Siershahn GmbH, Siershahn | Tilo Brandis, Pintsch GmbH, Dinslaken | Dr.-Ing. Thorsten Bükler, VIA Consulting & Development GmbH, Aachen | Aleš Cipris, SŽDC, Prag | Alessandro de Grazia, Hitachi Rail STS Deutschland GmbH, München | Valentin Doytchev, Bulgarische Staatsbahnen, NRIC, Sofia | Frank Felten, Bombardier Transportation Signal Germany GmbH, Braunschweig | André Feltz, SN CFL, Luxemburg | Thomas Gehring, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn | Reto Germann, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern | Bogdan Godziejewski, Mott McDonald, Arnheim | Alessandro de Grazia, Hitachi Rail STS Deutschland GmbH, München | Dr. Carsten Green, Zöllner Signal GmbH, Kiel | Aki Härkönen, Finnish Transport Infrastructure Agency, Helsinki | Ronald Helder, ProRail, Utrecht | Steffen Henning, Scheidt & Bachmann System Technik GmbH, Kiel | Dr. István Hrivnák, Tran-SYS Ltd., Budapest | Dirk Isola, ipw Ingenieurgesellschaft, Braunschweig | Steffen Jurtz, Nextrail GmbH, Berlin | Johannes Köbler, Bayerische Kabelwerke AG, Roth | Michael Konias, Alstom Transport Deutschland GmbH, Berlin | Branko Korbar, Kroatische Eisenbahnen (HŽ), Zagreb | Dr.-Ing. Rolf-Dieter Krächter, VDB Service GmbH, Berlin | Johannes Kreinbacher, Voestalpine Signaling Zeltweg GmbH, Zeltweg | Andreas Langer, ICS Informatik Consulting Systems GmbH, Stuttgart | Heinz Laumen, Scheidt & Bachmann GmbH, Mönchengladbach | Uwe Lehmann, Funkwerk Systems GmbH, Kölleda | Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer, DLR e.V., Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig | Dietmar Maicz, Hottinger Brüel & Kjaer Austria GmbH, Wien | Dr.-Ing. Matthias Martin, Siemens Mobility AG, Wallisellen | Andreas Medek, Siemens Mobility Austria GmbH, Wien | Peter Mihm, European Union Agency for Railways, Valenciennes |



03 Dominik Veit

Auf ein Wort: Um schwimmen zu lernen, muss ich ins Wasser gehen!

Statement: To learn how to swim, I have to go into the water!

06 Joachim Iburg

Fehlermanagement für ETCS-Projekte der DB Netz AG in der Inbetriebnahmephase

Defect management for DB Netz AG ETCS projects in the commissioning phase

13 David Karbe | Frank Werner | Robert Schätzle | Lars Eilrich

Herausforderungen und Lösungsansätze beim Zulassungs- und Safetymanagement für ETCS

The challenges and solution approaches in ETCS approval and safety management

Michael Mikulandra, Kontron Transportation Austria AG, Wien | **Dr. Oleg Nasedkin**, Petersburger Staatl. Universität für Eisenbahnverkehr/Signaltechnik, St. Petersburg | **NN**, MÁV ZRt., HU-Budapest | **NN**, UIC, Paris | **Michael Osterkamp**, Progress Rail Inspection & Information Systems GmbH, Bad Dürkheim | **PhD. Marek Pawlik**, Railway Research Institute, Warschau | **Jan Richard**, TÜV Süd Schweiz AG, Zürich | **Eitan Rimon**, Israel Railways Ltd., Haifa | **Marián Roman**, Eisenbahnen der Slowakischen Republik (ŽSR), Bratislava | **Christian Sagmeister**, ÖBB-Infrastruktur AG, Wien | **Steffen Saremba**, BBR Verkehrstechnik GmbH, Braunschweig | **Christian Schmidt**, Hanning & Kahl GmbH & Co KG, Oerlinghausen | **Dr.-Ing. Lars Schnieder**, ESE Engineering und Software Entwicklung GmbH, Braunschweig | **Jürgen Schölzel**, Siemens Mobility GmbH, Braunschweig | **Dr. Florian Schramm**, Expleo Germany GmbH, München | **Max Schubert**, INCYDE industrial cyber defense GmbH, Frankfurt/M. | **Ingo Schwarzer**, DB Systel GmbH, Frankfurt | **Sedat Sezgin**, HIMA Paul Hildebrandt GmbH, Brühl | **Georg Sinnecker**, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV), Köln | **Patrick Steinebach**, DB Netz AG, Frankfurt/M. | **Miroslav Stojkovic**, Serbische Eisenbahnen (ŽS), Belgrad | **Detlev K. Suchanek**, PMC Media House GmbH, Hamburg | **Michael Thiel**, Frauscher Sensortechnik GmbH, St. Marienkirchen | **Péter Tóth**, Prolan Group, Budakalász | **Prof. Dr.-Ing. Jochen Trinckauf**, Technische Universität, Dresden | **Laurenz Trunner**, EBE Solutions, Wiener Neudorf | **Dominik Veit**, Thales Deutschland GmbH, Ditzingen | **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 | **Thomas Zwick**, Wenzel Elektronik GmbH, Pinneberg

23 Lars Brune | Pascal Kahnert | Julia Kalkreiber | Bavo Lens

ETCS an Landesgrenzen:

Interoperabilität und Ausrüstungsvarianten

ETCS at international borders:

interoperability and equipment variants

38 Markus Kuttig-Trölenberg | Jörg Schurig | Raimo Koch

Die Zukunft mit ETCS Level 3 Hybrid

The future with the ETCS Level 3 Hybrid

46 Tobias Mücke | Michael Krahel

Erstes ETCS-Projekt bei einer NE

The first ETCS project at an NE

52 Jan Schröder | Christoph Gonçalves Alpoim |

Boris Dickgießer | Volker Knollmann

Digitale S-Bahn Hamburg –

Erstmalige Realisierung von „ATO over ETCS“ in Deutschland

Digital S-Bahn Hamburg –

Germany's first implementation of ATO over ETCS

60 Jonas Denißen | Markus Flieger | Michael Kümmling |

Michael Küpper | Sven Wanstrath

Optimierung der Blockteilung mit ETCS Level 2

im Digitalen Knoten Stuttgart

Optimising block division with ETCS Level 2

in the Stuttgart Digital Node

68 Georg Klöters | Marcell Gransch | Benedikt Janßen

Intelligente digitale Ansteuerung von Eurobalisen

Intelligent digital control of Eurobalises

77 Detlef John

Die neue vernetzte digitale EOW von Pintsch

The new Pintsch digitally-networked LOP

84 Kurzberichte | Newsflash

EurailJobs

86 Impressum | Imprint



Titelbild / Cover

In Hamburg wird die Digitale S-Bahn umgesetzt – gefahren wird mit der BR 474.

In Hamburg, the digital S-Bahn is being implemented – with the BR 474.

Quelle / source: C. Müller



Eurailpress Fachartikelarchiv | Archive of specialist articles

Alle Fachartikel sind dauerhaft unter 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/. 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.

Fehlermanagement für ETCS-Projekte der DB Netz AG in der Inbetriebnahmephase

Defect management for DB Netz AG ETCS projects in the commissioning phase

Joachim Iburg

Mit dem Pilotprojekt Jüterbog – Halle / Leipzig begannen im Jahr 2004 die Vorbereitungen für die Einführung von ETCS (European Train Control System) auf dem deutschen Streckennetz der Deutsche Bahn AG (DB). Die Sicherheit der Strecken und Anlagen steht für die DB an erster Stelle. Daher prüfen wir gemeinsam mit unseren Partnern aus der Industrie vor Inbetriebnahme der Strecken unsere Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik systematisch auf Herz und Nieren. Im Rahmen der anstehenden Erprobung wurde dazu vom Test- und Inbetriebnahmemanagement ETCS der DB Netz AG ein Verfahren zum Fehlermanagement mit dem Ziel gestartet, die zu erwartenden Fehler zu monitoren und einer qualifizierten Fehlerbehebung zuzuführen. Das heute gültige Verfahren wurde über die Jahre kontinuierlich weiterentwickelt und wird hier vorgestellt.

1 Bedeutung des Fehlermanagements im Inbetriebnahmeprozess

Im Rahmen der vorbereitenden Tests für ETCS-Projekte der DB Netz AG zur Inbetriebnahme von ETCS-Streckeneinrichtungen auf dem Netz der DB ist die Aufdeckung noch vorhandener Fehler ein notwendiger Verfahrensschritt. Für deren systematische, kontinuierliche und nachweisbar dokumentierte Verfolgung sowie Steuerung einer zügigen Behebung ist ein funktionierendes Fehlermanagement grundlegende Voraussetzung. Die finalen, für die Inbetriebnahme erforderlichen Tests erfolgen dabei mit entsprechend ausgerüsteten Testfahrzeugen auf der Strecke.

2 Verfahren zum Fehlermanagement

Das hier vorgestellte Verfahren zum Fehlermanagement basiert auf den Qualifizierungen, die das 2002 gegründete ISTQB® (International Software Testing Qualifications Board) zum Test von Software mit entwickelt hat. Der ISTQB® ist eine gemeinnützige Zertifizierungsstelle für Softwaretester, die sich aus ehrenamtlich agierenden Expertengremien zusammensetzt und das Ziel hat, eine standardisierte Ausbildung für professionelle Softwaretester zu erarbeiten.

Nach ISTQB® wird Fehlermanagement als „Prozess der Erkennung, der Analyse, der Bearbeitung und des Abschlusses eines aufgedeckten Fehlerzustandes“ definiert. Dies umfasst auch „Aufzeichnung, Klassifizierung und Identifikation der Auswirkungen“ [1]. Für weitere Details zum Softwaretestprozess allgemein kann auf [2] verwiesen werden. Das Verfahren zum Fehlermanagement ETCS vor Inbetriebnahme eines Streckenprojekts besteht bei der DB Netz AG im Bereich ETCS aus den folgenden grundsätzlichen Verfahrensschritten:

Preparations for the introduction of ETCS (European Train Control System) in DB's (Deutsche Bahn AG) German railway network began with the Jüterbog – Halle / Leipzig pilot project in 2004. The safety of the lines and the installations is DB's top priority. Therefore, we systematically put our control command and signalling systems through their paces in conjunction with our partners before commissioning lines. The ETCS test and commissioning management at DB Netz AG established a fault management procedure as part of the pending testing with the aim of monitoring the expected faults and providing qualified fault rectification. The procedure that applies today has been continuously developed over the years and is presented here.

1 The importance of fault management in the commissioning process

The detection of any remaining faults (or defects) is a necessary procedural step as part of the preparatory tests for DB Netz AG ETCS projects aimed at the commissioning of the trackside ETCS equipment in the DB railway network. A well-functioning fault management system is a fundamental precondition for the systematic, continuous and verifiably documented tracking of faults and the control of their rapid elimination. The final tests required for commissioning are carried out with appropriately equipped test vehicles on the track.

2 The fault management procedure

The fault management procedure presented here is based on the qualifications that the ISTQB® (International Software Testing Qualifications Board), founded in 2002, has helped to develop for testing software. The ISTQB® is a non-profit certification body for software testers that is made up of expert committees acting on a voluntary basis and aims to develop standardised training for professional software testers.

According to the ISTQB®, defect management is defined as “the process of detecting, analysing, handling and closing a detected defect condition”. This also includes the “recording, classification and identification of effects” [1]. Refer to [2] for more details on the software testing process in general.

The ETCS fault management procedure prior to the commissioning of a line project at DB Netz AG consists of the following basic procedural steps:

- failure reporting,
- failure evaluation,

- Fehlermeldung
- Fehlerbewertung
- Fehleranalyse und -verfolgung
- Fehlerbearbeitung
- Archivierung und Dokumentation.

Das Verfahren wurde zwischen den Abteilungen Test- und Inbetriebnahmemanagement TIM für ETCS und der Bauartverantwortung für ETCS abgestimmt und zur Anwendung freigegeben. Die Bauartverantwortung ETCS übernimmt die Federführung ab Inbetriebnahme. Die einzelnen Verfahrensschritte werden im Folgenden vorgestellt.

Grundsätzlich wird für die Fehlererfassung und -verfolgung aus der Phase vor der Streckeninbetriebnahme vom Fehlermanagement ETCS der DB Netz AG derzeit noch eine auf MSQl basierte Fehlerdatenbank (legacy database) eingesetzt. Die Ablösung durch ein neues, modernes Werkzeug zur teamübergreifenden Fehlerbearbeitung ist in Planung. Die Fehlererfassung und -bearbeitung entspricht den Anforderungen an einen FRACAS-Prozess (Fehlerbericht, -analyse und -korrektursystem) gemäß der Norm EN 50126-1 [3].

2.1 Fehlermeldung

Die Erfassung eines bei Tests festgestellten bzw. vermuteten Fehlers erfolgt über ein vom Test- und IBN-Management für ETCS der DB Netz AG herausgegebenes Formblatt. Dieser zweiteilige Problemberichts-vordruck enthält eine eindeutige Fehler-ID und alle weiteren, für die Identifizierung, Beschreibung und Analyse des Fehlers relevanten Eingabemöglichkeiten.

Der Vordruck kann elektronisch ausgefüllt werden und ist an eine im Vordruck genannte Mail-In-Datenbank bei der DB Netz AG zu senden, die während der Tests werktäglich kontrolliert wird.

2.2 Fehlerbewertung

Eingegangene Fehlermeldungen werden zunächst vom Fehlermanagement ETCS einer Erstbewertung unterzogen und klassifiziert. Diese Erstbewertung umfasst die Prüfung auf Vollständigkeit der Angaben im Vordruck sowie die Einstufungen zur Fehlerpriorität und zur Fehlerklasse. Folgende Einstufungen sind definiert:

Die Fehlerklasse (Defect Severity) gibt die „Fehlerschwere“ wieder, d.h. den Grad der Betriebsbeeinträchtigung durch den betreffenden Fehler aus Sicht der DB Netz AG. Die Einstufungen reichen von „Absturz / Ausfall“ über „Fehlfunktion“, „Gering“ bis „Betriebsbehindernd“ und „Betriebsverhindernd“.

Die Fehlerpriorität (Defect Priority) gibt die Dringlichkeit, mit der ein Fehler aus Sicht der DB Netz AG zu korrigieren ist, wieder. Es wird zwischen „Fix“ (sofortige Fehlerkorrektur), „Update“ (Korrektur im nächsten planmäßigen Software-Update) und „Offen“ (noch keine zeitliche Fixierung) unterschieden.

Die Dokumentation der Einstufungen zur Fehlerpriorität und Fehlerklasse erfolgen über ein Listenfeld in der Datenbank. Dies ermöglicht entsprechende Filterungen.

Parallel zu den Einstufungen der Fehlerklasse und der Fehlerpriorität findet durch das Safetymanagement ETCS bei der Bauartverantwortung ETCS der DB Netz AG eine Bewertung der Fehlermeldung im Hinblick auf ihre Sicherheitsrelevanz statt. Die Einbindung hierzu geht vom Fehlermanagement ETCS unmittelbar nach Eingang und Aufnahme der Fehlermeldung aus. Im Wesentlichen entscheiden hier die Einstufungen „sicherheitsrelevant“ und „nicht sicherheitsrelevant“. Die Bewertung selbst trifft die dafür zuständige Bauartverantwortung ETCS nach von ihr zuvor festgelegten, allgemeinen Kriterien, die im Dokument „RAMS-

- failure analysis and tracking,
- failure handling,
- archiving and documentation.

The procedure was agreed between the ETCS Test and Commissioning Management Department and the ETCS Asset Management Department and released for use. The ETCS Asset Management Department assumes the overall control from the commissioning onwards. The procedure's individual steps are presented below.

Basically, the DB Netz AG ETCS fault management still uses an MSQl-based fault database (a legacy database) during the phase before a line is brought into operation. Its replacement with a new, modern tool for cross-team fault processing is being planned. The fault reporting and processing meets the requirements of a FRACAS process (fault reporting, analysis and correction system) in accordance with the EN 50126-1 standard [3].

2.1 Failure reporting

The recording of a fault that has been detected or suspected during tests is carried out using a form issued by the ETCS test and commissioning management at DB Netz AG. This two-part problem report form contains a unique fault ID and all the other input options that are relevant for the identification, description and analysis of the fault.

The form can be completed electronically and must be sent to the mail-in database at DB Netz AG mentioned in the form. The database is checked every workday during the tests.

2.2 Failure evaluation

Incoming failure reports are first subjected to an initial assessment and classified by the ETCS fault management. This initial evaluation includes a check of the completeness of the information contained in the form, as well as the classifications concerning the fault priority (defect priority) and fault class (defect severity). The following classifications are defined:

The defect severity (or fault class) indicates the “fault severity”, i.e. the degree of operational interference caused by the failure in question from the point of view of DB Netz AG. The classifications range from “Crash/System Breakdown” to “Malfunction”, “Minor” to “Obstruction of Operations” and on to “Prevention of Operations”.

The defect priority indicates the urgency with which a defect has to be corrected from the point of view of DB Netz AG. A distinction is made between “Fix” (immediate error correction), “Update” (correction during the next scheduled software update) and “Open” (there is no set date for the error correction).

The documentation of the defect priority and defect severity classifications is realised via a list box in the database. This enables suitable filtering.

The ETCS safety management from the ETCS Asset Management Department at DB Netz AG evaluates the failure report with regard to its safety relevance in parallel to the classification of the defect severity and defect priority. The ETCS fault management involves the ETCS safety management immediately after the receipt of a failure report. The classifications here are essentially “safety-relevant” and “not safety-relevant”. The assessment itself is made by the ETCS Asset Management Department in accordance with the previously defined general criteria, which are set out in the “RAMS plan for ETCS asset management” document. This document describes the risk management procedure and the structure of the hazard protocol. Another ETCS Asset

Plan der ETCS Bauartbetreuung“ niedergelegt sind. Hierin sind der Risikomanagementprozess sowie die Struktur des Gefährdungsprotokolls beschrieben. Ein weiteres Dokument der Bauartverantwortung ETCS enthält Details zu Verantwortung und Führung des Gefährdungslogbuches (GLOG).

Das Ergebnis der Einstufung der Sicherheitsrelevanz wird mit digitaler Unterschrift auf der Fehlermeldung sowie in dem dafür vorgesehenen Listenfeld der Fehlerdatenbank ETCS dokumentiert.

Im nächsten Schritt wird die Fehlermeldung vom Fehlermanagement ETCS einer (Teil-)Systemkomponente vorläufig zugeordnet. Diese Komponente ist dabei als die Software- oder Hardwareeinheit zu verstehen, welche den Fehler verursacht hat und dessen Hersteller für die Fehlerkorrektur verantwortlich ist. In diesem Kontext kann auch eine Spezifikation (Lastenheft) oder eine Richtlinie der DB eine Komponente sein.

2.3 Fehleranalyse und -verfolgung

Ziel der Fehlerverfolgung bzw. des Fehlermonitoring ist eine möglichst zügige Analyse und Behebung der aufgetretenen Fehler. Hierbei spielt das vom Fehlermanagement ETCS der DB Netz AG einzurichtende und unter seiner Leitung stehende DMB (Defect Management Board) eine zentrale Rolle. In diesem Gremium sind Vertreter aller wesentlichen Projektbeteiligten vereinigt. Hierzu gehören die Projektteilungen und die Produktionsdurchführung der DB Netz AG sowie der Bauartverantwortung ETCS mit den Fachexperten, daneben Hersteller der ETCS-Streckeneinrichtung, Hersteller bzw. Betreiber der (Test-) Fahrzeuge, Aufsichtsbehörde, Gutachter und gegebenenfalls weitere am Verfahren Beteiligte. Das Gremium tritt online i. d. R. wöchentlich im Zeitraum der Tests zur Inbetriebnahme zusammen.

Bei den Fehlerdurchsprachen im DMB können auch weitere Datenquellen wie Videosequenzen und Analysesysteme für die Bewertung des Systemverhaltens mit einbezogen werden. Diese Daten erlauben es, Balisendaten sowie weitere Strecken- und Fahrzeugdaten den Videoaufzeichnungen zuzuordnen und zusammen auszuwerten. Details zum Analyseprozess und den zur Anwendung kommenden Tools sind in [4] beschrieben. Die Hersteller der ETCS-Fahrzeug- und ETCS-Streckeneinrichtungen unterstützen mit eigenen Datenanalysen.

Die fachliche Kommunikation mit den Herstellern und weiteren Teilnehmern am DMB erfolgt dann im Nachgang über die Bereitstellung einer Datenbank-Exportdatei sowie eines PDF-Auszugs

Management Department document contains details on the responsibility for and maintenance of the hazard log (GLOG).

The result of the safety relevance classification is documented in the failure report with a digital signature and in the list box provided in the ETCS fault database for this purpose.

The ETCS fault management provisionally assigns the failure report to a (sub)system component in the next step. This component is the software or hardware unit that has caused the failure and whose manufacturer is responsible for the failure correction. A DB requirement specification or operating guideline can also constitute a component within this context.

2.3 Failure analysis and tracking

The aim of failure monitoring or tracking is to analyse and rectify any revealed faults as quickly as possible. The DMB (Defect Management Board), which has been set up and led by the DB Netz AG ETCS fault management, plays a central role. This board brings together representatives from all the main stakeholders: the project departments and the production department at DB Netz AG as well as the ETCS Asset Management Department with their technical experts, in addition to the trackside ETCS equipment manufacturer, the manufacturer or operator of the (test) vehicles, the supervisory authority, the assessors and, if necessary, any other participants involved in the process. The board usually meets online on a weekly basis during the commissioning tests.

Further data sources such as video sequences and analysis systems can also be used to evaluate the system behaviour during the failure discussions in the DMB. This data allows balise and other route and vehicle data to be assigned to the video recordings for common analysis. Details on the analysis process and the applied tools are described in [4]. The manufacturers of the onboard and trackside ETCS equipment provide support with their own data analyses.

The technical communication with the manufacturers and the other participants in the DMB is subsequently carried out via a database export file as well as a PDF excerpt from the complete failure history provided by the ETCS fault management at DB Netz AG. Manufacturers are not provided with direct access to the DB Netz AG ETCS fault database on data protection grounds and due to reasons of process leadership.

The defect status is the parameter that is visible to all those involved in the process regarding the current failure processing status.

Fig. 1 shows the applied error status model.

The details are described in the following chapter. The manufacturer is responsible for the part highlighted in blue.

Fig. 2 provides a summary of the classifications used in the ETCS fault management process.

2.4 Failure handling

The following steps 1) to 8) describe the organisational procedure from the time of receipt of the failure report through to the successful failure correction and release for implementation based on the error status model.

1. The ETCS fault management at DB Netz AG records any incoming failure reports in the ETCS fault database with the “New/Open” status (see the chapter on failure reporting).
2. The ETCS fault management provisionally assigns the failure report to a system component, a defect priority and a defect severity as part of the initial assessment.
3. The failure reports are classified by the ETCS Asset Management Department at DB Netz AG with regard to their safe-

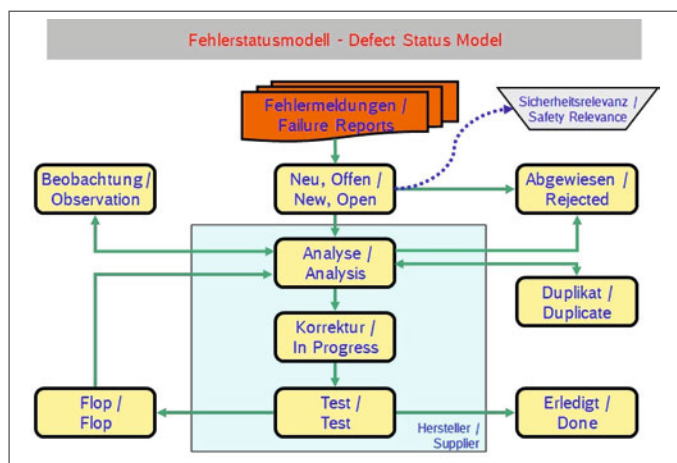


Bild 1: Fehlerstatusmodell

Fig. 1: The error status model

Quelle / Source: [2]/Iburg

ges der Fehlerhistorie durch das Fehlermanagement ETCS der DB Netz AG an den relevanten Verteilerkreis. Der direkte Zugriff eines Herstellers auf die Fehlerdatenbank ETCS der DB Netz AG ist aus Datenschutzgründen sowie aus Gründen der Prozessführerschaft nicht vorgesehen.

Der für alle im Prozess Beteiligten sichtbare Parameter zum aktuellen Stand der Fehlerbearbeitung und damit der kontinuierlichen Verfolgung des Fehleranalyse- und Korrekturverfahrens ist dabei der Fehlerstatus (Defect Status).

Bild 1 zeigt das zur Anwendung kommende Fehlerstatusmodell im Überblick.

Details sind im folgenden Kapitel beschrieben. Für den blau hinterlegten Teil ist der jeweilige Hersteller verantwortlich.

Bild 2 gibt eine zusammenfassende Übersicht der im Rahmen des Fehlermanagementprozesses ETCS zur Anwendung kommenden Einstufungen und Klassifizierungen.

2.4 Fehlerbearbeitung

Die folgenden Schritte 1) bis 8) beschreiben auf der Basis des Fehlerstatusmodells den organisatorischen Regelablauf vom Zeitpunkt des Erhalts der Fehlermeldung bis zur erfolgreichen Fehlerschließung und der Freigabe zur Durchführung der Änderungen.

1. Eingehende Fehlermeldungen werden durch das Fehlermanagement ETCS der DB Netz AG in der Fehlerdatenbank ETCS mit dem Status „Neu / Offen“ erfasst (siehe Kap. zur Fehlermeldung).
2. Das Fehlermanagement ETCS ordnet die Fehlermeldung im Rahmen der Erstbewertung vorläufig einer Systemkomponente sowie einer Fehlerpriorität und einer Fehlerklasse zu (siehe Kap. zur Fehlerbewertung).
3. Parallel zu Schritt 2) werden die Fehlermeldungen von der Bauartverantwortung ETCS der DB Netz AG hinsichtlich der Sicherheitsrelevanz eingestuft (siehe Kap. zur Fehlerbewertung).
4. Das Fehlermanagement ETCS leitet die Fehlermeldungen an die Projektbeteiligten zur Fehleranalyse weiter. Dort werden die eingegangenen Fehlermeldungen fachtechnisch analysiert. Die Erstanalyse liefert der der Komponente zugeordnete Hersteller. Die Fehlermeldungen erhalten in der Fehlerdatenbank ETCS nun den Status „Analyse“.
Ist der Fehler nicht reproduzierbar, kann der Status „Beobachtung“ für einen definierten Zeitraum vergeben werden.
5. Nach Abschluss der Analyse teilt der Hersteller das Analyseergebnis dem Fehlermanagement ETCS mit und unterbreitet einen Lösungsvorschlag zur Fehlerbehebung in Form einer formalen Stellungnahme. Nach Betrachtung der Auswirkungen auf den Bahnbetrieb durch die Fachexperten der Bauartverantwortung ETCS und deren Zustimmung wird die Umsetzung vereinbart.
Konnte in der Analyse kein Nachweis erbracht werden, dass es sich tatsächlich um einen Fehler handelt, oder wurden die in der Testfallbeschreibung festgelegten Testvorbedingungen nicht erreicht, wird die Fehlermeldung abgewiesen und somit geschlossen. Wurde der Fehler bereits einmal beobachtet, wird der Status „Duplikat“ vergeben und das Problem im Masterfehler weiterverfolgt.
6. Nach Einarbeitung der Rückmeldungen und Lösungsvorschläge in die Fehlerdatenbank ETCS erhält die Fehlermeldung den Status „Korrektur“.
7. Ist die Korrektur z.B. durch eine neue Softwareversion der zugeordneten Komponente umgesetzt, wird im Regelfall ein Nachtest zur Verifizierung erforderlich (Status „Test“).
8. Verläuft der Nachtest erfolgreich, d.h. ist der Fehler verifiziert behoben, wird die Fehlermeldung nach Zustimmung der Feh-

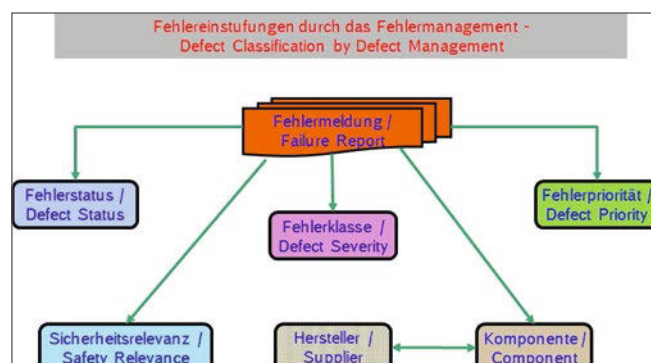


Bild 2: Einstufungen und Klassifizierungen im Fehlermanagementprozess

Fig. 2: The classifications used during the ETCS fault management process

Quelle / Source: eigene Darstellung / own work

ty relevance (see the chapter on failure evaluation) in parallel with step 2.

4. The ETCS fault management forwards the failure reports to the project participants for failure analysis. There, the received failure reports are subjected to a technical analysis. The initial analysis is provided by the manufacturer assigned to the component. The failure reports are now assigned to the "Analysis" status in the ETCS fault database.
The "Observation" status can be assigned to non-reproducible failures for a defined period of time.
5. After the completion of the analysis, the manufacturer informs the ETCS fault management about the analysis result and submits a proposed bug-fixing solution in a formal statement. The implementation is agreed once its effects on rail operations have been considered and approved by the technical experts from the ETCS Asset Management Department.
The failure report is rejected, if the analysis has not been able to prove that this actually involves an error or if the test preconditions specified in the test case description have not been achieved. The "Duplicate" status is assigned, if the failure has already been observed once and the problem is assigned to the master error.
6. The failure report is assigned to the "In Progress" status once the feedback and suggested solutions have been incorporated into the ETCS fault database.
7. If a correction is implemented, e.g. by means of a new software version for the assigned component, a retest is usually required for verification (status "Test").
8. If the retest is successful, i.e. the defect has been rectified, the failure report is closed in the ETCS fault database once it has been approved by the technical experts at DB Netz AG (the "Done" status). The failure must be reanalysed, if the retest has been unsuccessful.

Some deviating sequences to this standard procedure do exist. For example, failure reports which occur during test runs and which, after analysis, are found to have their cause in the test vehicle's onboard ETCS equipment are transferred to the responsible RU or the responsible onboard ETCS equipment manufacturer for further processing.

If the manufacturer's failure analysis does not result in the clarification of the facts, the ETCS fault management forwards the failure to the project's next higher responsible instance for a decision. This can be, for example, a "Special Failure Board".

If the failure analysis shows that changes have to be made in several components or subsystems, separate fault rectification is carried out depending on the component. The DB Netz AG

lerexperten bei der DB Netz AG in der Fehlerdatenbank ETCS geschlossen (Status „Erledigt“). Verläuft der Nachtest nicht erfolgreich, muss erneut analysiert werden.

Zu diesem Regelablauf gibt es einige abweichende Abläufe. So werden Fehlermeldungen, welche bei den Testfahrten auftreten und nach Analyse ihre Ursache im ETCS-Fahrzeuggerät des Testfahrzeuges haben, an das zuständige Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) resp. den zuständigen Hersteller des ETCS-Fahrzeuggerätes zur weiteren Bearbeitung überwiesen.

Ergibt die Analyse des Problems durch den Hersteller keine Klärung des Sachverhalts, wird der Fehler vom Fehlermanagement ETCS an die zuständige nächsthöhere Instanz im Projekt zur Entscheidung weitergeleitet. Dies kann beispielsweise ein „Außerordentliches Fehlerboard“ sein.

Ergibt die Analyse des Problems, dass in mehreren Komponenten bzw. Teilsystemen Änderungen vorgenommen werden müssen, so erfolgt eine getrennte Fehlerbehebung in Abhängigkeit der Komponente, die in der Fehlerhistorie durch das Fehlermanagement ETCS der DB Netz AG jeweils dokumentiert wird. Dieses kann auch entscheiden, Fehleraspekte von der ursprünglichen Fehlermeldung abzutrennen und in einem separaten, neu aufzunehmenden und zu monitorenden Fehler weiterzuverfolgen.

2.5 Archivierung und Dokumentation

Die Fehlermeldungen mit dem Originalvermerk und der Unterschrift der Bauartverantwortung ETCS zur Einstufung der Sicherheitsrelevanz werden unter der zugehörigen Fehler-ID in einem rechnergestützten Datenverzeichnis bei der DB Netz AG unter Beachtung der Datenschutzrichtlinien sicher abgespeichert. In diesem Verzeichnis werden zusätzlich alle Stellungnahmen, log-Dateien, Videosequenzen etc. abgelegt.

Alle Stellungnahmen, Analysen, Lösungsvorschläge und Umsetzungsnachweise werden in der Fehlerdatenbank ETCS der DB Netz AG mit Name, Organisation und Datum dokumentiert. Im DMB getroffene Vereinbarungen sowie Informationen werden ebenfalls mit Datum und Termin zur Abarbeitung dokumentiert. Die Teilnehmer des DMB werden über die Versendung von entsprechenden Berichten über den aktuellen Stand informiert (siehe Kap. zur Fehleranalyse und -verfolgung).

3 Anwendung des Fehlermanagements in den ETCS-Projekten der DB Netz AG im Rahmen der Streckeninbetriebnahme

Das in den Jahren 2003 und 2004 entwickelte Verfahren zum Fehlermanagement für ETCS kam bereits bei verschiedenen ETCS-Projekten der DB Netz AG zur Inbetriebnahme von ETCS-Streckeneinrichtungen zur Anwendung:

- Pilotprojekt Jüterbog – Halle / Leipzig (J – H/L bzw. im Anschluss daran B – H/L)
- Projekt VDE 8.2/8.1 (Verkehrsprojekte Deutsche Einheit: 8.2 (Abschnitt Erfurt – Halle / Leipzig) / 8.1 (Abschnitt Ebensfeld – Erfurt sowie Erfurt – Eisenach))
- Projekt Inbetriebnahme ESG auf den Schweizer Grenzbetriebsstrecken (Erzingen – Konstanz und Knoten Basel) (ESG: ETCS signalgeführt)
- Projekt Berlin – Dresden (B – DD)

Das Verfahren wurde im Laufe der Zeit auf der Grundlage der gewonnenen Erfahrungen immer weiter optimiert.

3.1 Testumfang und Auswertung

Der strukturierte Testprozess umfasst verschiedene Testphasen, beginnend mit den Tests unter Verantwortung des Herstellers, denen Tests zur Erprobung und Zulassung des Systems folgen.

ETCS fault management documents each such case in the failure history. It can also decide to separate the error aspects from the original failure message and to follow them up in a separate failure report that is newly recorded and monitored.

2.5 Archiving and documentation

The failure report with the original note and the ETCS Asset Management Department's signature for the classification of its safety relevance is stored under the assigned failure ID in a computer-aided data directory at DB Netz AG in compliance with the data protection guidelines. All the statements, log files, video sequences, etc. are also stored in this directory.

All the comments, analyses, proposed solutions and proofs of implementation are documented in the DB Netz AG ETCS fault database along with the name, organisation and date. Agreements reached in the DMB as well as other information are also documented with the date and implementation deadline. The participants in the DMB are informed about the current defect status by means of corresponding reports, which are distributed by the ETCS fault management (see the chapter on failure analysis and tracking).

3 The application of fault management in ETCS projects at DB Netz AG within the context of line commissioning

The ETCS fault management procedure developed in 2003 and 2004 has already been used in various ETCS projects at DB Netz AG for the commissioning of ETCS trackside equipment:

- The Jüterbog – Halle / Leipzig pilot project (J – H/L in connection with B – H/L)
- VDE Project 8.2/8.1 (German Unity Traffic Projects – Verkehrsprojekte Deutsche Einheit: 8.2 (the Erfurt – Halle / Leipzig section) / 8.1 (the Ebensfeld – Erfurt and Erfurt – Eisenach sections))
- The ESG commissioning project on the Swiss border line Erzingen – Konstanz and the Basel nodes) (ESG: ETCS Level 1 Limited Supervision)
- The Berlin – Dresden project (B – DD)

The process has been optimised over time based on the experience gained.

3.1 The test scope and evaluation

The structured test process includes different test phases, starting with tests that fall under the responsibility of the manufacturer and followed by tests for the approval of the system.

The ETCS fault management procedure described here has been started in each of the projects mentioned with an HdF declaration by the trackside ETCS equipment manufacturer. The manufacturer stated in the HdF declaration that it had successfully completed its internal component and integration tests. The test phase, which is now being evaluated in the ETCS fault management system, essentially includes technical and operating safety qualification tests, as well as testing in the case of any modifications to the operations rulebook. The tests are carried out on the basis of a previously generated test plan on the line that is to be brought into operation.

The test scope basically depends on the functionalities of the trackside ETCS equipment and the requirements set by the individual responsible for the release (FGV)/the certifying expert (PSV) as well as the assessor. The contents of the tests are defined jointly with the responsible departments at DB Netz AG (in particular with project, test and commissioning management). Detailed test case descriptions based on the local track conditions provide the basis for this. The manufacturers are involved in the coordination

Das hier beschriebene Verfahren zum Fehlermanagement ETCS wurde in den genannten Projekten jeweils mit HdF-Erklärung (Herstellung der Funktionsfähigkeit) des Herstellers der ETCS-Streckeneinrichtung gestartet. Bei der HdF-Erklärung handelt es sich um eine projektrelevante schriftliche Erklärung des Herstellers, dass dieser seine internen Komponenten- und Integrations-tests erfolgreich beendet hat. Die im Fehlermanagement ETCS nunmehr ausgewertete Testphase beinhaltet im Wesentlichen die Tests zur Erprobung der Technik sowie Erprobung bei geändertem Regelwerk im Rahmen der Sicherheitserprobung (SE). Die Tests werden auf der Grundlage einer zuvor erstellten Testplanung auf der in Betrieb zu nehmenden Strecke durchgeführt. Der Testumfang ergibt sich grundsätzlich aus den Funktionalitäten der ETCS-Streckeneinrichtung und den gestellten Anforderungen seitens Freigabeverantwortlicher (FGV)/Prüfsachverständiger (PSV) sowie Gutachter. Die Inhalte der Tests werden mit den zuständigen Abteilungen der DB Netz AG (insbesondere Projekt-, Test- und IBN-Management) gemeinsam festgelegt. Die Basis bilden dabei detaillierte, auf den örtlichen Streckengegebenheiten beruhende Testfallbeschreibungen. Die Hersteller werden in die Abstimmungen frühzeitig mit einbezogen: Sie steuern die projektspezifische Testfallspezifikation bei, aus der Testfälle für die SE ausgewählt werden können. In den gemeinsamen Abstimmungen wird zudem darauf geachtet, dass in früheren Phasen bereits durchgeführte Tests nicht erneut auszuführen sind, ggfs. wird eine Anrechnung der Testergebnisse aus den vorange-

process at an early stage: they contribute the project-specific test case specifications, from which test cases can be selected for safety testing. Care is also taken in the joint coordination process to ensure that the tests that have already been carried out in the earlier phases do not have to be repeated; the approval of test results from previous test phases is considered where necessary. The scope of the testing on the track itself can also be reduced by means of jointly agreed lab tests in the trackside supplier's laboratory.

3.2 The results from the project fault management

The following contains a brief overview of the results from the ETCS fault management for the VDE 8.1 project.

A total of 187 failure reports were submitted to the mail-in ETCS fault management database up to the commissioning of the line in December 2017 and were handled according to the fault management procedure. The first defect was recorded in the ETCS fault database in April 2017, while the last one dated from July 2017. As is to be expected in tests for commissioning trackside ETCS equipment, the main part of the failure reports (30 %) involved the area of software and the development of the ETCS trackside equipment. However, failures (20 %) were also discovered in the software of the relevant onboard ETCS equipment on the test vehicles. In addition, 24 % of the failure reports concerned DB's operations rulebook and guidelines, including the requirement specifications. 6 % of the failure reports were rejected by the ETCS failure management, because analysis showed that they had been caused by

[Reaktivierung und Neubau von Regional- und Stadtbahnstrecken]

05. Oktober 2021 | Düsseldorf

Weitere Informationen unter:
www.eurailpress.de/events

jetzt
anmelden

Veranstalter:



In Zusammenarbeit mit:

HEUKING KÜHN LÜER WOJTEK

gangenen Testphasen erwogen. Der Testumfang auf der Strecke selbst kann zudem durch im Vorfeld gemeinsam vereinbarte Labortests im Labor des Streckenausrusters reduziert werden.

3.2 Ergebnisse aus dem Fehlermanagement der Projekte

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die Ergebnisse aus dem Fehlermanagement ETCS für das Projekt VDE 8.1 gegeben werden.

Insgesamt 187 Fehlermeldungen wurden über den vorgesehenen Meldeweg bis zur Inbetriebnahme der Strecke im Dezember 2017 an das Fehlermanagement ETCS übermittelt und gemäß dem vorgestellten Verfahren bearbeitet. Die erste Fehlermeldung wurde am 6. April 2017 in der Fehlerdatenbank ETCS erfasst, die letzte am 26. Juli 2017. Wie bei Tests zur Inbetriebnahme von ETCS-Streckeneinrichtungen zu erwarten, lag der Schwerpunkt der Fehlermeldungen mit 30 % im Bereich der Software sowie der Projektierung der ETCS-Streckeneinrichtung. Es wurden aber auch Fehler (20 %) der Software der betreffenden ETCS-Fahrzeugeinrichtungen der Testfahrzeuge aufgedeckt. Außerdem betrafen 24 % der Fehlermeldungen Regelwerke und Richtlinien einschließlich Anforderungsspezifikation (LH) der DB. 6 % der Fehlermeldungen wurden vom Fehlermanagement ETCS abgewiesen, da deren Ursache nach Analyse des Sachverhaltes auf Fehlbedienungen während des Testablaufes oder Nicht-Vorliegen der Teststartbedingungen beruhten.

Für das zeitlich weiter zurück liegende Pilotprojekt Jüterbog – Halle / Leipzig wurde die erste Fehlermeldung am 4. Februar 2004, die letzte am 28. November 2007 in der Fehlerdatenbank ETCS erfasst. Aufgrund des wesentlich längeren Testzeitraumes (Januar 2004 bis März 2007) und des größeren Testumfanges in der Pilotierungsphase wurden insgesamt 1091 Fehlermeldungen in der Fehlerdatenbank ETCS geführt. Die ermittelte Verteilung der Komponenten war 44 % ETCS-Streckeneinrichtung (einschließlich angeschlossene Diagnose- und Bedieneinrichtungen), 24 % ETCS-Fahrzeugeinrichtung der Testfahrzeuge, 14 % fehlerhafte Display-Anzeigen auf den Testfahrzeugen, daneben noch eine Reihe von Fehlern weiterer, an den Tests beteiligter Komponenten.

4 Ausblick

Das Fehlermanagement ETCS hat sich in der Phase vor Inbetriebnahme einer Strecke mit ETCS als zentrales Werkzeug zur Qualitätssicherung und zur Unterstützung des zu führenden Sicherheitsnachweises bewährt. Es garantiert die höchstmögliche Verfahrenssicherheit, ermöglicht dabei ein schnelles Identifizieren und Bereinigen von Fehlern in Kooperation mit den beteiligten Herstellern und unterstützt so auch ein schlankes und effektives Testmanagement. Die beschriebene Vorgehensweise ist insbesondere vor dem Hintergrund der Entwicklung, erstmaligen Durchführung und des späteren Roll-outs von Projekten aus dem Bereich der Digitalen Schiene Deutschland (DSD) von zentraler Bedeutung. Im Rahmen der Vereinheitlichung der Vorgehensweise für das Fehlermanagement ETCS vor der Inbetriebnahme sowie unter Führung der Bauartverantwortung ETCS nach IBN wird die Datenhaltung zukünftig durch eine standardisierte Software zur Vorgangsverfolgung realisiert. Die entsprechenden Vorgaben und Vorgehensweisen werden derzeit abgestimmt [4]. Geplant ist unter anderem, dass dann im Rahmen automatisierter Testreihen gefundene Fehler auch direkt in die Mail-In-Schnittstelle eingespielt werden können und eine koordinierte Fehlerübergabe noch offener Punkte an die Bauartverantwortung ETCS künftig vereinfacht wird. ■

an operating error during the test procedure or by the fact that the starting conditions described in the test case could not be achieved. The first defect for the Jüterbog – Halle / Leipzig pilot line, which took place even earlier, was submitted in February 2004, while the last one was received in November 2007. Due to the considerably longer test period (January 2004 to March 2007) and the larger test scope in the pilot project, a total amount of 1091 failure reports were recorded in the ETCS error database. The ascertained distribution of the components was 44 % trackside ETCS equipment (including connected diagnosis and operator facilities), 24 % onboard ETCS equipment on the test vehicles and 14 % incorrect display indications on the test vehicles in addition to a number of failures in other components involved in the tests.

4 Outlook

The ETCS fault management system has proven itself to be a central instrument for quality assurance and for supporting the safety verification in the phase before commissioning a line with ETCS. It guarantees the highest possible level of procedural safety, enables the rapid identification and correction of any failures in cooperation with the involved manufacturers and therefore also supports lean and effective test management. The described procedure is of central importance, especially against the backdrop of the development, initial implementation and subsequent rollout of “Digitale Schiene Deutschland” projects.

In future, data management will be realised using a standardised issue tracking software as part of the standardisation of the ETCS fault management procedure prior to commissioning and under the leadership of the ETCS Asset Management Department after line commissioning. The corresponding specifications and procedures are currently being coordinated [4]. There are also plans to directly import any failures found during the automated test cycles into the mail-in interface, supported by the coordinated and simplified transfer of any still open defects to the ETCS Asset Management Department. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] ISTQB®-GTB Glossar: ISTQB®/GTB Standardglossar der Testbegriffe, Version 3.4 vom 31.07.2020; Web-Applikation
- [2] Spillner, A.; Linz, T.: Basiswissen Softwaretest; 6. Auflage vom 30.06.2019, Dpunkt.Verlag GmbH
- [3] DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik in DIN und VDE: Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 1: Generischer RAMS-Prozess, Deutsche Fassung EN 50126-1:2017
- [4] Wacker, T.: Erste Erfahrungen mit der ETCS-Bauartbetreuung der VDE 8; DB Netz AG, I.NAI 452; SIGNAL+DRAHT, Heft 04/2021

AUTOR | AUTHOR

Dr. Joachim Iburg

Fachexperte Fehlermanagement im ETCS Test- und IBN-Management /
Expert error management in ETCS test and IBN management
DB Netz AG

Anschrift / Address: Völckerstraße 5, D-80939 München

E-Mail: joachim.iburg@deutschebahn.com

Herausforderungen und Lösungsansätze beim Zulassungs- und Safetymanagement für ETCS

The challenges and solution approaches in ETCS approval and safety management

David Karbe | Frank Werner | Robert Schätzle | Lars Eilrich

Viele Unternehmen in unserer Branche sind am ETCS-Roll-out in Deutschland beteiligt. Wenn es um die Zulassungs- und Safetymanagement-Prozesse geht, dann sieht es aber in den Köpfen vieler Beteiligten wie auf Bild 1 aus. Wie hängen generische und spezifische Anwendungen zusammen? Welche Gesetze / Normen müssen wir einhalten? Welche Rollen gibt es? Können wir Synergien nutzen? Im folgenden Beitrag wollen wir mit unseren Projekterfahrungen das Ganze einmal strukturieren und mögliche Lösungsansätze aufzeigen.

1 Motivation

Für die Deutsche Bahn AG (DB) ergeben sich aufgrund des ambitionierten Programms „Digitale Schiene Deutschland“ (DSD) mit dem Ziel eines flächendeckenden ETCS-Roll-outs zahlreiche Herausforderungen. Dabei gilt es neben den betrieblichen Erfordernissen innerhalb der Spezifikation, Entwicklung und Zulassungen die vielfältigen Anforderungen aus Normen / Gesetzen und Zulassungsverfahren zu beachten und über die Lebenszyklusphasen in Einklang zu bringen.

Many companies in our industry are currently involved in the ETCS rollout in Germany. As far as the approval and safety management processes are concerned, however, it looks pretty much like fig. 1 inside the heads of many of those involved. How are generic and specific applications related? Which laws / standards do we have to comply with? What are the roles? Can we use synergies? In the following article, we want to use our project experience to structure everything and to present possible solution approaches.

1 The motivation

Numerous challenges have arisen for Deutsche Bahn AG (DB) due to the ambitious “Digitale Schiene Deutschland” (DSD) program with its objective of a nationwide ETCS rollout. In addition to the operating requirements within the specification, development and approvals, diverse requirements arising from the standards / laws and approval procedures must also be observed and harmonised throughout the lifecycle phases.

**Bild 1: Anforderungs-
vielfalt für die
Zulassung und
Inbetriebnahme
von ETCS-Strecken-
ausrüstung**

Fig. 1: The wide range of requirements for the approval and commissioning of ETCS trackside equipment



Um wettbewerbsfähig zu bleiben und die Infrastruktur auf dem Stand der Technik zu halten, muss ein wirtschaftlicher, industrialisierter Roll-out von ETCS erreicht werden. Hierzu müssen die richtigen Leitfragen identifiziert und beantwortet werden, um die gesetzten Ziele unter den formalen, normativen und politischen Rahmenbedingungen zu erreichen. Dabei drängen sich folgende Fragen auf: Welche Normen / Gesetze müssen berücksichtigt werden? Sind die Anforderungen der Normen / Gesetze kohärent und harmonisiert? Wie kann das Credo: „Nicht so viel wie möglich, sondern so viel wie nötig“ eingehalten werden?

Wie sollten die Hierarchien für den generischen und spezifischen Entwurf aufgebaut sein, sodass nur die spezifische Parametrisierung vorgenommen werden muss und nicht die Entwicklungsanteile der generischen Anwendung im spezifischen Projekt geprüft und validiert werden müssen? Wie kann erreicht werden, dass spezifische Anwendungen grundsätzlich auf generisch validierten Anwendungen basieren? Die Praxis zeigt, dass eine „unausgegrenzte“ Generik zu erheblichen und vermeidbaren Fallstricken in einer spezifischen Anwendung führt.

2 Problemstellung

Im Folgenden wird auf das Wirkgefüge der Verfahren, Rollen und Zulassungsgegenstände am Beispiel ETCS Teilsystem Strecke eingegangen.

2.1 Normen und Gesetze

Zunächst werden die einschlägigen europäischen, nationalen und unternehmensinternen Rahmenbedingungen für ETCS-Projekte Teilsystem Strecke identifiziert.

Bei ETCS-Projekten gelten auf europäischer Ebene:

- Eisenbahnsicherheitsrichtlinie (2008/57/EG)
- Interoperabilitätsrichtlinie ((EU) 2016/798) [1]
- Technische Spezifikation für die Interoperabilität (Verordnung EU 2016/919, TSI ZZS) [2]
- CSM-VO (Durchführungsverordnung (EU) Nr. 402/2013) [3]
- EN 50126 ff [4], [5]

Die Systeme ETCS Signalgeführt (ESG) sowie ETCS Level 2 gehören zum strukturellen Teilsystem Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung (ZZS) und müssen daher die Technische Spezifikation zur Interoperabilität (Verordnung EU 2016/919, TSI ZZS) erfüllen. Entsprechend der TSI ZZS ist die EN 50126 ff. anzuwenden.

Zudem ist die CSM-Verordnung (Durchführungsverordnung (EU) Nr. 402/2013), die eine gemeinsame europäische Sicherheitsmethode für die Beurteilung und Bewertung von Risiken festlegt, für alle strukturellen Teilsysteme des Bahnsystems, bei jeder sicherheitsrelevanten Änderung bzw. einer Neuentwicklung und bei nationalen Zulassungen von Teilsystemen zu erfüllen.

Bei ETCS-Projekten gelten auf deutscher Ebene:

- Allgemeines Eisenbahngesetz in Deutschland (AEG) [6]
- Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Deutschland (EBO) [1]
- Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung (EIGV) [7]
- Verwaltungsvorschrift für die Anwendung der EIGV für das Teilsystem Infrastruktur (VV IBG Infrastruktur) [8]
- Verwaltungsvorschrift für die Bauaufsicht über Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnische Anlagen (VV BAU-STE) [9]
- Verwaltungsvorschrift für die Neue Typzulassung (NTZ) von Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnischen Anlagen (VV NTZ) [10]

Weiterhin gelten bei ETCS-Projekten bei der DB Netz AG vielfältige Richtlinien und Regelwerke sowie Arbeitsanweisungen. Hier wird die CSM-VO beispielsweise durch die unternehmensinterne

In order to remain competitive and ensure that the infrastructure remains state-of-the-art, an economical, industrialised roll-out of ETCS must be achieved. For this purpose, the correct key questions must be identified and answered in order to achieve the set goals under the formal, normative and political framework conditions. The following questions arise: Which standards/laws have to be taken into account? Are the requirements of the standards/laws coherent and harmonised? How can the credo “Not as much as possible, but as much as necessary” be observed?

How should the generic and specific design hierarchies be structured, so that only specific parameterisation has to be carried out and the development portions of any generic applications do not have to be checked and validated within a specific project? How is it possible to ensure that specific applications are fundamentally based on generically validated applications? Practice has shown that “half-baked” generics can lead to considerable and avoidable pitfalls in specific applications.

2 The problem

The effective structure of the procedure, roles and licenced elements is discussed below based on the example of an ETCS trackside subsystem.

2.1 Standards and laws

Firstly, the relevant European, national and in-house framework conditions for ETCS trackside subsystem projects have been identified.

The following regulations apply to ETCS projects at a European level:

- the Railway Security Directive (2008/57/EC)
- the Interoperability Directive ((EU) 2016/798) [1]
- the Technical Specification for Interoperability (Regulation EU 2016/919, TSI ZZS) [2]
- CSM-VO (Implementing Regulation (EU) no. 402/2013) [3]
- EN 50126 et seq. [4], [5]

The ETCS signal-controlled (ESG) and ETCS Level 2 systems belong to the structural Control Command and Signalling (ZZS) subsystem and must therefore comply with the Technical Specification for Interoperability (Regulation EU 2016/919, TSI ZZS). EN 50126 et seq. must also be applied in line with the TSI ZZS.

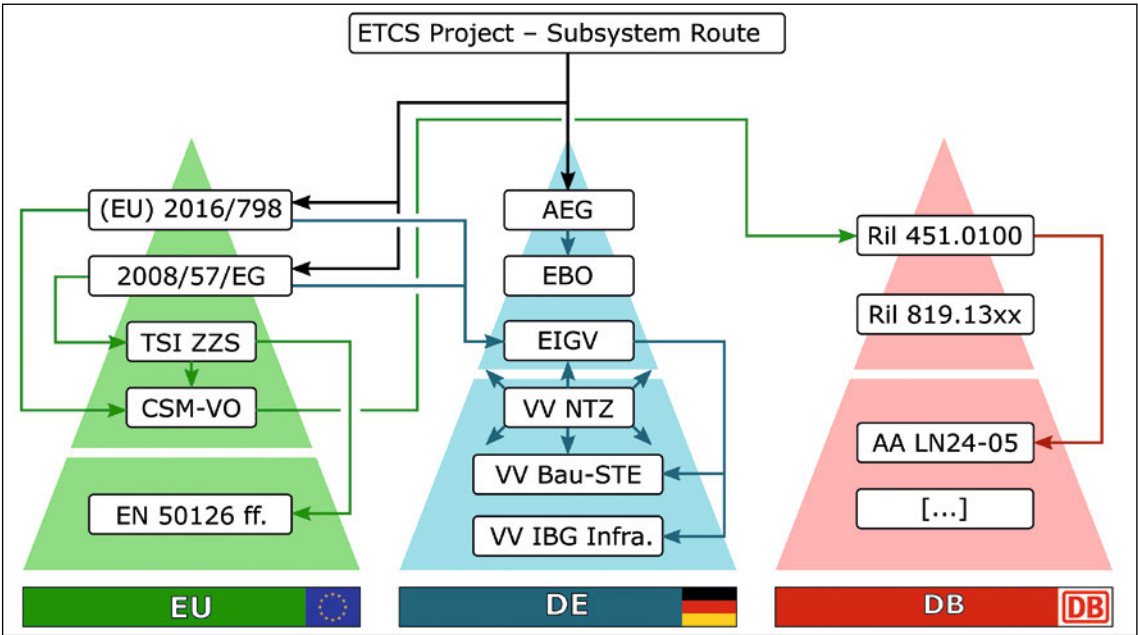
In addition, the CSM Regulation (Implementing Regulation (EU) no. 402/2013), which defines a common European safety method for the assessment and evaluation of risks, must be complied with in all of the railway system's structural subsystems, during every safety-relevant change or new development and during the national approval of any subsystems.

The following regulations apply to ETCS projects at the German level:

- the General Railways in Germany Act [Allgemeines Eisenbahngesetz in Deutschland (AEG)] [6]
- the Railway Construction and Operation Regulation for Germany [Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Deutschland (EBO)] [1]
- the Regulation governing the Granting of Commissioning Permits for the Railway System [Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung (EIGV)] [7]
- the Administrative Regulation for the Use of the EIGV for Subsystem Infrastructure [Verwaltungsvorschrift für die Anwendung der EIGV für das Teilsystem Infrastruktur (VV IBG Infrastruktur)] [8]

Bild 2: Wirkgefüge der Normen, Gesetze und Verfahrensvorgaben

Fig. 2: The effective structure of the standards, laws and process specifications



Ril 451.0100 und die darauf aufbauende Arbeitsanweisung LN24-05 realisiert. Für die ETCS-Planung gilt z. B. die Ril 819.1344/48. Wenn die zuvor genannten Normen, Vorgaben, Gesetze, Verordnungen und Regelwerke in drei Säulen gegliedert werden (Bild 2), werden die Abhängigkeiten und die Verschachtelung untereinander deutlich. Hierbei zeigt sich auch, dass die Verantwortlichen für den Gesamtprozess und für die Dokumentation einer spezifischen Anwendung kaum die Möglichkeit haben, einen strukturierten Gesamtüberblick über alle Säulen hinweg herzustellen. Die VV-NTZ bildet hierzu einen ersten Ansatz und nimmt daher eine zentrale Position ein, um die Anforderungen der unterschiedlichen Normen und Gesetze zu berücksichtigen (die zu-

- the Administrative Regulation for the Construction Supervision Agency regarding Signal, Telecommunications and Electrotechnical Systems [Verwaltungsvorschrift für die Bauaufsicht über Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnische Anlagen (VV BAU-STE)] [9]
 - the Administrative Regulation for the New Type Approval (NTZ) of Signal, Telecommunications and Electrotechnical Systems [Verwaltungsvorschrift für die Neue Typzulassung (NTZ) von Signal, Telekommunikations- und Elektrotechnischen Anlagen (VV NTZ)] [10]
- Diverse guidelines and regulations, as well as work instructions continue to apply to the ETCS projects at DB Netz AG.

Bild 3: Übersicht der anzuwendenden Prüfverfahren

Fig. 3: An overview of the applicable testing procedures

ETCS Project – Subsystem Route				
Expert	Notified Body (NoBo)	Assessment Body (AsBo)	Independent Safety Assessor (ISA)	Designated Body (DeBo) Prüfsachverständiger (PSV)/Auditor
Test Procedure	EG-Test Procedure	Risk Management Process	Safety Management Process	European test procedure/ National test procedure, [...]
Test Basis	Technical Specifications for Interoperability (TSI)	Common Safety Methods (CSM)	EN 50126 (on the following pages)	Notified National Technical Rule (NNTR) / National Technical Rule (NTR), [...]
Result of Test	EG Inspection Certificate	Safety Assessment Report	ISA-Safety Report	NNTR-Certificate / Inspection certificate [...]
Confirmation by the operator's approval officer about the suitability of the object under consideration for use in the rail system				
Ongoing Process	Declaration by the railway infrastructure company on compliance with the basic requirements, technical compatibility and safe integration by the commissioning officer, commissioning documents for the application for commissioning approval in accordance with Annex 6 EIGV			
	EBA grants commissioning authorization			

künftige Sektorleitlinie wird auf diesem Weg ein weiterer Schritt sein). Der Bedarf der Harmonisierung und Synchronisation ist jedoch weitaus größer und muss über alle drei Säulen gleichermaßen erfolgen.

Aus diesem Netzwerk von Normen/Gesetzen sowie nationalen Regelungen ergeben sich bei einer spezifischen Anwendung für die DB Netz verschiedene Prüfverfahren, die vielfach parallel zur Anwendung kommen. Dabei variieren die Prüfverfahren ebenso wie die Prüfgrundlagen, verfolgen aber doch die identische Zielsetzung, einer Fortentwicklung der Leit- und Sicherungstechnologie (LST) bei fortwährender Gewährleistung eines sicheren und bedarfsgerechten Bahnbetriebes.

Bild 3 zeigt tabellarisch auf, welche Auswirkungen das Wirkgefüge der Normen, Gesetze und Verfahrensvorgaben (Bild 2) auf den Zulassungs- und Safetymanagement-Prozess bei einem ETCS-Projekt hat.

Bei der Typzulassung steht die VV-NTZ mit dem Freigabeverantwortlichen (FGV) im Fokus. Der FGV ist für die Freigabe verantwortlich und wird daher in der Tabelle als Beispiel bei einer Erstanwendung von generischen Anteilen erwähnt. Die Tabelle ist eine erste Übersicht für ein Projekt und zeigt nicht abschließend alle Prüfverfahren auf.

2.2 Akteure

Wie das komplexe Wirkgefüge (Bild 2) und die verschiedenen zu beachtenden Prüfverfahren (Bild 3) zeigen, sind durch die europäischen, nationalen und unternehmensinternen Rahmenbedingungen viele Akteure involviert, die miteinander interagieren, sich aber auch untereinander abgrenzen. Somit muss bspw. der Validierer gem. EN 50126-2 unabhängig sein. Da die anderen Normen / Gesetze (Bild 4) nicht von Verifizierung und Validierung sprechen, ist diese Rolle dort nicht abgebildet, obwohl der Charakter verschiedener Aufgaben dem der Validierung gleichkommt. Dies sollte durch eine klarere Aufgabenverteilung eindeutig abgegrenzt werden. Ein unabhängiger Sicherheitsbewerter sollte sich nur auf Verifizierungs- und Validierungs-Aktivitäten und deren Ergebnisse abstützen, diese jedoch nicht selbst erzeugen. In einem RAMS-Prozess könnten z. B. die Entwurfsplanungen durch die Verifizierung und Validierung laufen und so geprüft werden, sodass der Prüfsachverständige sich auf das Ergebnis berufen kann.

Eine große Gefahr besteht darin, dass die erforderlichen Ressourcen für die verschiedenen Rollen aufgrund der vielen, zum Teil parallellaufenden Projekten und Aktivitäten, nicht ausreichend vorhanden sind bzw. mehrfach in Anspruch genommen werden. Zudem ist durch die Ausrichtung auf die Interoperabilität der Anwendungsbereich der Normen / Gesetze und der definierten Rollen (Bild 4) erheblich gestiegen. Synergien und die eindeutige Abgrenzung, die zwischen den einzelnen Rollen möglich wären, bedürfen zudem des Aufbaus der, durch die Normen neu geforderten, personellen Qualifikationen. Dies sollte daher weiter stark priorisiert werden. So zeigt die Erfahrung, dass Schlüsselressourcen, die maßgeblich die Fortentwicklung der generischen ETCS-Systementwicklung betreiben (Ersteller, Verifizierer oder Gutachter), aufgrund ihrer Kenntnisse der Generik intensiv in den Phasen der Pflichtenheft-/Produktentwicklung und der Zulassung der Realisierungsprojekte zum Einsatz kommen. Diese wiederum nehmen stetig zu, wodurch fortlaufende Konfliktsituationen und Terminverzögerungen resultieren. Das ist auch in den fehlenden Typzulassung begründet, was dazu führt, dass bislang jedes Realisierungsprojekt im Grunde einer Erstanwendung gleichkommt. Hinzu kommen unklare und interpretationsoffene Regelungen in den Normen, Gesetzen und Regelwerken, die für eine Harmonisierung

In this case, the CSM Regulation is implemented, for example, by means of the company's in-house Ril 451.0100 regulation and the associated LN24 05 work instruction. For example, Ril 819.1344/48 applies to ETCS planning.

If the aforementioned standards, specifications, laws, regulations and policies are broken down into three pillars (fig. 2), the interdependencies and mutual overlaps soon become apparent. This also shows that those responsible for the overall process and for the documentation of a specific application have hardly any opportunity to create a structured overview of all the pillars.

The VV NTZ is a first approach in this regard and therefore occupies a central position in order to take the requirements of the different standards and laws into account (the future sector guideline will be a further step along this path). However, the need for harmonisation and synchronisation is far greater and it must also be applied equally across all three pillars.

This network of standards / laws and national regulations has resulted in different test procedures during a specific DB Netz application that are often used in parallel. The test procedures and the test principles vary, but still pursue the same objective: the further development of the control and safety technology (CST), while continuously guaranteeing safe and needs-based rail operations.

Fig. 3 tabulates the impact that the effective structure of the standards, laws and procedural specifications (fig. 2) has on the approval and safety management process in an ETCS project.

When it comes to type approval, the focus is on the VV NTZ and the approval officer (FGV). The FGV is responsible for the approval and is therefore mentioned in the table as an example of the first use of generic components. The table constitutes an initial project overview and therefore does not exhaustively show all the test methods.

2.2 The actors

As the complex effective structure (fig. 2) and the various testing procedures that have to be observed (fig. 3) have shown, the European, national and internal company framework means that many actors are involved, who not only interact with one another, but also set themselves apart from one another. Thus, for example, the validator according to EN 50126 2 must be independent. Since the other standards / laws (fig. 4) do not mention verification and validation, this role is not shown there, although the character of the various tasks is equal to that of validation. This should be marked more clearly by means of a clearer division of the tasks. Independent safety assessors should only rely on verification and validation activities and their results, but not generate them themselves. In a RAMS process, for example, the draft planning could run through the verification and validation and be checked in such a way that the registered inspector could refer to the results.

There is a great risk that the resources required for the various roles will not be available in sufficient quantities or that they will be used several times over due to the many, sometimes parallel, projects and activities. In addition, the focus on the interoperability of the scope of the standards / laws and the defined roles has increased significantly (fig. 4). Synergies and the clear demarcation that would be possible between the individual roles also require the development of the personal qualifications required by the standards. This should therefore continue to be given strong priority. Experience has shown that the key resources that play a major role in the further development of the generic ETCS system development (creators, verifiers or experts) are intensively deployed in the specification / product de-

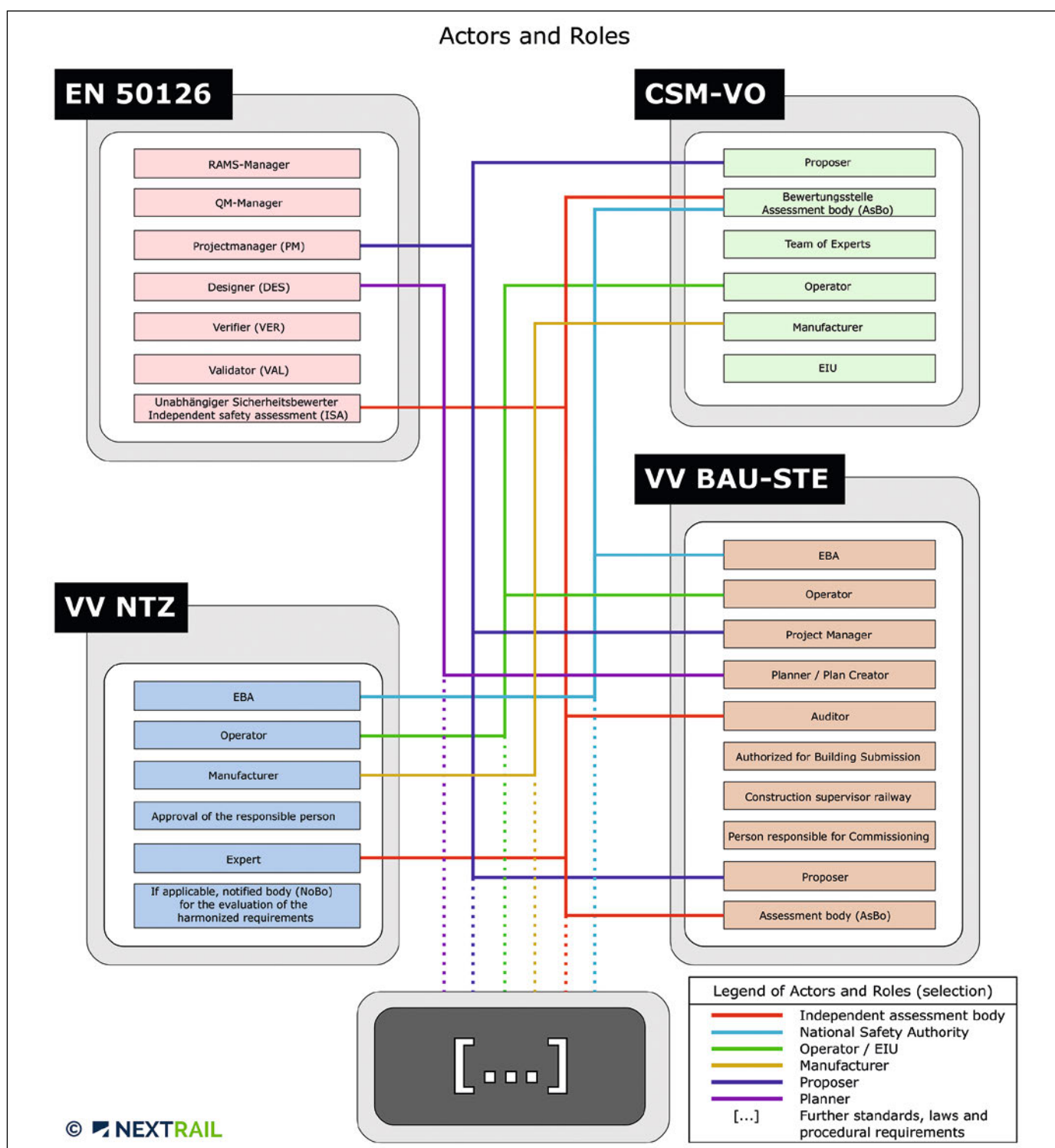


Bild 4: Rollen und Akteure (Auszug)

Fig. 4: The roles and the actors (an excerpt)

eine umfassende Diskussion unter den Akteuren erfordern. Abhilfe würde eine stringent an einem noch näher zu definierenden Modell ausgerichtete Vorgehensweise und Prozesshinterlegung erbringen.

3 Lösungsansatz

Es ist offensichtlich, dass es einer Ordnung und Abstimmung aller zuvor benannten Problematiken bedarf.

velopment phases and during the approval of the implementation projects due to their knowledge of the generics. These in turn are steadily increasing and as such are resulting in ongoing clashes and scheduling delays. This is also due to the lack of type approval, which means that, so far, every implementation project has basically been the equivalent of an initial application. In addition, the standards, laws and regulations contain unclear regulations that are open to interpretation and require comprehensive discussion among the actors in order to harmo-

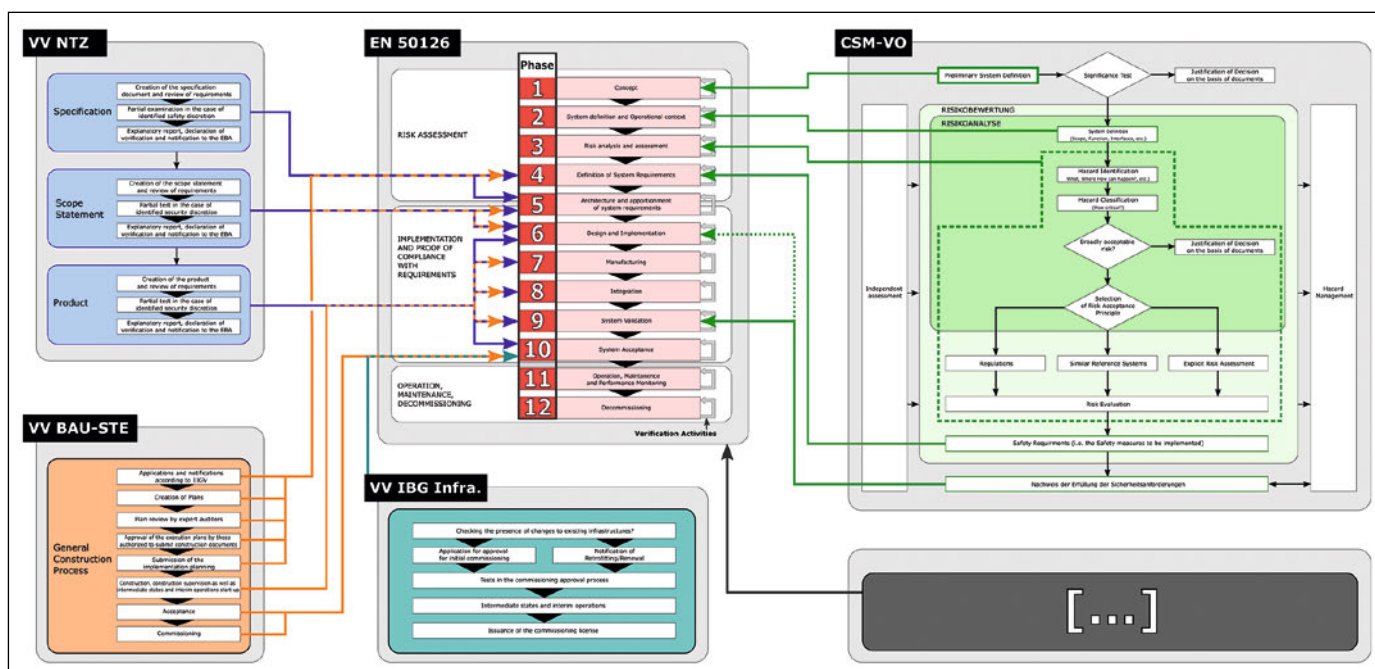


Bild 5: Mapping der Prozessaktivitäten

Fig. 5: Mapping of the process activities

3.1 Anwendung der EN 50126-1 als „Leitprozess“

Die Prozesse der Normen / Gesetze sind, wie oben dargestellt, teilweise aufeinander aufbauend und teilweise getrennt voneinander zu betrachten. Hinzu kommt, dass selbst ein Aufeinanderbauen nicht zwangsläufig bedeutet, dass es eine Harmonisierung der Prozesse und Akteure gegeben hat.

Der V-Lebenszyklus der EN 50126-1 hat den umfassendsten Blick auf den gesamten Prozess (vom Konzept bis zur Außerbetriebsetzung). Zudem deckt er in seiner Detailtiefe durch das Tailoring alle möglichen Facetten ab. Daher wird empfohlen, den V-Lebenszyklus als Grundlage der Betrachtung zu verwenden und die anderen Prozesse auf den V-Lebenszyklus abzubilden („mappen“).

Bild 5 zeigt mithilfe von Beispielen ein Mapping der Prozessaktivitäten der VV NTZ, der VV BAU-STE, der VV IBG Infra. und der CSM-VO auf die Prozessphasen der EN 50126-1.

Der V-Lebenszyklus der EN 50126-1 ermöglicht alle bestehenden Prozesse in einem harmonisierten Vorgehen zu strukturieren. Hiermit können Doppelarbeiten vermieden und bestehende Konflikte zwischen den Prozessen bereinigt werden. Es ist eine Verheiratung der zu erstellenden Dokumente je Phase je Norm möglich, sodass Inhalte normenübergreifend genutzt werden können. Dies ist für die ehrgeizigen Ziele der DSD unabdingbar.

3.2 Korrekte Anwendung der Hierarchien

Die EN 50126-1 berücksichtigt mit dem V-Lebenszyklus die Hierarchien „Generische Anwendung (GA)“, „Generisches Produkt (GP)“ und „Spezifische Anwendung (SA)“. Somit deckt die Norm neben der ganzheitlichen Prozessbetrachtung auch verschiedene systemtechnische Hierarchieebenen ab.

In den einzelnen Hierarchien müssen jeweils die Anwendungsbereiche inklusive der Anwendungsbedingungen definiert und den weiteren Hierarchien mitgeteilt werden. Nur somit ist es möglich, eine GA zu entwickeln, welche immer wieder identisch angewendet und gebaut werden kann. Ein GP kann darauf aufbauend die Anwendungsbedingungen der GA berücksichtigen (Bild 6) und ein Produkt der Industrie herstellen, welches eine Typzulassung erhält. Die SA kann durch die konsistente und

nise them. This could be remedied by means of an approach and procedural bases that is strictly aligned with a model that still has to be defined in greater detail.

3 An approach to the solution

It is obvious that the regulation and coordination of all the aforementioned problems is required.

3.1 Using EN 50126-1 as the “control process”

The processes from the standards/laws should be considered as shown above, i.e. as partly building on one another and partly separate from one another. In addition, even building on one another does not necessarily mean that there has been any harmonisation among the processes and actors. The V lifecycle of DIN EN 50126-1 has the most comprehensive view of the entire process (from the concept through to decommissioning). In addition, it covers all the possible facets in its depth of detail by means of tailoring. The V lifecycle is therefore recommended as the basis of the consideration to be used and the other processes should be mapped against the V lifecycle.

Fig. 5 shows the mapping of the VV NTZ, VV BAU-STE and VV IBG Infra. process activities and the CSM Regulation on the process phases of DIN EN 50126-1 using examples.

The V lifecycle of DIN EN 50126-1 enables all existing processes to be structured in a harmonised procedure. In this way, the duplication of any work can be avoided and any existing conflicts between the processes can be resolved. It is possible to marry the documents to be created for each phase to each standard, so that the content can be used across standards. This is indispensable for the ambitious goals of DSD.

3.2 The correct application of the hierarchies

With the V lifecycle, DIN EN 50126-1 takes into account the “Generic application (GA)”, “Generic product (GP)” and “Specific application (SA)” hierarchies. As such, the standard also covers var-

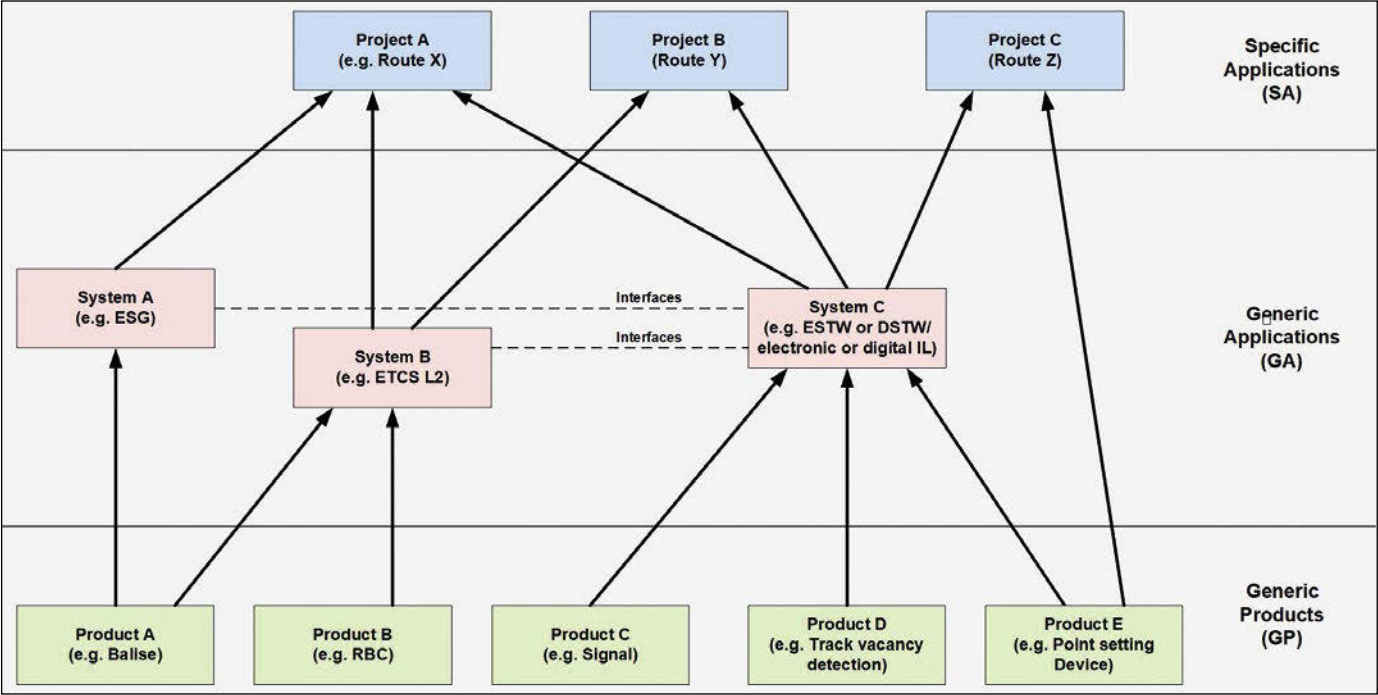


Bild 6: Abhängigkeiten über die systemtechnischen Hierarchieebenen
Fig.: The interdependencies across the system-based hierarchical levels

kohärente Vorarbeit der anderen Hierarchien eine GA auf einem spezifischen Streckenabschnitt mithilfe von verschiedenen GP integrieren. Während Bild 6 die Abhängigkeiten auf systemtechnischer Hierarchieebene aufzeigt, werden in Bild 7 die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Lebenszyklusphasen dargestellt. Der Einfluss jeder Lebenszyklusphase auf eine andere aus einer weiteren Hierarchieebene ist von Phase zu Phase unterschiedlich. Da jede Hierarchieebene hierbei einen eigenen V-Lebenszyklus durchläuft, müssen jeweils alle Lebenszyklusphasen mit den geforderten RAMS-Aktivitäten berücksichtigt werden. Die EN 50126-1 bietet durch "Tailoring" dem zu betrachtenden System die Möglichkeit, seine Prozesse gemäß den spezifischen Gegebenheiten anzupassen. Bild 8 zeigt exemplarisch auf, wie die V-Lebenszyklen der unterschiedlichen Hierarchien jeweils separat durchlaufen, dennoch die Ergebnisse der einzelnen Lebenszyklen zwingend untereinander benötigt werden. Wenn die Abstimmung zwischen den einzelnen Lebenszyklen wie dargestellt stattfindet, können beispielsweise die Sicherheitsbe-

ious system-based hierarchical levels in addition to the holistic process view. The areas of application, including the application conditions, must be defined and communicated to the other hierarchies within the individual hierarchies. This is the only way to develop a GA that can be used and built identically over and over again. Based on this, a GP can take into account the application conditions of the GA (fig. 6) and manufacture an industrial product that receives type approval. The SA can integrate a GA on a specific track section with the help of various GP thanks to the consistent and coherent preparatory work of the other hierarchies. While fig. 6 shows the interdependencies at the system-based hierarchical levels, fig. 7 presents the interdependencies between the individual lifecycle phases. The influence of each lifecycle phase on another from a further hierarchical level differs from phase to phase. Since each hierarchical level runs through its own V lifecycle, all the lifecycle phases with the required RAMS activities must be taken into account. DIN EN 50126-1 offers the system under considera-

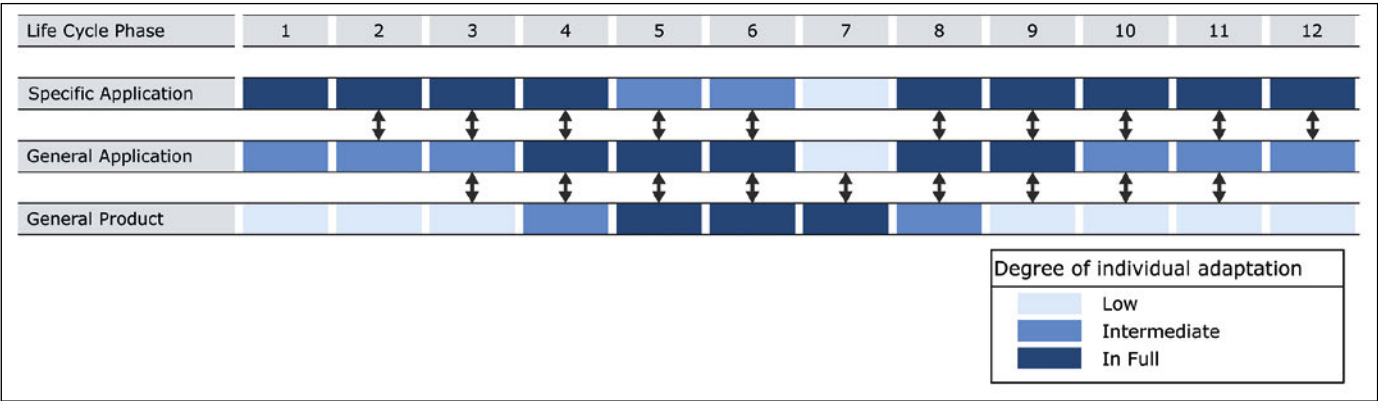


Bild 7: Abhängigkeiten über die Lebenszyklusphasen (gemäß EN 50126-1 Abschnitt 6.5.2 Bild 9)
Fig. 7: The interdependencies across the lifecycle phases (according to EN 50126-1 Section 6.5.2 Image 9)

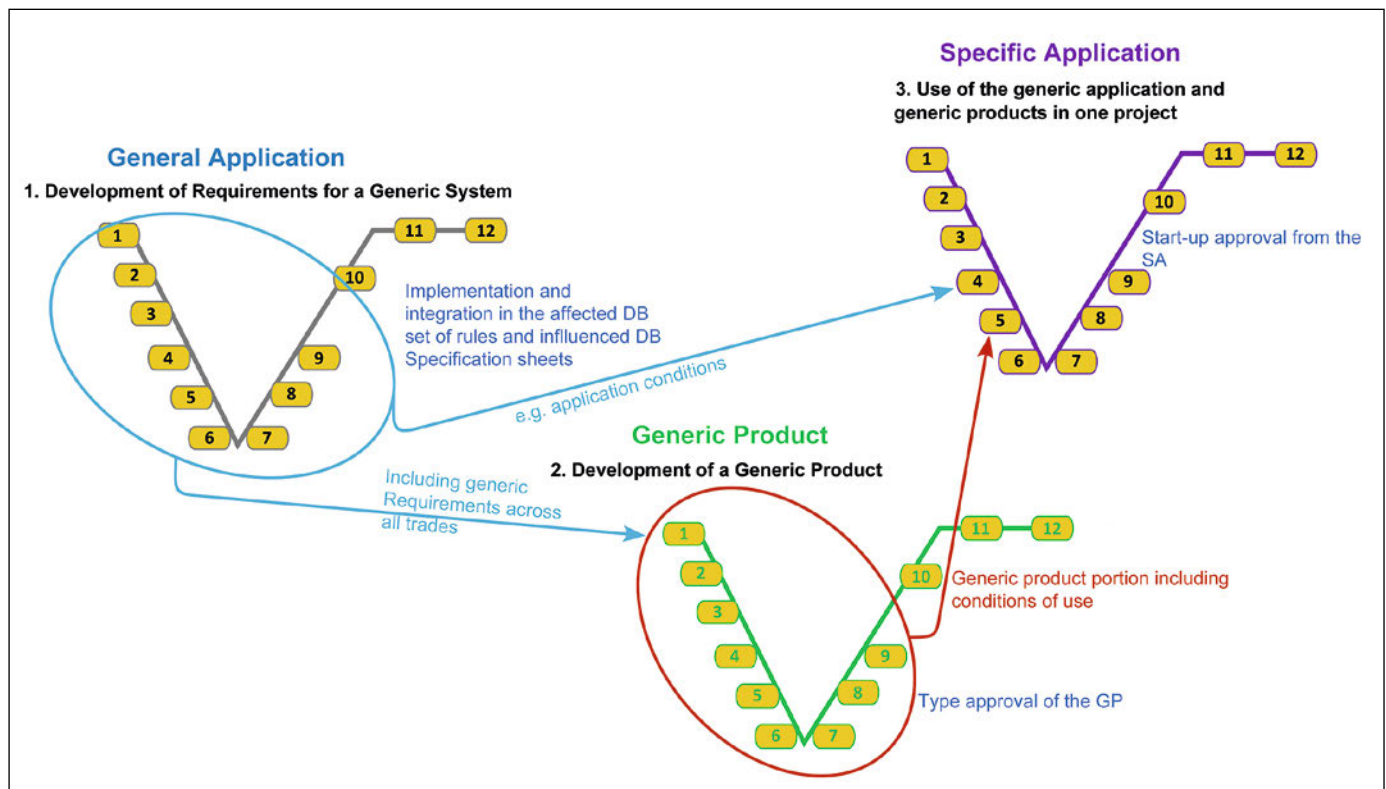


Bild 8: Schema V-Modelle der Generik und Spezifik

Fig. 8: Diagram V models of the generic and specific systems

Quelle (alle Bilder) / Source (all fig.): Nextrail

trachtungen / Analysen der GA und des GP für die SA als Grundlage übernommen werden. Hierzu muss die SA bzw. das zu betrachtende System mit seinen ortsspezifischen und betrieblichen Gegebenheiten des entsprechenden Projekts den Regelwerken der GA und den Anforderungen des GP entsprechen. Durch die ortsspezifischen Gegebenheiten innerhalb der SA können zusätzlich Sachverhalte auftreten, die im Regelwerk der GA nicht explizit beschrieben sind. Das heißt, dass auch bei Bestätigung der Anwendung der Regelwerke der darüber liegenden Hierarchien die Analyse der ortsspezifischen und betrieblichen Gegebenheiten der SA immer stattfinden muss.

Auch wenn es schwer fällt, einen umfassenden Aufbau der Hierarchien bereits ausgehend von der Generik zu gewährleisten, so zeigt sich doch, dass hier der größte Treiber bzw. die wesentliche Stellschraube für einen wirtschaftlichen und industrialisierten Roll-out liegt.

Der Aufwand in der dargestellten Vorgehensweise entsteht durch die kohärent und transparent aufgebauten Hierarchien bereits in der GA und zwischen den V-Lebenszyklen aller Hierarchien. Dadurch werden die erforderlichen Aufgaben in den früheren Lebenszyklusphasen erbracht und die gesamte Nachweisführung in den späteren Phasen wird entlastet.

Dies ist nur durch eine geschickte Hierarchie und Wiederverwendbarkeit der GA möglich und für einen industrialisierten Roll-out zwingend erforderlich.

4 Weitere Chancen und Ansätze

Chancen, um die Effizienz zu steigern und die weiter anwachsenden Aufgaben zu meistern, liegen im Wesentlichen bei den angesprochenen Prozessen und Ressourcen. Eine Harmonisierung der Normen, Gesetze und nationalen Verordnungen wurde be-

trachtung die Option der Anpassung seiner Prozesse an spezifische Umstände durch „Tailoring“. Fig. 8 zeigt ein Beispiel, wie die V-Lebenszyklen der verschiedenen Hierarchien jeweils separat, aber dennoch gegenseitig erforderlich sind.

Wenn die Koordination zwischen den individuellen Lebenszyklen wie dargestellt erfolgt, dann können beispielsweise die Sicherheitsüberlegungen/GP und GA-Analysen als Grundlage für die SA dienen. Zu diesem Zweck muss die SA oder die standort- und betriebsspezifischen Bedingungen des entsprechenden Projekts im betrachteten System mit den GA-Regelungen und den GP-Anforderungen übereinstimmen. Aufgrund der standort-spezifischen Bedingungen innerhalb der SA können zusätzliche Probleme auftreten, die nicht explizit im GA-Regelwerk beschrieben sind. Dies bedeutet, dass die standort- und betriebsspezifischen Bedingungen der SA immer analysiert werden müssen, auch wenn die Anwendung der Regeln der übergeordneten Hierarchien bestätigt wurde.

Auch wenn es schwierig ist, eine umfassende Struktur der Hierarchien auf Basis von Generika zu gewährleisten, ist es offensichtlich, dass dies der größte Treiber oder die wesentliche Einstellschraube für einen wirtschaftlichen und industrialisierten Roll-out ist.

Die Anstrengung in der vorgestellten Vorgehensweise beruht auf der Kohärenz und Transparenz der Hierarchien, die bereits in der GA und zwischen den V-Lebenszyklen aller Hierarchien vorhanden sind. Als Ergebnis werden die notwendigen Aufgaben in den früheren Lebenszyklusphasen erledigt und der gesamte Nachweisprozess in den späteren Phasen entlastet.

Dies ist nur durch eine geschickte Hierarchie und die Wiederverwendbarkeit der GA möglich und für einen industrialisierten Roll-out zwingend erforderlich.

4 Further chances and approaches

Opportunities to increase efficiency and master the growing tasks essentially lie in the aforementioned processes and resources. The harmonisation of the standards, laws and nation-

reits beschrieben. Damit einher geht eine konsequente Ausrichtung der Prozesse für die Erstellung von Spezifikationen / Produkten sowie für deren Nachweisführung und ebenfalls eine Harmonisierung aller Anforderungen an die verschiedenen Prüfabläufe. Nur so kann eine verlässliche Planbarkeit für die Entwicklung und Realisierung von LST-Projekten erreicht werden.

Hierzu, müssen nicht nur die vielfältigen Lücken in den Prozessketten identifiziert, die teilweise unzureichenden Schnittstellen zwischen den Akteuren angegangen und die Transparenz der Abläufe in allen Lebenszyklusphasen erhöht werden. Dies setzt voraus, dass neben dem gemeinsamen Willen zu einer schonungslosen Analyse eine Erarbeitung von phasenübergreifenden Grundlagen vorgenommen wird, mit dem Ziel die Entwicklung der GA so zu strukturieren, dass Entwicklungsanteile nicht erst in spezifischen Projekten geprüft und validiert werden. Dabei ist auf die oben genannte Hierarchie und eine wesentliche engere Zusammenarbeit aller Partner im Sektor abzielen. Dies gilt es noch vor dem in Deutschland geplanten Roll-out abzuschließen, sodass u.a. ein stringenteres Vorgehen entlang der EN 50126-1 Phasen bis zur ETCS-Inbetriebnahme vorliegt, alle Aufgaben / Rollen definiert und aufeinander abgestimmt sind und somit die Ausrüstungsziele planbarer „abgearbeitet“ werden können.

Getragen werden muss die Harmonisierung von den Aufsichtsbehörden und insbesondere von den verschiedenen Prozessbeteiligten. Um diese komplexe Aufgabe erfolgreich anzugehen ist es unerlässlich, die hierfür benötigten Ressourcen weiter aufzubauen, sodass alle Themenfelder mit ausreichend Fachexperten besetzt sind. Insbesondere sind die erforderlichen Personalien für die einzelnen Prüfinstanzen sowie die unterschiedlichen Gutachter zu verstärken. Ein Ansatz wäre die bereits als Prüfsachverständige definierten Plan- / Abnahmeprüfer zu Gutachtern weiterzuentwickeln, da diese über große Teile der erforderlichen Kenntnisse verfügen. Auf Betreiberseite sind ausreichend betrieblich-technische Systemintegratoren, die die Passfähigkeit der Anforderungen an das LST-System über die Lebenszyklusphasen sicherstellen, aufzubauen. Ebenso werden Verifizierer und Validierer für die unabhängige Bewertung gemäß EN 50126-1 und Safetymanager für die Steuerung des Sicherheitsmanagements benötigt.

al regulations has already been described. This is accompanied by the consistent alignment of the processes for the creation of specifications / products as well as for their verification and also the harmonisation of all requirements applicable to the various test processes. This is the only way to reliably plan the development and implementation of CST projects.

To do this, not only must the various gaps in the process chains be identified, but the partially inadequate interfaces between the actors must also be addressed and the transparency of the processes increased in all lifecycle phases. This presupposes that, in addition to the common will to implement an unsparing analysis, the development of phase-spanning fundamentals will be carried out with the aim of structuring the development of the GA in such a way that the development components will not first be checked and validated in specific projects. The aim is to achieve the hierarchy stated above and much closer cooperation between all the partners in the sector. This has to be completed before the planned rollout in Germany, so that, amongst other things, a more stringent procedure along the DIN EN 50126-1 phases will be available up to the ETCS commissioning, all the tasks / roles have been defined and coordinated and, as such, the equipment goals can be “processed” in a more predictable manner.

The harmonisation must be supported by the supervisory authorities and in particular by the various parties involved in the process. In order to tackle this complex task successfully, it is essential to continue to build up the resources required for this so that all the subject areas are staffed by sufficient numbers of technical experts. In particular, the necessary personal details for the individual inspection bodies as well as the inspection experts have to be reinforced. One approach would be to develop plan / acceptance testers into test experts, since they already have a large part of the required knowledge. On the operator side, sufficient operations-technical system integrators must be set up to ensure the suitability of the requirements as they apply to the CST system over the lifecycle phases. Verifiers and validators and safety managers for safety management control are also required for the independent assessment in accordance with DIN EN 50126-1.

Ihre Innovationen für die **digitale Schiene** sind **jetzt** gefragt!
Präsentieren Sie Ihr Unternehmen zielgerichtet in SIGNAL+DRAHT.
Das international führende Fachmedium für die Leit-, Sicherungs- und Informationstechnologie.



DSTW
DIGITALISIERUNG
MOBILITÄT

ZUKUNFTSTECHNOLOGIE
AUTOMATISIERUNG

ILBS
ETCS
KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Eine weitere Chance liegt in der Bündelung von ähnlichen Prüfaufgaben in einer Ressource. So könnten z. B. die Gutachteraufgaben für die nationale Zulassung (VV NTZ) mit den Aufgaben der unabhängigen Bewertungsstelle (Assessment Body, AsBo) zusammengelegt werden. Dies erspart Doppelarbeiten und erlaubt eine beschleunigte Bearbeitung bei gleichzeitiger Nutzung gutachterlicher Erfahrungen. Hierzu wäre die Förderung der Akkreditierung von EBA (Eisenbahn-Bundesamt) anerkannten Sachverständigen als AsBo notwendig. Ein weiterer Schritt wäre die Harmonisierung der Anforderungen an den Notified Body (NoBo) mit denen an den AsBo / nationalen Gutachter, um erforderliche Konformitätsbewertungen im Begutachtungsprozess direkt mit abzudecken. Auf vielen Ebenen wird bereits versucht, eine klar aufeinander aufbauende Prozesskette über alle Lebenszyklusphasen zu schaffen und die Generik mit den Anforderungen der Spezifik enger aufeinander abzustimmen. Es muss gelingen, die Harmonisierung soweit auszugestalten, dass jeder Akteur die Anforderungen aus den Folgephasen detailliert kennt und berücksichtigt, sodass es zu einer Verschlankung der Nachweis- und Prüfaufgaben in den Folgephasen kommt und die spezifische Umsetzung beschleunigt und planbarer wird. So wären die eingangs erwähnten „industrialisierten“ Entwicklungs-, Zulassungs- und Inbetriebnahmeabläufe nach und nach erreichbar und damit auch eine wirtschaftliche Umsetzung eines Programmes wie DSD durch die Beteiligten des Sektors darstellbar. ■

Another opportunity lies in the bundling of similar test tasks into a single resource. For example, the expert tasks for national approval (VV NTZ) could be combined with the tasks of the Assessment Body (AsBo). This would save the duplication of work and allow for faster processing, while utilising expert experience at the same time. This would require funding for the accreditation of EBA (Eisenbahn-Bundesamt) recognised experts as an independent AsBo. A further step would involve the harmonisation of the requirements that apply to the Notified Body (NoBo) with those of the AsBo / national assessor in order to directly cover the necessary conformity assessments in the assessment process. Attempts are already being made at many levels to create a process chain sequence over all the lifecycle phases and to coordinate the generics more closely with the requirements of the specifics. The harmonisation must succeed in such a way so that every actor knows and takes the requirements from the following phases into detailed account, so that the verification and test tasks are streamlined in the subsequent phase and the specific implementation is accelerated and more predictable. The “industrialised” development, approval and commissioning processes mentioned at the beginning would thus become gradually achievable and as such it would be possible to present the economic implementation of a program such as DSD by those involved in the sector. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Interoperabilitätsrichtlinie ((EU) 2016/798), Richtlinie (EU) 2016/798 des europäischen Parlaments und des Rates über Eisenbahnsicherheit, 11.05.2016
- [2] Technische Spezifikation für die Interoperabilität (Verordnung EU 2016/919, TSI ZZS), 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, 27.05.2016
- [3] CSM-VO, Durchführungsverordnung (EU) Nr. 402/2013 der Kommission über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken, 30.04.2013
- [4] EN 50126-1, Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 1: Generischer RAMS-Prozess, Deutsche Fassung EN 50126-1:2017, Oktober 2018
- [5] EN 50126-2, Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 2: Systembezogene Sicherheitsmethodik, Deutsche Fassung EN 50126-1:2017, Oktober 2018
- [6] AEG, Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG), 27.12.1993 (03.12.2020)
- [1] EBO, Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO), 08.05.1967 (05.04.2019)
- [7] Eisenbahn-Inbetriebnahme genehmigungsverordnung – EIGV, Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahme genehmigungen für das Eisenbahnsystem (EIGV), Gesetz des Bundes, 26.07.2018 (17.06.2020)
- [8] VV IBG Infrastruktur, Verwaltungsvorschrift zur Anwendung der Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahme genehmigungen für das Eisenbahnsystem (Eisenbahn-Inbetriebnahme genehmigungsverordnung – EIGV) in Bezug auf die Teilsysteme Infrastruktur, Energie, streckenseitige Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung sowie für die übrige Eisenbahninfrastruktur (VV IBG Infrastruktur), Herausgeber: Eisenbahn-Bundesamt, Verwaltungsvorschrift des Bundes, Ausgabe 1.1, Gültig ab 01.07.2020
- [9] VV BAU-STE, Verwaltungsvorschrift für die Bauaufsicht über Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnische Anlagen (VV BAU-STE), Herausgeber: Eisenbahn-Bundesamt, Verwaltungsvorschrift des Bundes, Ausgabe 5.1, Gültig ab 15.07.2020
- [10] VV NTZ, Verwaltungsvorschrift für die Neue Typzulassung (NTZ) von Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnischen Anlagen, VV NTZ ÜGR Stufe 2, Herausgeber: Eisenbahn-Bundesamt, Verwaltungsvorschrift des Bundes, Ausgabe 1.1, Gültig ab 01.07.2016

AUTOREN | AUTHORS

David Karbe
RAMS Manager
Nextrail GmbH
Anschrift / Address: Nahariyastraße 2a, D-12309 Berlin
E-Mail: david.karbe@nextrail.com

Frank Werner
Senior Consultant
Quattron Management Consulting GmbH
Anschrift / Address: Schifferstraße 46, D-60594 Frankfurt a.M.
E-Mail: frank.werner@quattron.com

Robert Schätzle
Principal
Quattron Management Consulting GmbH
Anschrift / Address: Schifferstraße 46, D-60594 Frankfurt a.M.
E-Mail: robert.schaetzle@quattron.com

Lars Eilrich
RAMS Manager
Nextrail GmbH
Anschrift / Address: Altewiekring 64, D-38102 Braunschweig
E-Mail: lars.eilrich@nextrail.com

ETCS an Landesgrenzen: Interoperabilität und Ausrüstungsvarianten

ETCS at international borders: interoperability and equipment variants

Lars Brune | Pascal Kahnert | Julia Kalkreiber | Bavo Lens

Mit der Technischen Spezifikation für Interoperabilität (TSI) steht den Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) das Zugbeeinflussungssystem European Train Control System (ETCS) zur Verfügung, das perspektivisch den freizügigen Einsatz von Triebfahrzeugen ermöglicht. Da jedes EIU jedoch eigene Konfigurationen des Systems nutzt, müssen diese an ihren infrastruktureitigen technischen und betrieblichen Schnittstellen aufeinander abgestimmt werden. Die Anzahl der Systemübergänge (z. B. Levelwechsel) ist dabei begrenzt, die Variation der Systeme scheint jedoch unbegrenzt. Die streckenseitige Zugbeeinflussung muss deshalb an jeder Landesgrenze individuell betrachtet und so geplant werden, dass Sicherheit, Interoperabilität und Leistungsfähigkeit gewährleistet sind.

1 Ausrüstungsprojekte an Ländergrenzen: Überblick Europa und Deutschland

Mittelfristig sollen 20 der 50 zwischen Deutschland und seinen Nachbarländern bestehenden Grenzbetriebsstrecken mit ETCS (Klasse-A-System nach [1]) ertüchtigt werden. Zum heutigen Stand sind lediglich die Strecken zwischen Deutschland und der Schweiz in Betrieb. Außerdem gibt es balisengestützte Transitionen von und nach nationalen Zugbeeinflussungssystemen (Klasse-B-Systeme; ebd.) auf einigen wenigen Grenzbetriebsstrecken. Andere Länder, wie die Schweiz und Luxemburg, sind diesbezüglich bereits weiter und haben ihren Teil der Grenzbetriebsstrecken schon vollständig mit ETCS ausgerüstet. Insgesamt hat die Europäische Union 65 Grenzbetriebsstrecken identifiziert und deren ETCS-Ausrüstung im Europäischen Bereitstellungsplan [2] mit den Mitgliedstaaten vereinbart. Bis Ende 2019 waren acht davon in Betrieb [3].

1.1 Rechtliche Grundlage

Grenzbetriebsstrecken stellen aus rechtlicher Sicht eine Besonderheit dar. Gemäß Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO), § 3a [4], können „auf Grenzbetriebsstrecken [...] die entsprechenden Vorschriften des Nachbarstaates angewendet werden“. Dies ermöglicht es, die Systemgrenzen nicht direkt auf der Landesgrenze zu projektieren, sondern nach betrieblichen Aspekten auf der Grenzbetriebsstrecke einen passenden Ort zu wählen. Lediglich das geltende Recht endet an der jeweiligen Staatsgrenze. Ansonsten kann für jedes Gewerk beziehungsweise Regelwerk eine eigene Grenze auf der Grenzbetriebsstrecke definiert werden. Exemplarisch wird dies in Bild 1 dargestellt. In der nachfolgenden Beschreibung wird nur auf die Thematik der Sicherungstechnik an den Grenzübergängen eingegangen.

The Technical Specification for Interoperability (TSI) has paved the way for the European Train Control System (ETCS) to eventually enable the unrestricted operation of traction units. However, given that each railway infrastructure manager uses its own system configuration, such configurations need to be attuned to one another at their interfaces. While the number of system transitions (e.g. level transitions) is limited, variations within the systems seem to be unlimited. Trackside automatic train control therefore needs to be considered individually at each international border and designed in such a way that safety, interoperability and performance are guaranteed.

1 Equipment projects at international borders: an overview of the situation in Europe and in Germany

20 of the 50 cross-border sections with ETCS between Germany and its neighbours are scheduled for an upgrade (Class A system according to [1]) in the medium term. Currently, only the lines between Germany and Switzerland are in service. In addition, there are also balise-aided transitions from and to national automatic train control systems (Class B systems; *ibid.*) in a few cross-border sections. Other countries, such as Switzerland and Luxembourg, are ahead of Germany and have already completely equipped their cross-border sections with ETCS. The European Union has identified a total of 65 cross-border sections and has reached an agreement with its member states on their being equipped with ETCS as part of the European Deployment Plan [2]. Eight of them were in service by the end of 2019 [3].

1.1 The legal basis

From a legal point of view, cross-border sections are something of a special case. According to Section 3a [4] of the German Railway Construction and Operating Regulations (Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung, “EBO”), the corresponding regulations of a neighbouring country can be applied in cross-border sections. This means that system borders need not be planned at the exact location of the international borders. Instead, a suitable site can be chosen in the cross-border section based on the operating considerations since only the applicable laws end at a country’s border and not the technical regulations. Therefore, each infrastructure facility or set of rules can be assigned a border of its own in the cross-border section. An example can be seen in fig. 1. The following description concerns the area of control-command and signalling at border crossings.

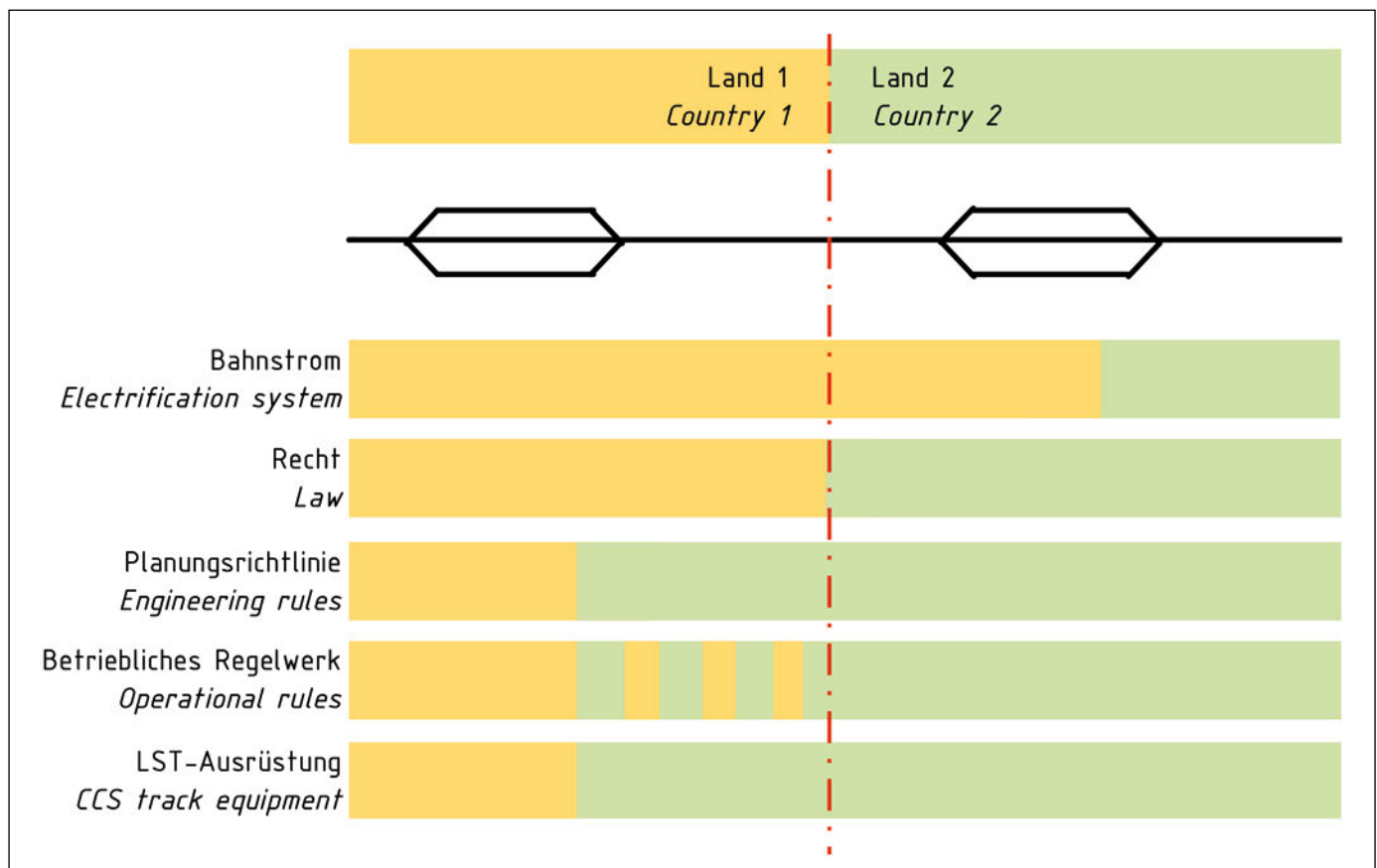


Bild 1: Beispielhafte Anordnung der Systemgrenzen bei Grenzbetriebsstrecken

Fig. 1: Example of system border layout on cross-border sections

Quelle / Source: DB Netz AG

1.2 Kompatibilität der Fahrzeuge

Grundsätzlich gilt, dass ein Fahrzeug entsprechend der infrastrukturellen Anforderungen ausgerüstet und zugelassen sein muss, wenn das entsprechende System genutzt werden soll. Dies betrifft auch die Sicherungstechnik. Dabei kann es vorkommen, dass Fahrzeuge ein bestimmtes System wegen Inkompatibilität nicht nutzen können.

Ähnlich wie es in Deutschland Entwicklungsprogramme bei der punktförmigen (PZB) bzw. linienförmigen Zugbeeinflussung (LZB) gab und gibt, erfolgt dies bei ETCS auf europäischer Ebene. Die Weiterentwicklung des ETCS führt unweigerlich zu einer Versionierung der technischen Anforderungen, die sich in den verschiedenen Baselines (BL) widerspiegelt (Bild 2). Vor der Ausrüstung einer Strecke muss deshalb definiert werden, welche Spezifikation zur Anwendung kommen soll. Eine höhere Baseline bietet in der Regel einen größeren Funktionsumfang und Verbesserungen im Vergleich zu älteren Spezifikationen.

Um einen Zug mit ETCS-Ausrüstung auch auf einer Strecke mit Klasse-B-System einzusetzen, sind sogenannte *Specific Transmission Modules* erforderlich. In der BL2 wird dieser Level entsprechend als Level STM, in der BL3 als Level NTC (National Train Control) bezeichnet.

Die Abwärtskompatibilität der Fahrzeuggeräte erlaubt Fahrzeugen, Strecken mit gleicher oder niedrigerer Baseline uneingeschränkt zu befahren, während Strecken mit höherer Baseline nicht oder nur mit funktionalen Einschränkungen befahren werden können [5].

Die Entwicklung des Systems ist dabei noch nicht abgeschlossen, sodass auch in Zukunft die Abwägung zwischen Funktions-

1.2 Vehicle compatibility

As a general rule, vehicles have to be equipped and approved according to the trackside requirements of the systems that they use. This also applies to control-command and signalling. In some cases, vehicles may not be able to use a certain system due to incompatibility.

Just as there have been development programs for intermittent (PZB) and continuous (LZB) automatic train control in Germany, the same is also true for ETCS at the European level. Inevitably, continuing ETCS development has led to the versioning of the technical requirements, which has been reflected in the various baselines (BL) (fig. 2). The used specification therefore has to be determined before the line is equipped. As a rule, a higher baseline provides a broader range of functions and improvements compared to previous specifications.

Specific transmission modules are required, if a train with ETCS equipment is to be deployed on a line with a Class B system. This level is referred to as Level STM in BL2 and as Level NTC (National Train Control) in BL3.

The on-board units' downward compatibility allows vehicles to run on lines with the same or a lower baseline without any restrictions, but they cannot run on lines with a higher baseline or can only do so with functional restrictions [5].

The system development has yet to be completed, which means that operators will continue to have to weigh up the relative merits of functional scope and compatibility. The change process is described in [6].

Vehicles with incompatible on-board ETCS equipment run in Level NTC with national train protection systems or, if permit-

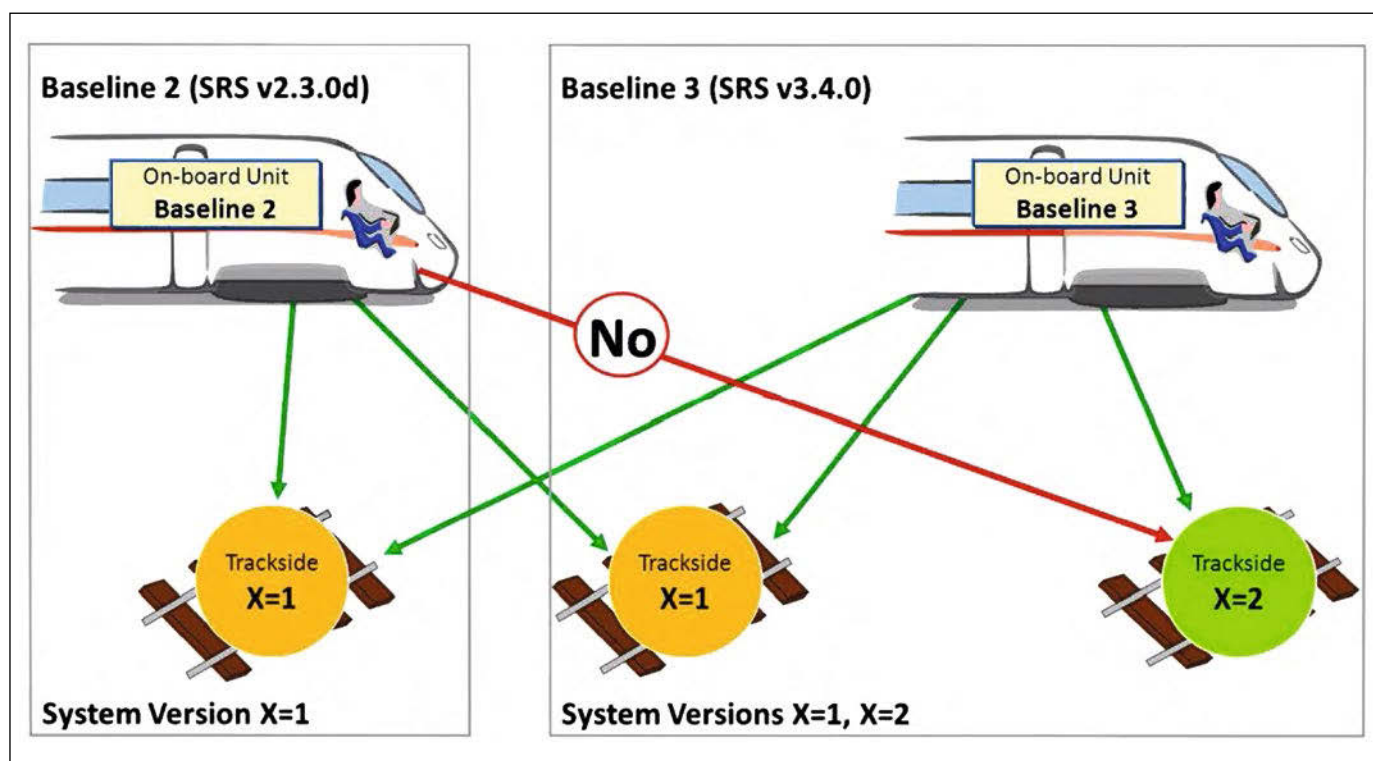


Bild 2: Kompatibilität von Fahrzeug- und Streckenausrüstung

Fig. 2: Compatibility of on-board and trackside equipment

Quelle / Source: ERA [7]

umfang und Kompatibilität notwendig sein wird. Den Änderungsprozess beschreibt [6].

Fahrzeuge, die eine inkompatible ETCS-Bordausrüstung besitzen, verkehren in Level NTC mit nationalen Zugsicherungssystemen oder, falls betrieblich zulässig, in Level 0. Die balisengestützte Klasse-B-Klasse-B-Transition muss für diese Fahrzeuge ebenfalls betrachtet werden.

Falls diese nicht implementiert ist, ist betrieblich zu gewährleisten, dass das jeweilige nationale Zugbeeinflussungssystem aktiviert wird.

2 ETCS-Ausrüstungsvarianten an Grenzübergängen

Bei der Ausrüstung von Grenzbetriebsstrecken mit ETCS gilt es, einige Herausforderungen zu bewältigen. Dazu zählen u.a. die Komplexität und Individualität der einzelnen Projekte aufgrund der landesspezifischen ETCS-Ausprägungen, die nationalen Klasse-B-Systeme sowie betrieblichen Regelungen. Dies hat zur Folge, dass generische Planungsvorgaben für ETCS-Grenzübergänge derzeit bei der DB Netz AG nicht existieren. Für jeden Grenzübergang wird in Abstimmung mit dem jeweiligen benachbarten EIU eine individuelle Lösung erarbeitet und sicherheitlich bewertet, um den grenzüberschreitenden Schienenverkehr unter ETCS-Führung zu ermöglichen.

Die Anzahl der möglichen ETCS-Ausrüstungsvarianten auf Grenzbetriebsstrecken ist jedoch begrenzt. Grundsätzlich unterscheiden werden die folgenden Varianten der Klasse-A-Übergänge:

- von ETCS Level 2 (L2) nach L2
- von ETCS L2 nach Level 1 (L1) (und umgekehrt)
- von ETCS L1 nach L1

ETCS Level 3 (L3) wird an dieser Stelle nicht betrachtet, da es bisher kaum Anwendung findet [8]. Die funktionalen Unterschiede der Level werden in [9] und [10] beschrieben.

ted by the operating requirements, in Level 0. Balise-aided Class B-Class B transition must also be considered for such vehicles. If this is not implemented, operating measures must be taken to ensure that the national automatic train control system is activated.

2 ETCS equipment variants at border crossings

A number of challenges have to be mastered when equipping cross-border sections with ETCS. These include the complexity and individual nature of each project owing to the country-specific implementations of ETCS, national Class B systems and operating regulations. As a result, there are currently no generic design specifications concerning ETCS border crossings at DB Netz AG. A specific solution has to be worked out for every border crossing point and subjected to a safety assessment in consultation with the neighbouring railway infrastructure manager in order to enable cross-border rail services under ETCS supervision.

However, the number of possible ETCS equipment variants on cross-border sections is limited. A basic distinction is made between the following variants for Class A transitions:

- From ETCS Level 2 (L2) to L2
- From ETCS L2 to Level 1 (L1) (and vice versa)
- From ETCS L1 to L1

ETCS Level 3 (L3) is not considered here as it has barely been deployed to date [8]. The functional differences in the levels are described in [9] and [10].

In addition to the aforementioned variants, there may also be other sub-variants depending on the planned ETCS baseline and the possible L1 variants in Limited Supervision (LS) or Full Supervision (FS) mode. Every one of these equipment options has its advantages and disadvantages in terms of technical, op-

Neben den oben genannten Varianten ergeben sich in Abhängigkeit von der geplanten ETCS-Baseline und der möglichen Varianten von L1 in den Betriebsarten Limited Supervision (LS) oder Full Supervision (FS) ggf. weitere Untervarianten. Jede einzelne dieser Ausrüstungsmöglichkeiten bietet sowohl Vor- als auch Nachteile hinsichtlich technischer und betrieblicher Umsetzbarkeit sowie Wirtschaftlichkeit. Zusätzlich müssen Übergänge von und nach Klasse-B-Systeme geplant werden.

Zu Beginn der Planung können einzelne Lösungsmöglichkeiten nach einer Variantenuntersuchung ausgeschlossen werden, wenn beispielsweise eine L2-Lösung aufgrund der bestehenden Stellwerkstechnik nicht möglich ist oder vom benachbarten EIU einzelne Lösungen bereits vorab ausgeschlossen werden.

2.1 Übergang zweier L2-Systeme mit Kopplung der Radio Block Centres

Jedes Radio Block Centre (RBC) hat einen definierten, endlichen Bereich, in dem Züge geführt werden können. Beim Verlassen eines RBC-Bereichs muss das Fahrzeug vom Nachbar-RBC aufgenommen werden. In der Regel ist ein Informationsaustausch beider RBC notwendig. Wenn die beiden beteiligten Länder jeweils ETCS L2 in BL3 ausrüsten, können als Grundlage die Vorgaben aus dem deutschen Planungsregelwerk verwendet werden, um den RBC-Wechsel am Grenzübergang umzusetzen. Eine Schnittstelle zwischen einem deutschen und einem ausländischen RBC am Grenzübergang muss jedoch projektspezifisch gemäß den Vorgaben aus der TSI (Subset 039) entwickelt werden. Für die Anwendung dieser Schnittstelle müssen alle Funktionalitäten, die auf der Grenzbetriebsstecke benötigt werden, auch im jeweiligen Nachbar-RBC vorhanden sein.

Entscheidet sich das benachbarte EIU dazu, den angrenzenden Streckenabschnitt mit ETCS BL2 auszurüsten, gestaltet sich die Umsetzung des ETCS-Übergangs wesentlich komplexer. Es existieren aktuell weder eine (in Deutschland) zugelassene Schnittstelle zwischen einem BL2- und einem BL3-RBC noch Planungsvorgaben im deutschen ETCS-Regelwerk. In diesem Fall ist darüber hinaus zu beachten, dass beim Übergang von BL2 nach BL3 Fahrzeuge, die mit einem Fahrzeuggerät nach BL2 ausgerüstet sind, balisengesteuert nach Level STM (Specific Transmission Module) entlassen werden müssen. Hierfür ist der Einsatz der BL3-Funktionalität „Virtual Balise Cover“ (VBC) [11] möglich, die vor allem für Bauzustände entwickelt wurde [12].

Vorteil eines L2-L2-Übergangs mit RBC-Kopplung ist in erster Linie das Ermöglichen einer durchgängigen Befahrung mit L2 im Mode FS. Zu beachten ist hierbei jedoch, dass sich hierdurch auch Schnittstellen zum Nachbarland hinsichtlich Planung, Bauausführung, Instandhaltung und Betrieb ergeben. Zudem muss in beiden Fahrtrichtungen eine ausreichende GSM-R-Funkabdeckung (Global System for Mobile Communications – Rail) bereits vor der RBC-Grenze zur Verfügung stehen. Daraus resultiert ein GSM-R-Überlappungsbereich. Die Länge dieses Abschnitts entspricht dem zurückgelegten Weg des ETCS-Fahrzeugs während der Einwahl in das GSM-R-Netz des Nachbarlandes sowie für die Herstellung einer Funkverbindung zum Nachbar-RBC und hängt von der Geschwindigkeit ab. Außerdem wird nach [13] ein Funkversorgungspegel von -95 dBm bis -92 dBm gefordert. Die Frequenzen der beiden GSM-R-Netze im Überlappungsbereich müssen dabei untereinander abgestimmt werden, sodass keine Interferenzen entstehen [14].

Ist die GSM-R-Funkabdeckung nicht ausreichend, ist eine Anpassung des Funksystems (z. B. durch einen zusätzlichen Funkmast) erforderlich.

erating and economic viability. Transitions also have to be designed to and from Class B systems.

At the start of planning, specific solution options can be excluded after an examination of the equipment variants, for example, if an L2 solution is not possible owing to the existing interlocking technology or if the neighbouring railway infrastructure manager excludes specific solutions before work even gets underway.

2.1 The transition between two L2 systems with radio block centre coupling

Each radio block centre (RBC) has a defined, finite area within which the train can be controlled. Upon leaving one RBC area, the train must be accepted by the neighbouring RBC. The two RBCs need to exchange information as a rule. If the two countries involved have each equipped ETCS L2 in BL3, the specifications from the German design rules can be applied as the basis for implementing the RBC handover at the border crossing. However, an interface between a German and a foreign RBC at the border crossing must have been developed specifically for the project concerned according to the specifications of the TSI (Subset 039). In order to use this interface, all the functionalities required in the cross-border section must also be available in the neighbouring RBC.

If the neighbouring railway infrastructure manager decides to equip the adjacent line section with ETCS BL2, the implementation of the ETCS transition becomes significantly more complex. At the present time, no interface has been approved in Germany between a BL2 and a BL3 RBC and there are no such design specifications in the German ETCS rules. In this case, it is important to note that vehicles equipped with an on-board unit according to BL2 must be transitioned to Level STM (Specific Transmission Module) under balise control when transitioning from BL2 to BL3. The BL3 Virtual Balise Cover (VBC) functionality that was primarily developed for deployment on lines under construction [12] can be used for this purpose [11].

The major advantage of an L2-L2 transition with RBC coupling is that it enables end-to-end passage with L2 in FS mode. However, it is important to note that this also creates interfaces to the neighbouring country in terms of design, execution of construction, maintenance and operations. Furthermore, there must also be sufficient GSM-R (Global System for Mobile Communications – Rail) coverage on the line leading up to the RBC border in both directions. This results in a GSM-R overlap area. The length of this section corresponds to the distance covered by the ETCS vehicle during the dial-up into the neighbouring country's GSM-R network and the time taken to establish a radio connection to the neighbouring RBC and depends on the speed. Moreover, a coverage level ranging from -95 dBm to -92 dBm is required according to [13]. The frequencies of the two GSM-R networks in the overlap area must be tuned to one another in order to prevent any interference [14].

If the GSM-R radio coverage is insufficient, the radio system will have to be modified (e.g. by adding a radio mast).

2.2 The transition between two L2 systems without RBC coupling

An L2-L2 transition can also be realised without coupling the two neighbouring RBCs. This has the advantage that some major technical and organisational interfaces to the neighbouring country are no longer necessary. However, this variant is currently not described in the L2 specifications for BL3 (BTSF3) or in the associated regulations. This means that any solution for

2.2 Übergang zweier L2-Systeme ohne Kopplung der RBC

Ein L2-L2-Übergang kann auch realisiert werden, ohne die beiden benachbarten RBC miteinander zu koppeln. Dies hat den Vorteil, dass einige wesentliche technische und organisatorische Schnittstellen zum Nachbarland entfallen. Diese Variante ist aktuell jedoch weder im L2-Lastenheft (BTSF3; Abk. f. Betrieblich-technische Systemfunktionen BL3) noch im darauf aufbauenden Regelwerk beschrieben. D.h., dass eine Lösung für die Anwendung in einem Grenzübergangsprojekt erst entwickelt und sicherheitlich bewertet werden muss.

In [15] wird die Umsetzung dieser Variante auf der Verbindung der beiden italienischen Schnellfahrstrecken Mailand–Bologna und Bologna–Florenz beschrieben. Auch wenn es sich hierbei um kein Grenzübergangsprojekt handelt, ist das Grundproblem dasselbe: Die Umsetzung einer Schnittstelle zwischen zwei RBC war aufgrund verschiedener ETCS-Systemversionen und terminlicher Einschränkungen nicht möglich. Stattdessen wurde der Übergang vom abgebenden zum annehmenden RBC durch eine Balisengruppe mit Paket 131 („RBC Transition Order“) realisiert.

Grundvoraussetzung ist, dass die Belegungsinformation der Zugfolgeabschnitte und die Stellung der Signale und Weichen in einem Überlappungsbereich beider RBC gleichzeitig zur Verfügung gestellt werden. Nur so ist das abgebende RBC in der Lage, eine Movement Authority (MA) bis zu einem Signal im Stellbereich des benachbarten Stellwerks zu erteilen. [15]

Die Herausforderungen bezüglich der Funkversorgung existieren analog zum L2-L2-Übergang mit RBC-Kopplung.

Aufgrund der fehlenden Planungsgrundlagen bietet sich diese Variante vor allem für Grenzübergänge an, bei denen eine RBC-Kopplung gemäß ERA-Subset 039 [16] technisch nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand realisierbar ist. Die Komplexität wird dann jedoch auf die Stellwerkschnittstelle verlagert.

2.3 Übergang zwischen L1 FS und L2

Die Umsetzung von ETCS L1 FS bietet sich in erster Linie an, wenn das System L1 FS im Nachbarland bereits die Zulassung erlangt hat (u. a. in Belgien [17], Frankreich [18], Luxemburg [19]). In diesem Fall kann die Technik gemäß § 3a EBO im Grenzbereich auch auf deutscher Seite angewendet werden. Darüber hinaus ist in Deutschland derzeit die Ausrüstung mit L1 FS jedoch nicht vorgesehen.

Mithilfe von L1 FS kann auch ein Übergang zweier L2-Systeme realisiert werden (L2–L1 FS–L2). Vorteil dieser Variante ist, dass – analog zu einem direkten L2-L2-Übergang – eine durchgängige Befahrung mit Führerstandsignalisierung möglich ist. Im Vergleich dazu existieren weniger Schnittstellen zum Nachbarland, da keine RBC-Kopplung erforderlich ist, sondern die Blockschnittstelle der Stellwerke in der Regel ausreicht. Zudem können die GSM-R-Überlappungsbereiche wesentlich verkleinert werden und damit das Aufstellen zusätzlicher GSM-R-Masten im Nachbarland vermieden werden.

2.4 Übergang zwischen L1 LS und L2

Das System ETCS L1 LS kommt derzeit in Deutschland, Belgien und der Schweiz zum Einsatz und bietet sich als Lösung für die ETCS-Ausrüstung an Grenzübergängen i. d. R. nur an, wenn eine Ausrüstung mit L2 aus technischen Gründen nicht realisierbar ist. Die deutsche Ausprägung von L1 LS ist im Ausland nicht ohne Weiteres anwendbar, da sich die Systemfunktionen an denen der PZB orientieren. Das hat zur Folge, dass im Nachbarland ein entsprechend an die spezifischen Betriebsverfahren angepasstes L1 LS entwickelt werden müsste, wenn dies nicht bereits, wie beispielsweise in der Schweiz, vorhanden ist.

Die Betriebsart LS ist erst ab BL3 spezifiziert.

application in a border crossing project not only needs to undergo a safety assessment in each individual case, but also needs to be developed first.

[15] describes the implementation of this variant on the link between the two Italian Milan–Bologna and Bologna–Florence high-speed lines. Although not a border crossing project, the fundamental problem is the same: implementing an interface between two RBCs was impossible because the ETCS system variants were different and there were scheduling restrictions. Instead, the transition between the RBCs has been realised by a balise group with Packet 131 (RBC Transition Order).

The basic prerequisite here is that occupancy information from the block sections, the signal aspects and the points settings in the overlap area are provided to both RBCs simultaneously. Only then is the transferring RBC able to grant a movement authority (MA) up to a signal in the control area of the neighbouring interlocking. [15]

The challenges in terms of radio coverage are comparable to those of an L2-L2 transition with RBC coupling.

The absence of design rules means that this variant is mainly suitable for border crossings where RBC coupling cannot be realised in compliance with ERA Subset 039 [16] on technical grounds or can only be realised with a great deal of difficulty. However, the complexity is then shifted to the interlocking interface.

2.3 The transition between L1 FS and L2

Implementing ETCS L1 FS is particularly suitable when the L1 FS system has already obtained approval in the neighbouring country (which is the case in Belgium [17], France [18] and Luxembourg, amongst others [19]). In this case, the technology can also be applied in the border area on the German side under Section 3a of the EBO. With the exception of this specific case, Germany currently has no plans to equip its network with L1 FS. It is also possible to establish a transition between two L2 systems with the aid of L1 FS (L2–L1 FS–L2) with the aid of L1 FS. The advantage of this variant lies in the fact that end-to-end passage with cab signalling is possible, as in the case of a direct L2-L2 transition. There are comparatively fewer interfaces to the neighbouring country, as there is no need for RBC coupling; the interlocking's block interface is usually sufficient. In addition, the GSM-R overlap areas can be made much smaller thus making it no longer necessary to erect any additional GSM-R masts in the neighbouring country.

2.4 The transition between L1 LS and L2

The ETCS L1 LS system is currently used in Germany, Belgium and Switzerland. It is usually only suitable for equipping border crossings with ETCS, if it is not technically possible to use L2. The German configuration of L1 LS is not easily implemented in other countries, as the system functions are based on those of PZB. This means that an L1 LS adapted to the specific operating regime in the neighbouring country would have to be developed, if not already in place, as is the case in Switzerland. LS mode is only specified from BL3 onwards.

2.5 The transition between two L1 systems

If ETCS L2 cannot be implemented, an L1-L1 transition is also conceivable in addition to the variants described above. The following transitions can be considered for this purpose:

- From ETCS L1 FS to L1 LS (and vice versa)
- From ETCS L1 LS to L1 LS
- From ETCS L1 FS to L1 FS

2.5 Übergang zweier L1-Systeme

Sollte die Realisierung von ETCS L2 nicht möglich sein, ist neben den oben beschriebenen Varianten auch ein L1-L1-Übergang denkbar. Hierfür kommen die folgenden Übergänge in Frage:

- von ETCS L1 FS nach L1 LS (und umgekehrt)
- von ETCS L1 LS nach L1 LS
- von ETCS L1 FS nach L1 FS.

Es gelten hier ebenso die beschriebenen Vor- und Nachteile der beiden Systeme L1 LS und L1 FS.

3 Beispiel Grenzübergang Aachen-Süd

Der Grenzübergang Aachen-Süd befindet sich zwischen Aachen und Welkenraedt. Die Strecke, die bereits seit 1843 als weltweit erste grenzüberschreitende Eisenbahnlinie Lüttich und Aachen verbindet [20], trägt auf deutscher Seite die Streckennummer 2600 und wird in Belgien als Ligne 37 (L 37) vom EIU Infrabel betrieben. Unmittelbar hinter der Staatsgrenze zweigt die Hochgeschwindigkeitsstrecke „Ligne à Grande Vitesse 3“ (LGV 3) ab. Bild 3 zeigt die Lage des Grenzübergangs.

Der betrachtete Streckenabschnitt wird in Deutschland durch ein elektronisches Stellwerk (ESTW) von Siemens gestellt; auf belgischer Seite erfolgt dies durch ein ESTW von Alstom. Auf dem Abschnitt befinden sich derzeit die nationalen Zugbeeinflussungssysteme PZB und TBL1+ (Transmission Balise-Locomotive).

Im Zielzustand soll die Strecke von Aachen bis Lüttich über beide Strecken durchgängig mit ETCS befahren werden können. Während die belgische LGV 3 bereits seit 2008 als eine der ersten kommerziell betriebenen Strecken mit ETCS L2 ausgerüstet wurde, soll auf der L 37 sowie auf der Infrastruktur der DB Netz AG in Zukunft ebenfalls L2 zur Anwendung gelangen. Ein direkter L2-L2-Übergang ist im vorliegenden Fall jedoch aus mehreren Gründen nicht wirtschaftlich darstellbar:

Da für L2 schon weit vor der eigentlichen ETCS-Führung eine Funkverbindung zwischen Fahrzeug und ETCS-Zentrale aufgebaut werden muss, müssten die GSM-R-Funknetze der jeweiligen EIU bei 160 km/h Streckengeschwindigkeit bis zu 5 km in das Nachbarland hineinragen. Selbst bei der Kürzung um vorhandene Zuschläge müssten neue Funk-Basisstationen errichtet werden, die erst den Planungs- und Genehmigungsprozessen des jeweiligen Staates durchlaufen müssten. Bau, Betrieb, Instandhaltung sowie deren Aufsicht und Finanzierung sind weitere unklare Punkte und damit Projektrisiken. Im vorliegenden Fall erschwert ein Tunnel zusätzlich den Übergang der beiden Funknetze.

The advantages and disadvantages of the L1 LS and L1 FS systems described above also apply here.

3 An example: the Aachen-Süd border crossing

The Aachen-Süd/Hergenrath border crossing is located between Aachen, Germany, and Welkenraedt, Belgium. The line, which was the world's first cross-border railway line and has linked Liège and Aachen since 1843 [20], bears the line number 2600 on the German side and is operated as Ligne 37 (L 37) in Belgium by the railway infrastructure manager Infrabel. The "Ligne à Grande Vitesse 3" (LGV 3) branches off just after the international border. Fig. 3 shows the location of the border crossing.

The line section under consideration is controlled by a Siemens electronic interlocking in Germany, while the electronic interlocking on the Belgian side is from Alstom. The section is currently equipped with the PZB and TBL1+ (Transmission Balise-Locomotive) national automatic train control systems, but the goal is to make it possible to use ETCS on both lines all the way from Aachen to Liège. While the Belgian LGV 3 was one of the first commercially operated lines to be equipped with ETCS L2 as early as 2008, there are also plans to use L2 on L 37 in the future as well as on the DB Netz AG infrastructure. However, there are a number of reasons why a direct L2-L2 transition is not economically viable in this case.

Given that L2 requires a radio connection to be established between the vehicle and the radio block centre well before the actual ETCS control, the given railway infrastructure manager's GSM-R radio network would have to reach up to 5 km into the neighbouring country at a line speed of 160 km/h. Even if the existing margin were removed, new base transceiver stations would have to be erected, but they would first have to pass through the relevant country's planning and approval processes. Construction, operation, maintenance as well as their supervision and funding represent further uncertainties and therefore add to the project risks. In the case in question, the transition between the two radio networks is further complicated by the presence of a tunnel.

Another argument against a direct L2-L2 transition involves the use of different system versions (SV), as explained in Section 2.1. Germany plans to use SV 2.0 (BL3), while L 37 will be equipped with SV 1.1 (BL3). The existing LGV 3 line in Belgium has been designed according to SV 1.0 (BL2).

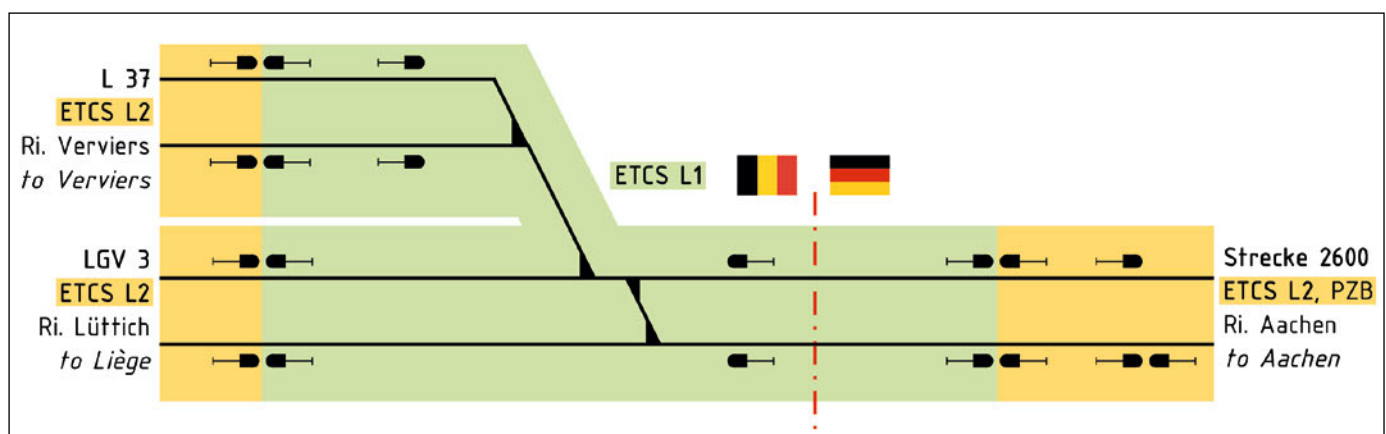


Bild 4: Konzept zur ETCS-Ausrüstung mit L1 FS an der Grenze

Fig. 4: Concept for installing ETCS equipment with L1 FS at the border

Ein weiteres Argument gegen einen direkten L2-L2-Übergang ist die Verwendung unterschiedlicher Systemversionen (SV) aus den in Abschnitt 2.1 genannten Gründen. In Deutschland ist die Anwendung der SV 2.0 (BL3) geplant, während die L 37 eine Ausrüstung mit SV 1.1 (BL3) erhalten wird. Die Bestandstrecke LGV 3 in Belgien wurde mit SV 1.0 (BL2) projektiert.

Da es keine technische, betriebliche oder rechtliche Notwendigkeit gibt, die Strecke durchgängig mit L2 zu befahren, wird zwischen beiden L2-Systemen, wie in Bild 4 dargestellt, ein kurzer Abschnitt mit ETCS L1 FS ausgerüstet. Durch Beibehaltung der Betriebsart FS bleiben die Führungsgrößen auf dem Fahrzeugdisplay erhalten. Eine Quittierung des Levelwechsels hat dann nicht zu erfolgen. Da L1 FS in Belgien bereits zugelassen ist, kann diese gem. § 3a EBO auf der Grenzbetriebsstrecke ebenfalls betrieben werden.

Das nationale Zugbeeinflussungssystem PZB soll erhalten bleiben. Die Gestaltung des Grenzübergangs muss den Anforderungen der durchgängigen Befahrbarkeit standhalten und dabei die technischen Zugangsbedingungen der EIU einerseits und die fahrdynamische Optimierung des Betriebs andererseits berücksichtigen. Die Planung erfährt deshalb eine Evolution in den vier nachfolgend beschriebenen Schritten.

3.1 Schritt 1: Durchgängige ETCS-Befahrbarkeit

Zur Umsetzung des Konzepts werden auf der Strecke 2600 und der LGV 3 an den in Fahrtrichtung jeweils letzten Signalen vor der Grenze Levelwechsel nach L1 FS kommandiert. Zusätzlich werden nationale Werte für den Grenzbereich definiert. Diese wer-

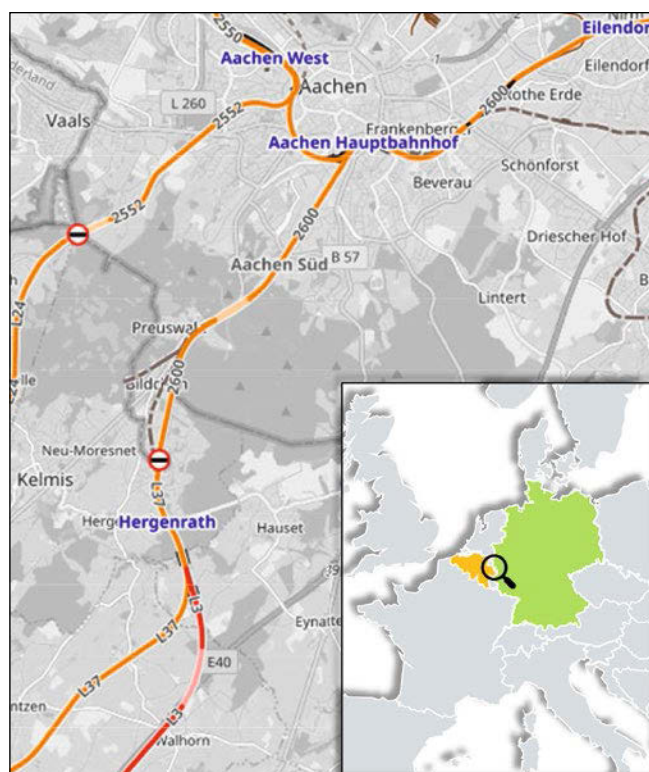


Bild 3: Der Grenzübergang bei Hergenrath

Fig. 3: The border crossing at Hergenrath

Quelle / Source: OpenRailwayMap [21], bearbeitet / edited

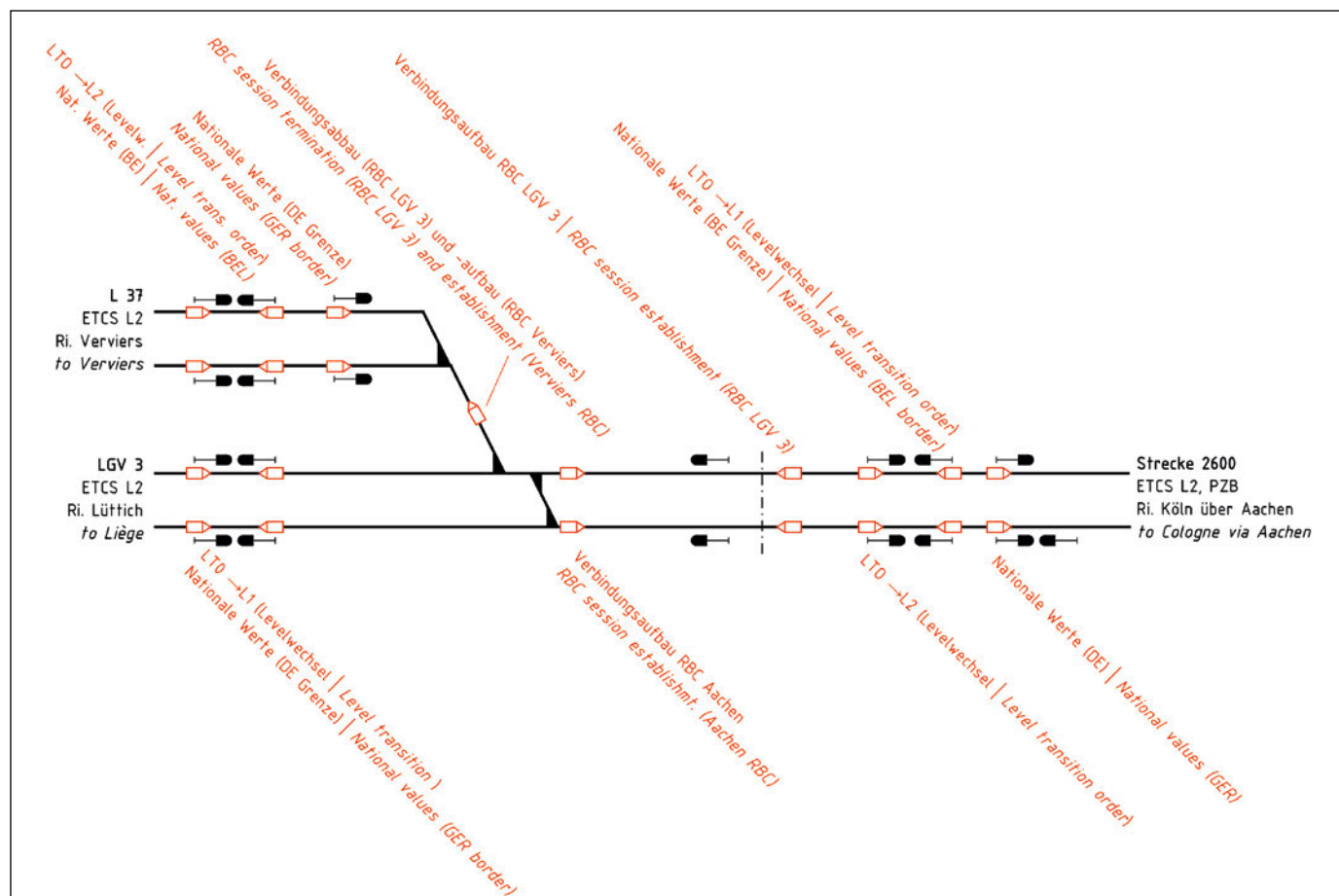


Bild 5: Die für die durchgängige ETCS-Befahrbarkeit (Schritt 1) notwendigen Balisengruppen

Fig. 5: The balise groups necessary for continuous ETCS track serviceability (Stage 1)

den benötigt, damit Fahrzeuge die Balisengruppen beider EIU akzeptieren. Eine weitere, richtungsabhängige Unterscheidung in deutsche und belgische nationale Werte ist vonnöten, damit Zugfahrten die Anforderungen der annehmenden Infrastruktur erfüllen. Innerhalb des L1-FS-Bereichs findet auch der Verbindungsaufbau zum nächsten RBC der LGV 3 oder der Strecke 2600 statt. In Fahrtrichtung Belgien findet der Verbindungsaufbau aufgrund der geforderten Mindestabstände noch vor dem Abzweig statt. Züge, die auf die L 37 abzweigen, beenden die zwischenzeitlich aufgebaute Verbindung jedoch wieder und verbinden sich direkt mit dem RBC Verviers.

Die für den ersten Schritt notwendigen Balisengruppen sind in Bild 5 dargestellt.

3.2 Schritt 2: Ausstieg inkompatibler Fahrzeuge in Fahrtrichtung Belgien – Deutschland

Die beschriebene Anwendung unterschiedlicher Baselines führt dazu, dass ETCS-geführte Fahrzeuge, die nicht mit einem Fahrzeuggerät nach BL3 ausgestattet sind, vor der Ländergrenze aus ETCS entlassen werden müssen. Hierzu wird die Funktion „Virtual Balise Cover“ (VBC) angewendet. Wie ein „virtuelles Abschirmblech“ ermöglicht VBC, dass BL3-Fahrzeuge die in einer Balisengruppe enthaltenen Pakete für den Wechsel nach PZB ignorieren. Ältere BL2-Fahrzeuggeräte können das VBC nicht interpretieren [5] und führen stattdessen den Levelwechsel aus.

Für den Ausstieg inkompatibler Fahrzeuge werden konkret vier Balisengruppen benötigt.

- Virtual Balise Cover Order (VBCO):
Die in Fahrtrichtung erste Balisengruppe aktiviert das VBC für Balisengruppen, die einen „Virtual Balise Cover Marker“ enthalten. Da Fahrzeuge mit BL2-Fahrzeuggerät die Funktion VBC nicht interpretieren können, ignorieren sie das VBCO-Paket.
- Announcement of Level Transition (LTA):
Die zweite Balisengruppe enthält die Ankündigung zum Levelwechsel nach Level STM. In diesem Fall ist dies die PZB. Da sie mittels Virtual Balise Cover Marker markiert ist, ignorieren BL3-Züge diese Ankündigung; BL2-Züge werten diese aus.
- Level Transition Order (LTO):
Die dritte Balisengruppe enthält das Kommando zum sofortigen Levelwechsel nach Level STM (PZB). Da sie mittels Virtual Balise Cover Marker markiert ist, führen nur BL2-Züge den Levelwechsel aus.
- Virtual Balise Cover Cancellation (VBCC):
Die letzte Balisengruppe deaktiviert das VBC.

Die Anordnung der Balisengruppen kann Bild 6 entnommen werden.

Aufgrund der Abwärtskompatibilität der Fahrzeuge wird die Funktion VBC nur in Richtung der höheren Baseline (Belgien – Deutschland) benötigt.

3.3 Schritt 3: Fahrdynamische Optimierung

Beim Wechsel zweier Zugbeeinflussungssysteme kann es, wenn unterschiedliche Bremskurven berechnet werden, zu unerwünschtem Systemverhalten kommen. Zum einen können Bremskurvensprünge nach unten entstehen, wenn mit dem Levelwechsel eine restriktivere Bremskurve als die bisher gültige übermittelt wird. Im umgekehrten Fall entstehen Kapazitätseinbußen, wenn durch den Erhalt einer weniger restriktiven Bremskurve eine bereits eingeleitete Bremsung wieder aufgehoben werden muss. Die Ursache dafür ist die bestehende Stellwerkschnittstelle, die hier als Zentralblock Siemens 600 (ZbS 600) ausgeführt ist. Diese überträgt lediglich die Belegungsinforma-

As there are no technical, operating or legal reasons why the trains should run along the entire line with L2, a short section between the two L2 systems will be equipped with ETCS L1 FS, as illustrated in fig. 4. Retaining the FS mode means that the train drivers will still see the set values on the display. There is then no need to acknowledge the level transition. As L1 FS has already been approved in Belgium, it can also be operated in the cross-border section according to Section 3a of the EBO.

The PZB national automatic train control system will be retained.

The border crossing design must meet the requirements for continuous track serviceability, while taking into account the technical access conditions of the railway infrastructure managers on the one hand and optimising operations in terms of vehicle dynamics on the other. The design is therefore evolving in the four stages described below:

3.1 Stage 1: Continuous ETCS track serviceability

A level transition to L1 FS is initiated at the last signals in the direction of travel before the border on Line 2600 and on LGV 3 for the purpose of implementing the concept. In addition, national values are also specified for the border region. These are required so that the vehicles accept the balise groups of both railway infrastructure managers. A further, direction-related distinction between German and Belgian national values is also necessary so that the train movements meet the requirements of the accepting infrastructure. A session is also established with the next LGV 3 or Line 2600 RBC within the L1 FS area. When travelling in the direction of Belgium, the session is established prior to the junction due to the required minimum distances. However, trains branching off onto L 37 terminate the established session and connect directly to the Verviers RBC.

The balise groups required for the first stage are shown in fig. 5.

3.2 Stage 2: The transition of incompatible vehicles travelling from Belgium to Germany to LNTC

The described use of different baselines means that ETCS-controlled vehicles not equipped with an on-board unit according to BL3 have to be transitioned to LNTC prior to the international border. The Virtual Balise Cover (VBC) is used for this purpose. It allows BL3 vehicles to ignore the packets for the transition to PZB contained in a balise group. Older BL2 on-board units cannot interpret the VBC [5], so they carry out the level transition.

Four specific balise groups are required in order to transition incompatible vehicles to LNTC.

- Virtual Balise Cover Order (VBCO):
The first balise group in the direction of travel orders a VBC for the balise groups containing a Virtual Balise Cover marker. As the vehicles with a BL2 on-board unit cannot interpret the VBC function, they ignore the VBCO packet.
- Level Transition Announcement (LTA):
The second balise group contains the announcement of the transition to Level STM. In this case, it is PZB. BL3 trains ignore this announcement, because it is marked with a Virtual Balise Cover marker; BL2 trains take it into account.
- Level Transition Order (LTO):
The third balise group contains the command for an immediate level transition to Level STM (PZB). Only BL2 trains carry out the level transition, because it is marked with a Virtual Balise Cover marker.

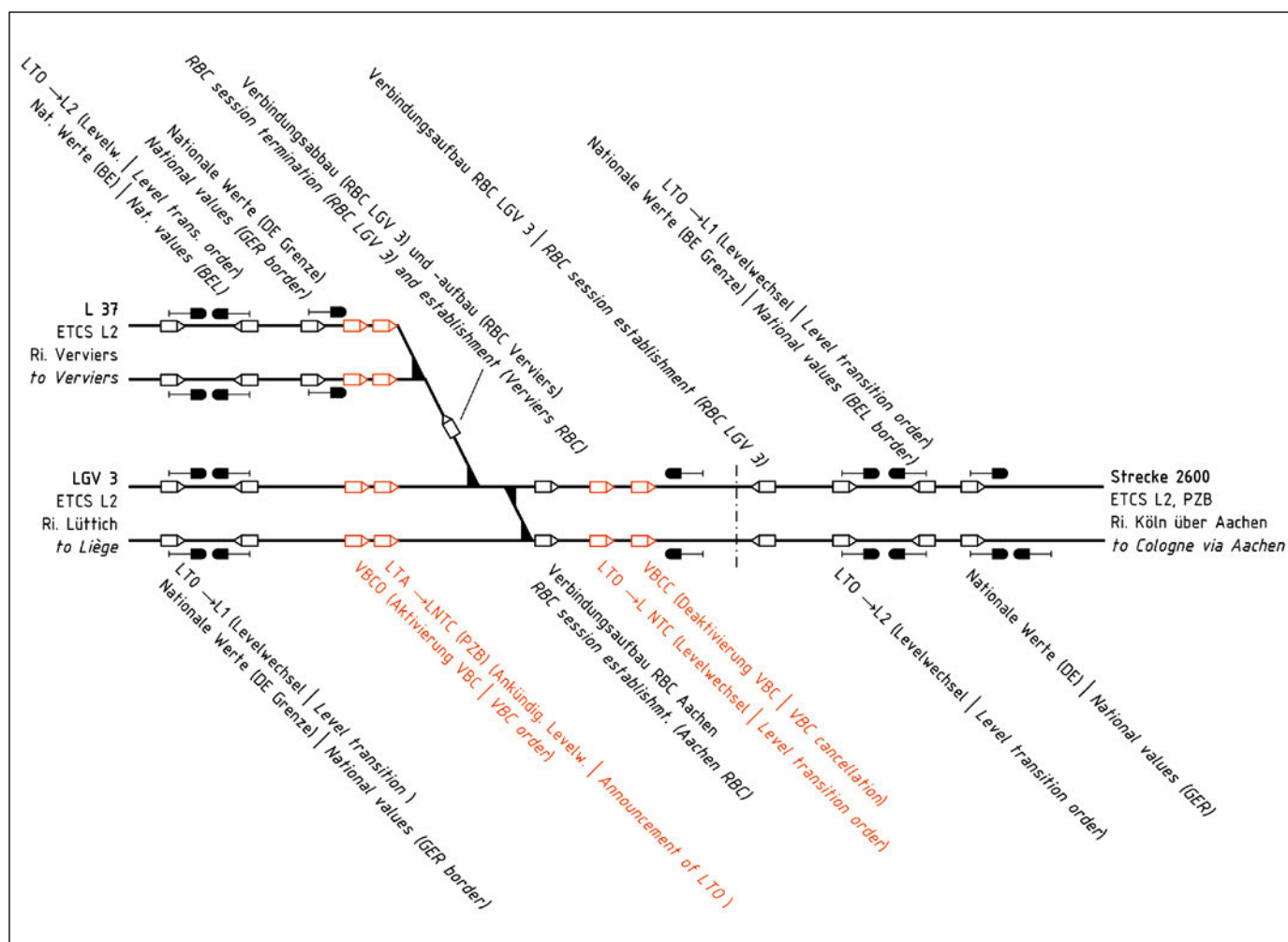


Bild 6: Die für den Ausstieg inkompatibler Fahrzeuge (Schritt 2) zusätzlich notwendigen Balisengruppen sind rot dargestellt.

Fig. 6: The balise groups additionally required to transition incompatible vehicles to LNTC (Stage 2) are shown in red.

tion des Zugfolgeabschnitts hinter dem letzten, dem Stellwerk bekannten Signal ans Stellwerk, nicht aber den Signalzustand des Zielsignals [22]. Ein abgebendes RBC kann deshalb eine MA höchstens bis zum ersten Hauptsignal des Nachbarlandes übermitteln, da dies gleichzeitig dem letzten, dem RBC bekannten Zugfolgeabschnitt entspricht.

Zur Optimierung wurden die Bremskurven möglicher Züge mit [23] simuliert.

3.3.1 Bremskurvensprünge nach unten

Bei der Fahrt von Deutschland nach Belgien können beim Wechsel von PZB zu L1 FS Bremskurvensprünge nach unten auftreten, da Bremskurven bei ETCS in der Regel restriktiver sind als bei der PZB [24]. PZB-überwachte Züge kommen mit einer Geschwindigkeit von 160 km/h am Grenzsinal an. Der kommandierte Levelwechsel nach L1 FS bewirkt die Umschaltung zur Anzeigeführung am Signal. Da das Folgesignal schon im Verantwortungsbereich von Infrabel liegt, müssen in diesem Zugfolgeabschnitt schon die im Vergleich zur deutschen Infrastruktur restriktiveren Bremskurven zur Anwendung kommen. Dadurch liegt der berechnete Bremsankündigungspunkt bereits hinter der Zugspitze. Das Fahrzeug überschreitet direkt die Bremsankündigungs- (I) sowie die Soll-bremskurve (P) und befindet sich unmittelbar unter der Schnellbremsen-einsatzkurve (EBI) (Bild 7). Zur Vermeidung von Zwangsbremssungen beim Levelwechsel am Fahrt zeigenden Signal kann

- Virtual Balise Cover Cancellation (VBCC):

The last balise group cancels the VBC.

The arrangement of the balise groups can be seen in fig. 6.

The vehicles' downward compatibility means that the VBC function is only required in the direction of the higher baseline (Belgium – Germany).

3.3 Stage 3: Optimising the vehicle dynamics

Undesired system behaviour can occur when transitioning from one automatic train control system to another, if different braking curves are calculated. On the one hand, downward steps in the braking curve can occur, if a more restrictive braking curve than that currently applicable is transmitted with the level transition. On the other hand, capacity is lost, if braking that has already been initiated has to be cancelled when a less restrictive braking curve is received. This is caused by the existing interlocking interface, in this case a Siemens 600 (ZbS 600) centralised block. The ZbS600 only provides the interlocking with occupancy information for the block section beyond the last signal controlled by the interlocking, but not the destination signal's status [22]. The RBC involved in the handover can therefore only transmit an MA up to the first stop signal in the neighbouring country, as this also corresponds to the last block section known to the RBC.

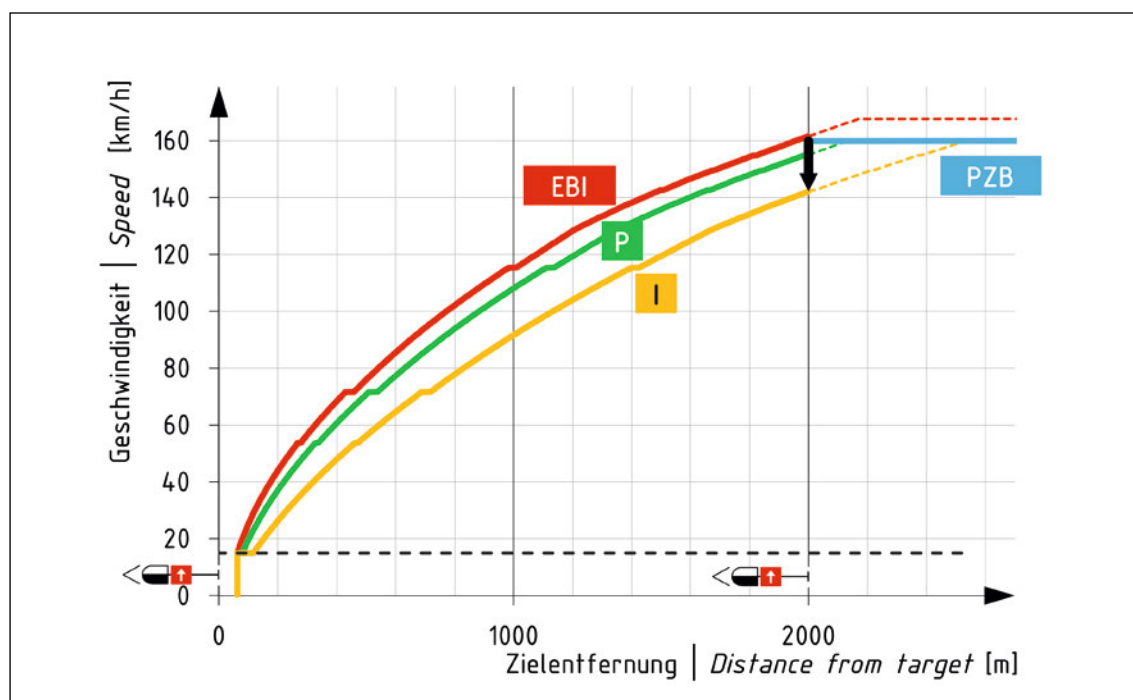


Bild 7: Geschwindigkeitssprung beim Levelwechsel von LSTM (PZB) nach ETCS L1 FS

Fig. 7: Step in speed during level transition from LSTM (PZB) to ETCS L1 FS

es deshalb notwendig werden, die Geschwindigkeit für PZB-überwachte Züge am Levelwechsel zu reduzieren. Betriebliche und eisenbahnbetriebswissenschaftliche Belange fließen in die Entscheidung mit ein.

Selbst während einer anzeigegeführten Fahrt können Bremskurvensprünge auftreten, wenn die landesspezifischen Bremsparameter übertragen werden. Dies passiert im beschriebenen Beispiel beim Wechsel von L2 nach L1 FS, wenn am Grenzsinal die belgischen, restriktiveren Bremskurvenparameter (als Teil der nationalen Werte) übergeben werden (Bild 8).

Zur Vermeidung des Bremskurvensprungs werden die belgischen Bremskurvenparameter schon einen Block früher übertragen (Bild 9). Dort ist der Signalabstand mindestens 2,6 km. Dieser Blockabstand gewährleistet, dass der Zug beim Wechsel der

The possible train braking curves have been simulated using [23] for the purpose of optimisation.

3.3.1 A downward step in the braking curve

Downward steps in the braking curve can occur on the journey from Germany to Belgium when transitioning from PZB to L1 FS as the braking curves are usually more restrictive with ETCS than with PZB [24]. Trains under PZB supervision arrive at the boundary signal at a speed of 160 km/h. The initiated level transition to L1 FS causes a switch to cab signalling at the signal. The more restrictive braking curves (compared to the German infrastructure) must be applied in this block section, because the following signal is already under Infrabel's sphere of responsibility. Consequently, the head of the train has already passed the calcu-

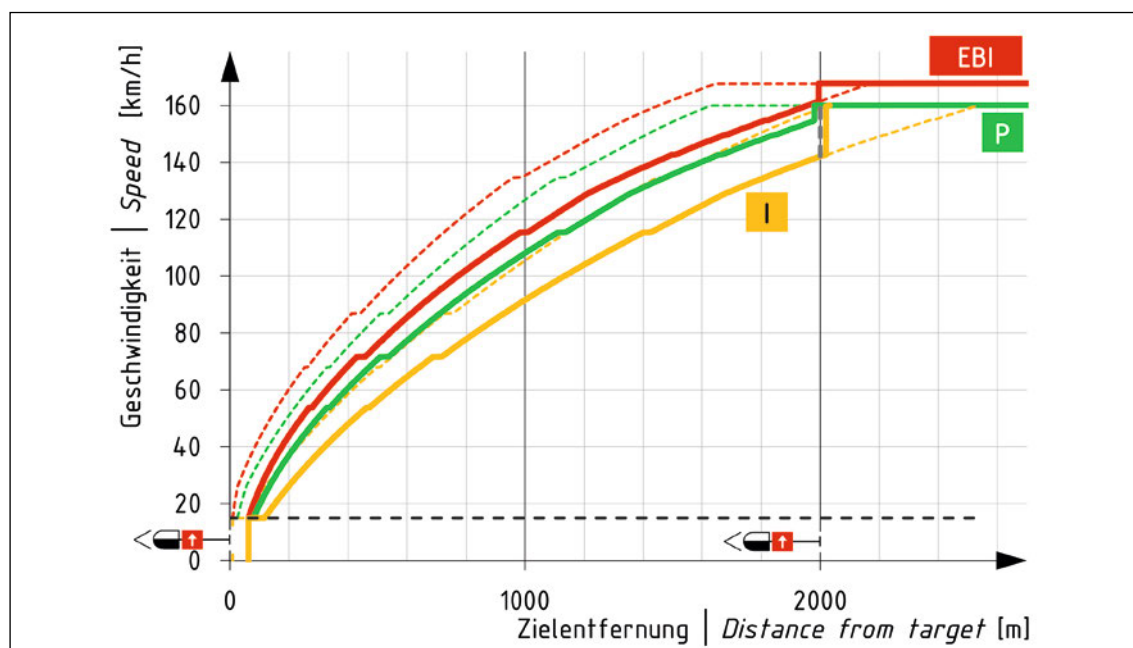


Bild 8: Geschwindigkeitssprung durch Übertragen restriktiverer Bremskurven beim Levelwechsel von ETCS L2 nach ETCS L1 FS

Fig. 8: Step in speed caused by transmitting more restrictive braking curves during level transition from ETCS L2 to ETCS L1 FS

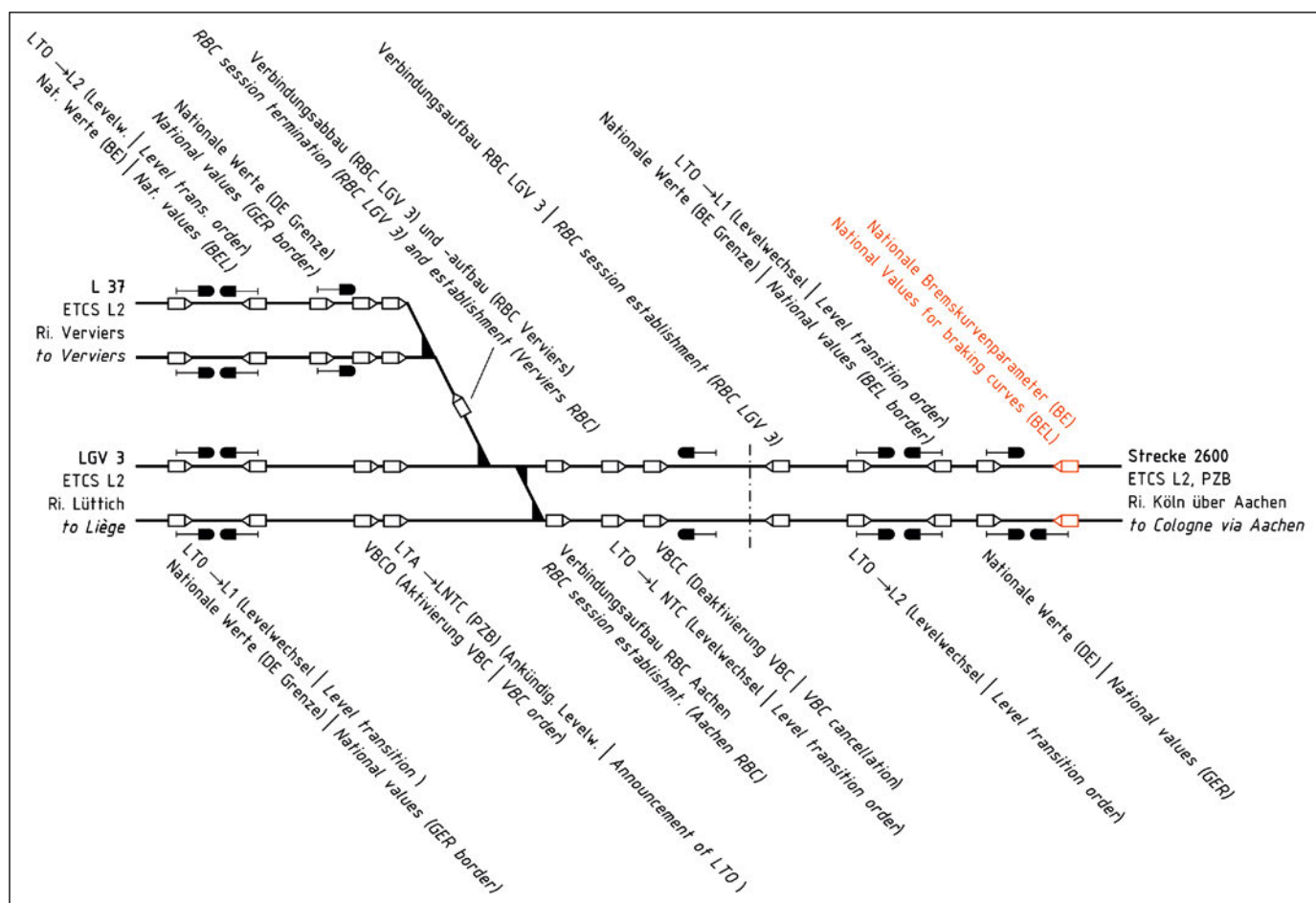


Bild 9: Fahrdynamische Optimierung (Schritt 3) durch frühzeitiges Übertragen der belgischen Bremskurvenparameter (rot dargestellt)

Fig. 9: Optimising vehicle dynamics (Stage 3) by early transmission of Belgium's National Values for braking curves (shown in red)

Bremskurvenparameter nicht direkt eine Zwangsbremmung erfährt, wenn das Folgesignal Halt zeigt.

3.3.2 Kapazitätseinbußen

Beim Wechsel von Anzeige- zu Signalführung kann Kapazität eingebüßt werden. Bei der Fahrt von Belgien nach Deutschland liegt der Bremsankündigungspunkt ca. 2,5 km vor dem Grenzsignal (Bild 10). Die Triebfahrzeugführenden bremsen ETCS-geführt ab, obwohl die Anzeigeführung vor dem Ende der MA endet und ein Einleiten der Bremsung am Vorsignal ausreichte. Aufgrund der fehlenden Kommunikationsschnittstelle ist dies auch der Fall, wenn das entsprechende Hauptsignal einen Fahrtbegriff anzeigt.

Zur Vermeidung dessen werden die Balisengruppen, die den Levelwechsel für BL2-Fahrzeuge nach PZB kommandieren, vor dem Bremsankündigungspunkt geplant. Eine weitere Verbesserung bringt eine Verkürzung der Bremsankündigungskurve durch Einsatz der deutschen Bremskurvenparameter ab dem letzten belgischen Lichtsignal.

Beim Wechsel der nationalen Werte kann es auch unter Beibehaltung der Anzeigeführung zu Kapazitätseinbußen kommen, resultierend aus den restriktiveren belgischen Bremskurvenparametern. Dies ließe sich nur durch eine Anpassung der Blockschnittstelle und der Stellwerke durch Übertragung der Signalzustände und daraus resultierenden längeren MA verbessern. Allerdings sind derzeit keine Weiterentwicklungen oder Änderungen an den Bestandstechniken von Seiten der Hersteller vorgesehen.

lated indication point. The vehicle immediately exceeds the indication curve (I) and the permitted speed curve (P) and is just below the emergency brake intervention curve (EBI) (fig. 7). It may therefore be necessary to reduce the speed for trains under PZB supervision at the level transition in order to avoid any automatic train stops at the Proceed signal during the level transition. The decision takes operating and business concerns into account. Steps in the braking curve can still occur even when running with cab signalling, if the national values for the braking curves are transmitted. This happens in the example given here during the transition from L2 to L1 FS when the more restrictive Belgian braking curve values (as a component of the national values) are transferred at the boundary signal (fig. 8). The Belgian braking curve values are transmitted one block earlier in order to avoid steps in the braking curve (fig. 9). The distance between the signals there is at least 2.6 km. This block headway ensures that the train does not immediately experience an automatic train stop when changing from one set of braking curve values to another, if the following signal indicates a stop aspect.

3.3.2 Loss of capacity

Capacity losses may occur when transitioning from cab signalling to trackside signalling. On the journey from Belgium to Germany, the indication point is approximately 2.5 km before the boundary signal (fig. 10). Drivers decelerate under ETCS control, although cab signalling ends before the end of the MA and the initiation of braking at the distant signal

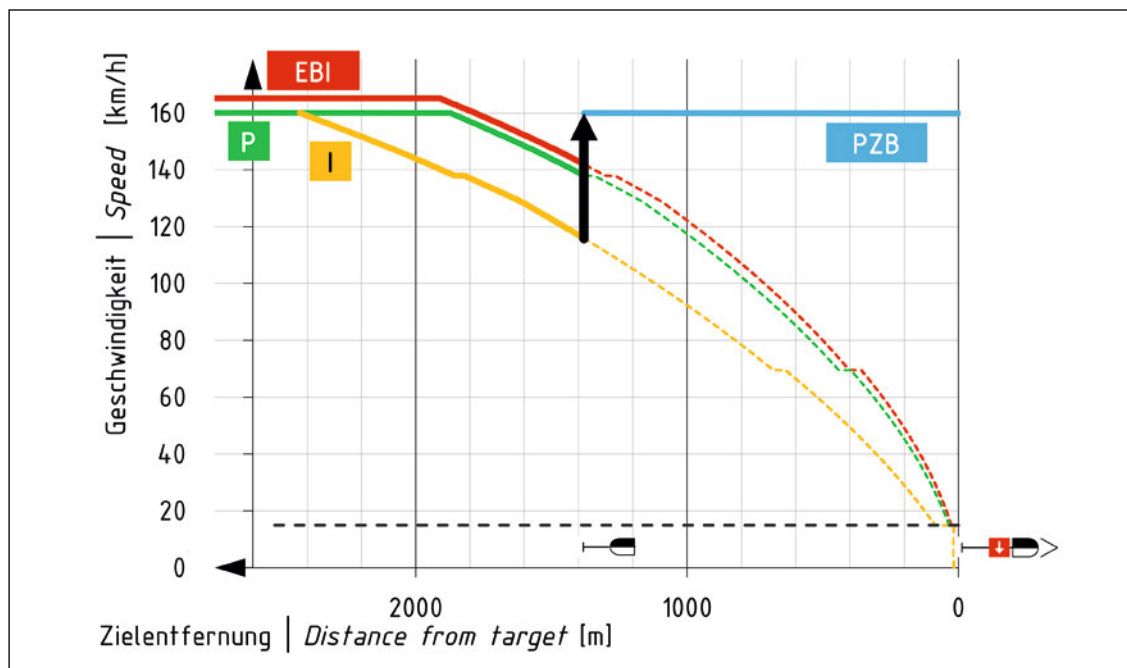


Bild 10: Möglicher Geschwindigkeitseinbruch beim Wechsel von Anzeige- zu Signalführung am Vorsignal

Fig. 10: Possible loss of speed when transitioning from cab signalling to trackside signalling

Quelle Bilder 4-9 / Source fig. 4-9: eigene Darstellung / own illustration

3.4 Schritt 4: Rückbau von TBL1+

Erst wenn alle Fahrzeuge mit ETCS BL3 ausgerüstet sind, kann das Klasse-B-System zurückgebaut werden. Belgien hat dafür einen klaren Fahrplan: Ab 2025 muss jedes Fahrzeug, das in Belgien betrieben wird, eine ETCS-Ausrüstung vorweisen [25]. Im selben Jahr werden die Klasse-B-Systeme in Belgien außer Betrieb genommen und der Rückbau begonnen. Es ist zu prüfen, bis wann BL2-Fahrzeuge die streckenseitige PZB-Ausrüstung benötigen und wann die Signale und damit auch die PZB zurückgebaut werden kann. Dies würde zu einer Vereinfachung der Transitionen auf der Grenzbetriebsstrecke führen, da die Übergänge zum Klasse-B-System nicht mehr berücksichtigt werden müssen.

4 Ausblick

Andere Länder verzichten schon jetzt auf Klasse-B-Systeme. Der niederländische Infrastrukturbetreiber ProRail hat auf der Grenzbetriebsstrecke Emmerich–Oberhausen ETCS L2 ohne Lichtsignale und ohne zusätzliches Klasse-B-System installiert [26]. Eine ETCS L2-Ausrüstung mit Signalen und zusätzlichem Klasse-B-System PZB soll auf deutscher Seite folgen.

Eine Rückbaustrategie der Klasse-B-Systeme für die Grenzbetriebsstrecken sowohl in Deutschland wie auch in Europa sollte auf Seiten der Betreiber und der verkehrenden Eisenbahnverkehrsunternehmen Klarheit schaffen.

Wenn beide Länder mit einer Ausrüstung nach BL3 aneinander grenzen, bietet sich ein direkter L2-L2-Übergang aufgrund der Vorteile des L2-Systems gegenüber einem L1-System an.

Bei BL3-BL2-Übergängen werden jedoch die Vorteile eines L1-FS-Systems unterschätzt: Der GSM-R-Überlappungsbereich wird reduziert; eine Kopplung von RBC verschiedener Baselines wird vermieden und dennoch kann die Betriebsart FS aufrechterhalten werden. Bei kurzen Signalabständen verliert die Strecke jedoch an Kapazität, wenn die MA nur einen Block im Voraus gewährt werden kann.

Bei der Fortschreibung der TSI ist bei der Kompatibilität der Baselines untereinander und der Systemschnittstellen, wie die RBC-Kopplung, auch ein Augenmerk auf die Ländergrenzen zu setzen.

would be sufficient. This also occurs, if the corresponding stop signal indicates a proceed aspect, due to the absence of a communication interface.

Balise groups that initiate the level transition to PZB for BL2 vehicles are planned before the indication point in order to avoid this. Further improvement can be achieved by shortening the indication curve using German braking curve values starting at the last Belgian colour light signal.

Capacity losses may be experienced when transitioning between national values, even if cab signalling stays active, because of the more restrictive Belgian braking curve values. This could only be improved by adjusting the block interface and the interlockings by means of the transmission of the signal statuses and resulting longer MA. However, manufacturers are not currently planning any further development or modification of the existing technology.

3.4 Stage 4: Dismantling TBL1+

The Class B system cannot be dismantled until all the vehicles have been equipped with ETCS BL3. Belgium has a clear schedule for doing just that: all the vehicles operated in the country must be equipped with ETCS by 2025 [25]. The Class B systems in Belgium will be decommissioned in the same year and dismantling will begin. A review needs to be conducted in order to ascertain how long BL2 vehicles will still need the PZB trackside equipment and when the signals and PZB can then be dismantled. This would simplify transitions in the cross-border section as transitions to the Class B system would no longer have to be taken into account.

4 Looking ahead

Other countries are already doing away with Class B systems. ProRail, the Dutch infrastructure manager, has installed ETCS L2 without any colour light signals and without any additional Class B systems in the Emmerich–Oberhausen cross-border section [26]. ETCS L2 is then due to be installed with signals and an additional Class B system (PZB) on the German side.

Wenn Schnittstellen eindeutig beschrieben sind, können zukünftig generische Regeln für die Ausrüstung an den Ländergrenzen erstellt und etabliert werden. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] 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
- [2] Durchführungsverordnung (EU) 2017/6 der Kommission vom 5. Januar 2017 über den europäischen Bereitstellungsplan für das Europäische Eisenbahnverkehrsleitsystem
- [3] European Commission (Matthias Ruete): ERTMS. First Work Plan of the European Coordinator. Brüssel, 2020.
- [4] Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) vom 05.04.2019
- [5] Management of older System Versions, Subset 026-6, Version 3.4.0
- [6] Sommer, M.: Europäische Standardisierung. In: Trinckauf, J.; Maschek, U.; Kahl, R.; Krah, C. (Hrsg.): ETCS in Deutschland, Leverkusen: PMC, 2020
- [7] ERA: ERTMS Management System. https://www.era.europa.eu/activities/european-rail-traffic-management-system-ertms_en#meeting2, aufgerufen am 10.02.2021
- [8] ERTMS Deployment World Map. https://www.ertms.net/?page_id=55, aufgerufen am 03.11.2020
- [9] Kunze, M.: ETCS-Level/Ausrüstungsstufen. In: Trinckauf, J.; Maschek, U.; Kahl, R.; Krah, C. (Hrsg.): ETCS in Deutschland, Leverkusen: PMC, 2020
- [10] Mense, O.: ETCS Levels. In: Stanley, P. (Hrsg.): ETCS for Engineers, Hamburg: Eurailpress, 2011
- [11] ERTMS Users Group: Engineering Guideline 66. Transition from SV 1.Y) to SV 2.Y L1/2/3 with NTC fallback, Version 1.0 (20.12.2017)
- [12] Glossary of Terms and Abbreviations, Subset 023, Version 3.4.0
- [13] EIRENE SRS Version 16.0.0 (UIC Code 951)
- [14] Watkins, M.: Description of the EVC-RBC path. In: Stanley, P. (Hrsg.): ETCS for Engineers, Hamburg: Eurailpress, 2011
- [15] ERTMS Users Group: Engineering Guideline 76. Border Crossings, Version 3.0 (19.05.2020)
- [16] FIS for the RBC/RBC Handover, Subset 039, Version 3.2.0
- [17] Infrabel: Masterplan ETCS & IL 1.1. 10.02.2021
- [18] La signalisation ferroviaire. In: Eiffage Rail Express Nr. 14, Journal d'Informations du projet de ligne à grande vitesse Bretagne – Pays de la Loire. Hsg. Loïc Dorbec, Frédérique Alary. Rennes, Eiffage LGV BPL, 2015
- [19] Feltz, A.; Hillenbrand, G.; Wietor, R.: ETCS-Level-1-Projektierung in Luxemburg, SIGNAL+DRAHT 11/2004
- [20] Reuße, H.: Die deutschen Eisenbahnen, in Beziehung auf Geschichte, Technik und Betrieb, Cassel: Fischer, 1844
- [21] OpenRailwayMap, Daten: OpenStreetMap-Mitwirkende. <https://www.openrailwaymap.org/?lat=50.718527393541024&lon=6.0413821041584015&zoom=13>, abgerufen am 03.03.2020
- [22] Fenner, W.; Naumann, P.; Trinckauf, J.: Bahnsicherungstechnik: Steuern, Sichern und Überwachen von Fahrwegen und Fahrgeschwindigkeiten im Schienenverkehr. Siemens (Hrsg.), Erlangen: Publicis Corporate Publishing, 2003
- [23] Braking curves simulation tool v4.2. https://www.era.europa.eu/activities/european-rail-traffic-management-system-ertms_en, abgerufen am 09.03.2021
- [24] Fehlaue, L.: Auswirkungen flacher ETCS Bremskurven auf zeitabhängige Streckenausrüstungen, Diplomarbeit, TU Dresden, 2018
- [25] Belgisch Staatsblad vom 16.10.2018 http://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2018/10/16_1.pdf, abgerufen am 22.01.2021
- [26] Signalordnung, Bahnbetrieb international: Zusatzvereinbarung zum Infrastrukturverknüpfungsvertrag für die Grenzstrecke Emmerich – Zevenaar Ost (Ril 302.9204Z01) vom 01.02.2020

A dismantling strategy for Class B systems in the cross-border sections in Germany and across Europe should achieve clarity for operators as well as for rail companies.

If two countries have equipment based on BL3 at their borders, a direct L2-L2 transition would be the ideal solution due to the advantages of the L2 system over the L1 system.

If this is not the case, the benefits of an L1-FS system are often underestimated with BL3-BL2 transitions: the GSM-R overlap is reduced and the coupling of RBCs with different baselines is avoided, but FS mode can still be maintained. However, short distances between signals lead to a loss of capacity on the line, if the MA can only be granted one block in advance.

When the TSI is updated, attention also needs to be paid to international borders in terms of the mutual compatibility of the baselines and system interfaces, such as the RBC coupling. If the interfaces are described clearly, it will then be possible to draw up and establish generic rules for equipment at international borders. ■

AUTOREN | AUTHORS

Lars Brune, M.Sc.

ETCS-Fachplaner / *ETCS design engineer*
DB Netz AG
Anschrift / Address: Auenweg 7, D-50679 Köln
E-Mail: lars.brune@deutschebahn.com

Pascal Kahnert, M.Sc.

ETCS-Fachplaner / *ETCS design engineer*
DB Netz AG
Anschrift / Address: Auenweg 7, D-50679 Köln
E-Mail: pascal.kahnert@deutschebahn.com

Dipl.-Ing. Julia Kalkreiber

ETCS-Fachplanerin / *ETCS design engineer*
DB Netz AG
Anschrift / Address: Ammonstr. 8, D-01069 Dresden
E-Mail: julia.kalkreiber@deutschebahn.com

Bavo Lens, M.Sc.

ETCS-Fachplaner / *ETCS design engineer*
Infrabel
Anschrift / Address: M. Broodthaersplein 2, B-1060 Brüssel
E-Mail: bavo.lens@infrabel.be



Foto: Deutsche Bahn AG / Wolfgang Klee

21. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress

21th International SIGNAL+DRAHT Congress

**GOES
HYBRID**



11. – 12. November 2021, Maritim Hotel, Fulda / DVV Webinar-Center
11^h – 12th November 2021, Maritim Hotel, Fulda / DVV Webinar-Center

SIGNAL+DRAHT-Kongress 2021

Die Digitalisierung der Leit- und Sicherungstechnik in Europa schreitet voran, immer mehr Projekte gelangen zur Umsetzung. Damit rückt die Frage der Cyber Security zunehmend in den Fokus: Wie lässt sich eine digitalisierte Infrastruktur gegen Angriffe schützen? Der 21. Internationale Signal+Draht-Kongress nimmt diese Frage als Schwerpunktthema auf und beleuchtet unterschiedliche Perspektiven auf Cyber Security im Kontext der LST.

Darüber hinaus werden am ersten Kongresstag die Ziele und Erfahrungen des sogenannten Schnellläuferprogramms im Rahmen von „Digitale Schiene Deutschland“ thematisiert. Am zweiten Tag richtet sich der Blick auf ausgewählte Elemente einer digitalen Infrastruktur wie bbIP und den integrierten Bedienplatz, bevor aktuelle Themen zum ETCS-Rollout den Kongress abrunden.

Auf dem Programm steht zudem einmal mehr die Verleihung des Signal+Draht-Lebenswerkpreises. Die aktuellen Planungen sehen eine Hybridveranstaltung vor: Neben der Präsenzteilnahme vor Ort in Fulda ist auch die digitale Teilnahme am Livestream möglich. In beiden Fällen werden Gelegenheiten zum Austausch der Teilnehmer untereinander und mit den Referenten geschaffen.

Weitere Informationen und die Anmeldung finden Sie unter:
www.dvvmedia-webinar.com/signaldraht2021

SIGNAL+DRAHT Congress 2021

The digitization of command and control technology in Europe is making progress and ever more projects are being implemented. This is increasing the focus on cybersecurity: How can a digitized infrastructure be protected against attacks? The 21st International Signal+Draht Congress will focus on this topic and highlight different cybersecurity perspectives in the context of command and control technology.

The first day of the congress will also focus on the goals of and experiences gained in the so-called fast-track program within the framework of "Digitale Schiene Deutschland" (Digital Rail Germany). The second day will focus on selected elements of a digital infrastructure such as bbIP and the integrated control station, after which current topics regarding the ETCS rollout will round out the congress program.

The program also once again includes the presentation of the Signal+Draht Lifetime Achievement Award. Plans currently envisage a hybrid event, with on-site participation in Fulda as well as digital participation via livestream. In both cases, participants will have opportunities to interact with each other as well as the speakers.

→ The congress will be held in German

Further information and the registration at
www.dvvmedia-webinar.com/signaldraht2021

Organisation | Organisation

Daniela Hennig
Tel.: +49/(0)40/237 14 -355
E-Mail: daniela.hennig@dvvmedia.com

Ausstellung | Sponsoring

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

Veranstalter | Organizer

**Eurail
press**

21. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress

21th International SIGNAL+DRAHT Congress

Die digitale LST – und wie wir sie sicher gestalten	Digital command and control technology – and how we plan to make it secure	Referent / Speaker
Donnerstag, 11. November 2021	Thursday, 11 th November 2021	
10:30 Begrüßung	Welcome	Manuel Bosch, DVV Media Group GmbH
10:35 Einleitung	Introduction	Reinhold Hundt / August Zierl, SIGNAL+DRAHT
10:45 Cyber Security: Anfälligkeit digitaler Infrastrukturen	Cybersecurity: vulnerability of digital infrastructure	Erik Tews, Chaos Computer Club e.V
11:15 KRITIS – Ausblick auf die Bedeutung für die Bahn	KRITIS – Perspective on the significance for the railway system	Tim Trussat, BSI
11:35 Anforderungen und Regularien für Cyber Security im Schienenverkehr	Requirements and regulations for cybersecurity in rail transport	Max Schubert, INCYDE
11:55 Aufbau und Implementierung von IT-Security bei DB Netz	Development and implementation of IT security at DB Netz	N.N., DB Netz (angefragt)
12:25 Konzeption eines Cyber Defence Center bei der ÖBB	Plans for a Cyber Defense Center at Austrian Federal Railways (ÖBB)	Marcus Frantz, ÖBB-Holding
12:45 Mittagessen	Lunch	
14:15 Aktuelle Zielvorstellungen des Programms Digitale Schiene Deutschland	Current program objectives – Digitale Schiene Deutschland (Digital Rail Germany)	Kristian Weiland, DB Netz / Philipp Bührsch, DB Netz
14:35 Schlankere Prozesse für das Schnellläuferprogramm: Änderungen bei Genehmigungs- und Bauprozessen	Leaner processes for the fast-track program: changes to approval and construction processes	Dr. Rolf-Dieter Krächter, VDB
15:05 Erfahrungen in den Schnellläuferprogrammen: Stellwerke	Experience in the fast-track programs: signal towers	Dirk Ladewig, Siemens
15:25 Erfahrungen in den Schnellläuferprogrammen: Bahnübergänge	Experience in the fast-track programs: railroad crossings	Heinz Laumen, Scheidt & Bachmann
15:45 Kaffeepause	Coffee Break	
16:25 Impuls zur Podiumsdiskussion	Idea for the panel discussion	Jan Holle, Escrypt
16:35 Podiumsdiskussion: Digitalisierung der Bahn und die Cyber Security	Panel discussion: Digitalization of the railway system and cybersecurity	Jan Holle, Escrypt Wischy Hernandez, Siemens Marcus Frantz, ÖBB-Holding
17:20 SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2021	SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2021	Bosch / Hundt / Zierl, SIGNAL+DRAHT
18:05 Abend der Kommunikation	Evening of communication	

Freitag, 12. November 2021	Friday, 12 th November 2021	Referent / Speaker
9:00 End-to-end-Digitalisierung der Planungs- und Dispositions-Prozesse	End-to-end digitization of planning and scheduling processes	Hermann Schuh-Säbelkampff, ÖBB-Infra
9:20 Das bahnbetriebliche IT-Netz (bbIP)	The operational railway IT network (bbIP)	Dr. Björn Blohsfeld, DB Netz / Eike Seidler, DB Netz
9:40 Digitaler integrierter Bedienplatz aus Sicht der Betriebsführung	Digital integrated control station from the point of view of operations management	Ina Bleicher, DB Netz
10:00 Digitaler integrierter Bedienplatz aus Sicht des Lieferanten	Digital integrated control station from the supplier's point of view	Steffen Henning, Scheidt & Bachmann
10:20 Kaffeepause	Coffee Break	
10:50 Shift2Rail 2 – Stand des Programms aus Sicht der Betreiber und der Industrie	Shift2Rail 2 – Program status from the point of view of operators and industry	Michel Ruesen, EUG Nicolas Furio, UNIFE
11:10 Innovationsstufen künftiger Leit- und Sicherungstechnik im Kapazitätsvergleich	Future command and control technology innovation levels (comparing capacities)	Eike Hennig, VIA Consulting & Development Jerg Martin Molis, SBB AG
11:30 Vergabe und Rolloutplan für das ETCS-Projekt in Österreich	Tendering and rollout plan for the ETCS project in Austria	Stefan Gaider, ÖBB-Infra
11:50 Digitaler Knoten Stuttgart - Stand der Konzeption und Umsetzung	Digital Node Stuttgart – Planning and implementation status	N.N., PSU (angefragt)
12:10 Abschluss	Conclusion	
12:15 Ende der Veranstaltung	End of the event	

Die Zukunft mit ETCS Level 3 Hybrid

The future with the ETCS Level 3 Hybrid

Markus Kuttig-Trölenberg | Jörg Schurig | Raimo Koch

Die DB Engineering & Consulting GmbH ist ein Komplettanbieter mit weitreichenden Beratungs- und Ingenieurleistungen für Eisenbahn- und Nahverkehrsunternehmen. Auf die Frage der Betreiber weltweit nach Anwendung und Nutzen des Zugleitsystems ETCS Level 3 (L3) wird in diesem Beitrag eine Antwort gegeben. Es zeigt sich, dass ein Wechsel auf ETCS L3 einfacher ist als verbreitet angenommen, dass die Steigerung der Streckenkapazitäten durchaus beachtenswert ist und dass die Zukunft dem ETCS-Stellwerk, einer Verbindung von Radio Block Center (RBC) und Elektronischem Stellwerk (ESTW), gehören wird.

1 ETCS Level 2 ohne Signale (ETCS L2oS)

Weltweit werden seit einiger Zeit Bahnstrecken mit dem European Train Control System (ETCS) in verschiedenen Ausprägungen ausgerüstet. Für ETCS Level 2 (L2) wird weiterhin die Stellwerkstechnik zur Sicherung der Fahrstraßen benötigt. Während die Übermittlung des Fahrauftrags an nicht ETCS L2-geführte Züge oder auf Strecken ohne ETCS-Ausrüstung über zumeist optische Signale an der Strecke an den Triebfahrzeugführer erfolgt, wird beim ETCS L2 die Fahrerlaubnis (Movement Authority, MA) vom RBC über digitalen Zugfunk an das Fahrzeug übermittelt und auf dem Führerstand angezeigt.

Von der betreiberspezifischen Migrationsstrategie und dem Ausbauzustand der Strecken hängt es stark ab, wie die ETCS-Ausrüstung gestaltet wird. Sofern bereits moderne Stellwerkstechnik vorhanden ist oder wenn zwingend nationale Lichtsignal-basierte Zugsicherungssysteme weiterverwendet werden müssen, erfolgt oftmals eine zusätzliche Ausrüstung mit ETCS, sodass ein Mischbetrieb mit Zügen im nationalen Zugsicherungssystem und in ETCS L2 möglich ist. Die MA erhält der Triebfahrzeugführer entweder über Lichtsignale oder über das ETCS-Fahrzeuggerät, wobei im zweiten Fall Lichtsignale an der Strecke dunkelgeschaltet werden können.

Auf Strecken, die ausschließlich mit ETCS L2 auszurüsten sind, gibt es keinen Grund, Lichtsignale anzuordnen. Neben dem Erteilen der Fahrerlaubnis gebieten Hauptsignale Halt, beispielsweise an der Grenze eines Bahnhofes. Diese Funktion übernimmt der ETCS Stop Marker als Formsignaltafel. Die in der klassischen Stellwerkstechnik benötigten Vorsignale werden ebenfalls entbehrlich, weil beim ETCS vom streckenseitigen RBC auch die Reichweite der Fahrerlaubnis in Form der MA übermittelt wird und das Fahrzeug innerhalb dieses Rahmens die zulässige Geschwindigkeit bestimmt und überwacht. Bei alleiniger Ausrüstung mit ETCS L2 und Verzicht auf Doppelausrüstung mit nationalen Zugsicherungssystemen und Lichtsignalen wird auch von ETCS Level 2 ohne Signale (ETCS L2oS) gesprochen.

Bis zu welchem Punkt das RBC eine Fahrerlaubnis erteilen kann, hängt bei ETCS L2oS aber weiterhin von der korrespondierenden Stellwerkstechnik ab. In der Planungsphase werden Blockabschnitte vorgesehen und die stellwerksseitige Gleisfreimeldung wird auf diese Blockabschnitte ausgelegt. Die Grenzen der Blockabschnitte werden auf der Strecke meist durch Blockkennzeichen oder ETCS

DB Engineering & Consulting GmbH is a full-service company offering extensive consulting and engineering services for rail, regional and local transport companies. This article answers the questions posed by operators worldwide about the application and benefits of the ETCS Level 3 (L3) train control system. It appears that a changeover to ETCS L3 is easier than widely assumed, that it leads to a notable increase in line capacities and that the future will belong to the ETCS interlocking, a combination of a radio block center (RBC) and an electronic interlocking.

1 ETCS Level 2 without signals (ETCS L2oS)

Rail lines around the world have been equipped with various levels of the European Train Control System (ETCS) for some considerable time now. Interlocking technology is still required to protect ETCS Level 2 (L2) routes. While movement orders are generally conveyed to drivers on trains that are not equipped with ETCS L2 or on lines without ETCS equipment by means of trackside optical signals, ETCS L2 movement authorities (MA) are transmitted to the vehicle by the RBC via the digital train radio and they are displayed in the driver's cab.

The ETCS equipment's design depends to a great extent on the operator-specific migration strategy and the expansion stage of the lines. If modern interlocking technology is already available or if the continued use of national train protection systems based on coloured light signals is necessary, ETCS is often installed as an add-on so that mixed operations with trains in both the national train protection system and in ETCS L2 are possible. The driver receives the MA either by means of coloured light signals or via the on-board ETCS unit. In the latter case, the coloured light signals can be switched to dark.

There is no reason to install coloured light signals on routes that are to be exclusively equipped with ETCS L2. In addition to issuing the MA, the main signals also command a stop, for example at a station's boundary. The ETCS Stop Marker performs this function as a semaphore signal board. The distant signals required in conventional interlocking systems can also be dispensed with, because ETCS also transmits the range of the MA via the trackside RBC and the vehicle determines and monitors the permitted speed within this framework. If ETCS L2 has been installed without any additional national train protection systems and coloured light signals, this is referred to as ETCS Level 2 without signals (ETCS L2oS).

However, the moment up to which the RBC can issue a MA still depends on the corresponding interlocking technology in the case of ETCS L2oS. Block sections are planned in the planning phase and the train detection at the interlocking is designed for these block sections. The block section boundaries are generally indicated on the track by block markers or ETCS stop markers. Moreover, individual routes are set up in the interlocking for each block section. The RBC requests the required routes to be set for a train at the interlocking,

Stop Marker kenntlich gemacht. Im Stellwerk werden zudem einzelne Fahrstraßen jeweils pro Blockabschnitt eingerichtet. Das RBC fordert für einen Zug beim Stellwerk die Einstellung der benötigten Fahrstraßen an, auch mehrerer Fahrstraßen hintereinander, bis hinter den zuvor gefahrenen Zug. Nachdem das Stellwerk die Fahrstraßen an das RBC bestätigt, kann das RBC die MA bis zum Ende des eingestellten Fahrweges erteilen.

2 ETCS Level 3

Die Funktion und Systemstruktur von ETCS L2 kann für ETCS Level 3 (L3) grundsätzlich beibehalten werden (Bild 1). Der wesentliche Unterschied ist eigentlich nur ein Wert im Position Report, es ist die Train Integrity. Mit diesem Wert bestätigt ein Fahrzeug, dass es vollständig ist, also keine unerkannte Zugtrennung besteht. Durch diese Bestätigung der Zugvollständigkeit, mit der Kenntnis der Fahrzeuglänge und der Fahrzeugposition der Zugspitze kann rückschließend gefolgert werden, welche Gleisabschnitte durch dieses Fahrzeug nicht mehr belegt sein können. Es könnte also auf die klassische Gleisfreimeldung verzichtet werden.

Damit bleibt die von ETCS L2 bekannte Grundfunktion des ETCS unverändert. Fahrzeuge bekommen eine MA vom RBC und können innerhalb dieser MA mit den überwachten Höchstgeschwindigkeiten fahren. Insofern ist der Wechsel von ETCS L1 zu ETCS L2 technisch weit revolutionärer als er dies von L2 nach L3 ist. Die Spezifikationslage bezüglich der Telegramme und Daten liegt vollständig vor und ist im aktuellen Subset 26 der System Requirement Specification für ETCS der ERA (European Railway Agency) enthalten [1, 3, 5]. Insofern kann die Aussage aus anderen Fachpublikationen nicht bestätigt werden, dass die Spezifikationen für ETCS L3 nicht abgeschlossen sind [2].

Spannend sind aber die Konsequenzen aus dem möglichen Verzicht auf die klassische Gleisfreimeldung. Das Stellwerk verkümmert zum bloßen Weichenüberwacher, es kommuniziert nicht mehr mit Fahrzeugen über Signale, es weiß nicht mehr wo sich Fahrzeuge befinden, stellt keine Fahrstraßen mehr. Also wozu dann noch eine Separation zwischen Stellwerk und RBC im ETCS L3? Die Weichenüberwachung kann das RBC auch noch implementieren, und ein „ETCS-Stellwerk“ wäre die sinnvolle Antwort. Entsprechende Produktstrategien von Lieferanten gibt es (Bild 2).

Die Möglichkeiten gehen aber weiter: Wozu noch im festen Blockabstand fahren? Der limitierende Faktor der Gleisfreimeldegrenzen ist aufgehoben. Die Fahrzeuge können einander in einem fast beliebig kleinen Abstand folgen oder sogar im wandernden

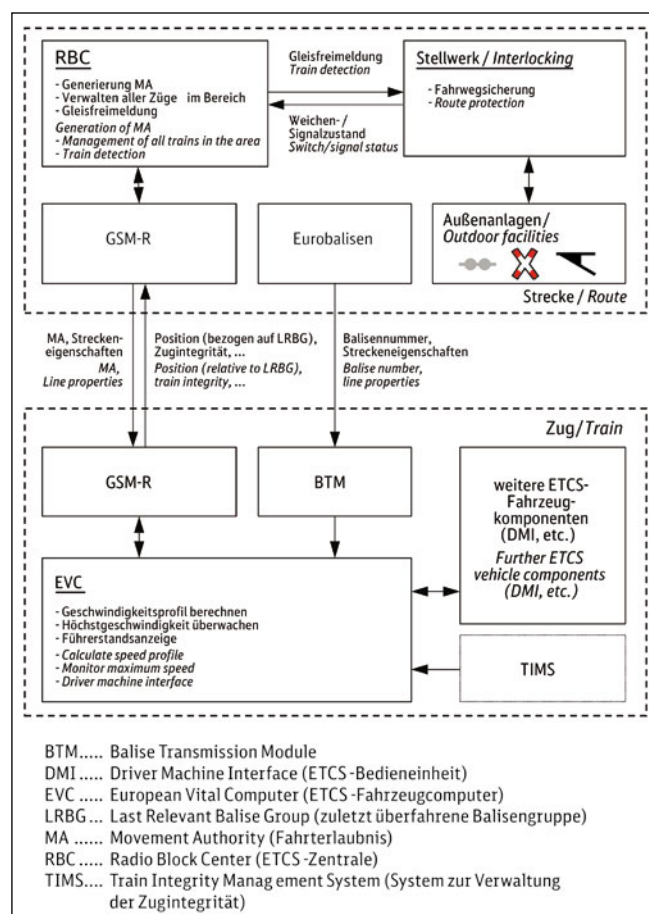


Bild 1: Systemstruktur ETCS L3 unter Beibehaltung des klassischen Ansatzes [5]

Fig. 1: The ETCS L3 system structure while retaining the conventional approach [5]

Quelle / Source: Quaa

including several consecutive routes up to the preceding train. Once the interlocking has confirmed the routes to the RBC, the RBC then can grant the MA up to the end of the set route.

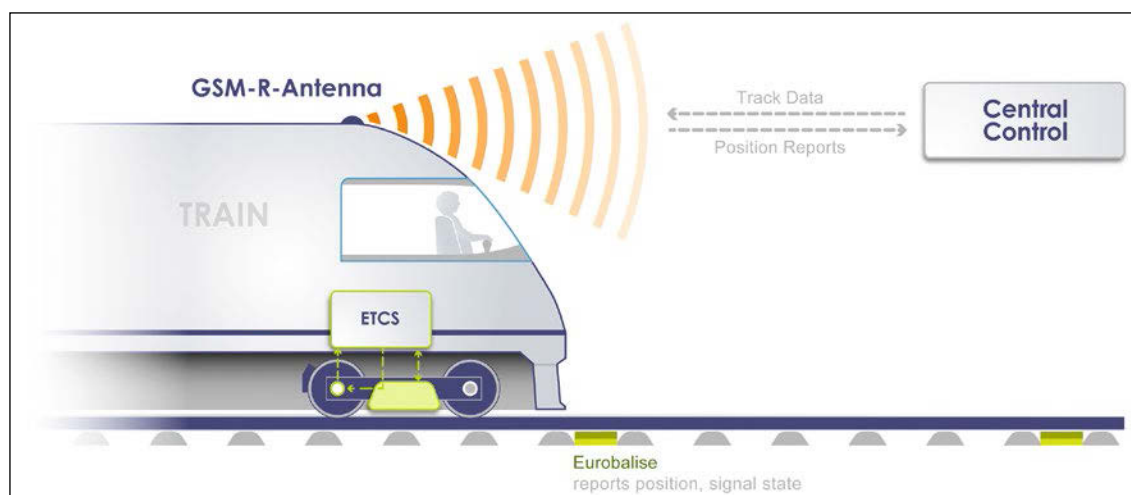
2 ETCS Level 3

The ETCS L2 function and system structure can be fundamentally retained for ETCS Level 3 (L3) (fig. 1). The only essential

Bild 2: ETCS-Stellwerk als Vision von Thales

Fig. 2: The ETCS interlocking as envisioned by Thales

Quelle / Source: Thales



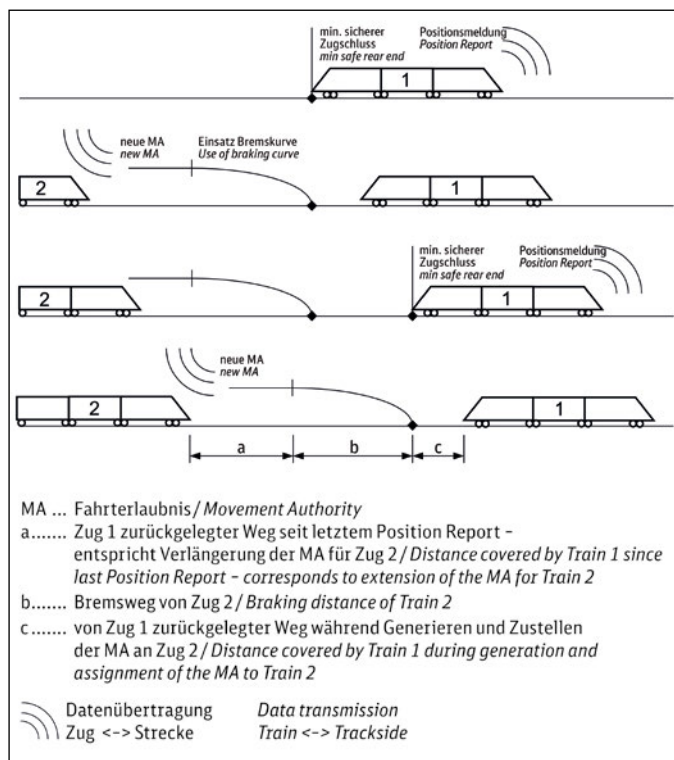


Bild 3: Moving Block unter ETCS L3 [5]

Fig. 3: Moving Block under ETCS L3 [5]

Quelle / Source: Quaas

Raumabstand / Moving Block (Bild 3). Dies verspricht bei gleichartigen Verkehren deutlich höhere Streckenkapazitäten (Bild 4), ist aber bei ausgeprägten Mischverkehren fast wirkungslos.

3 ETCS Level 3 Hybrid

Falls die fahrzeugseitige Zugintegritätsprüfung zumindest bei einzelnen Fahrzeugen zur Verfügung steht, können auch auf Strecken, die für ETCS L2 bereits mit stellwerksseitiger Gleisfreimeldung und mit Fahrstraßen ausgerüstet sind, die Funktionalitäten von ETCS L3 verwendet werden. Die Streckenbelegung durch ETCS L2-Züge ohne fahrzeugseitige Vollständigkeitsprüfung wird dabei vom Stellwerk mit der Gleisfreimeldung überwacht. Das Nachfahren hinter einem ETCS L2-Zug kann bis zum zurückliegenden Blockabschnitt zugelassen werden, sodass die Strecke hinter einem in ETCS L2-Zug im Raster der Blockabschnitte für den nächsten Zug freigegeben werden kann. Bis wohin die MA verlängert wird, entscheidet das RBC also auf Basis der vom Stellwerk eingestellten Fahrstraßen.

Dagegen erhält das RBC über die kontinuierlich vom ETCS L3-Zug übermittelte Positions- und Zugintegritäts-Information ein genaueres Bild der tatsächlichen Streckenbelegung, sodass hinter einem ETCS L3-Zug die Fahrerlaubnis für den nächsten Zug kontinuierlich verlängert werden kann.

Dieser Mischbetrieb wird ETCS L3 Hybrid genannt und setzt voraus, dass Stellwerk und RBC auf diese Betriebsart ausgelegt sind.

4 Einsatzfälle für ETCS L3 Hybrid

Die Anwendung eines reinen ETCS L3 wird aufgrund von Schwierigkeiten im Aufstarten eines solchen Netzes kein Standard werden. Die Schwierigkeit beim Aufstarten besteht darin, dass nach einem Neustart des RBC über „Bügelfahrten“ mit niedrigen Geschwindig-

keitsunterschieden ein Wert in der Position Report; nämlich, die Zugintegrität. Ein Fahrzeug kann diesen Wert verwenden, um zu bestätigen, dass es vollständig ist, d. h. dass es keine unbekannte Zugtrennung gibt. Dank dieser Bestätigung der Zugintegrität, zusammen mit dem Wissen um die Fahrzeuglänge und die Position des Fronts des Zuges, ist es möglich, abzuleiten, welche Streckensektionen nicht mehr von diesem Fahrzeug besetzt sein können. Dies bedeutet, dass konventionelle Zugerkennung entfallen kann. Die grundlegende ETCS-Funktion, die aus ETCS L2 bekannt ist, bleibt unverändert. Fahrzeuge erhalten eine MA vom RBC und können innerhalb dieser MA mit den überwachten Höchstgeschwindigkeiten fahren. In diesem Zusammenhang ist der Übergang von ETCS L1 zu ETCS L3 technisch gesehen revolutionärer als der von L2 zu L3. Die vollständige Spezifikationslage hinsichtlich Telegrammen und Daten ist verfügbar und ist im aktuellen Subset 26 der Systemanforderungsspezifikation der Europäischen Eisenbahnagentur (ERA) für ETCS [1, 3, 5]. Wie auch immer, die Aussagen anderer technischer Veröffentlichungen, dass die Spezifikationen für ETCS L3 noch nicht fertiggestellt sind, können nicht bestätigt werden [2].

Dennoch, die Konsequenzen, die aus dem möglichen Wegfall der konventionellen Zugerkennung resultieren, sind spannend. Die Sperrenfunktion wird herabgestuft zu einem reinen Schalterüberwacher, er kommuniziert nicht mehr mit den Fahrzeugen über Signale, er weiß nicht mehr, wo die Fahrzeuge sind und er stellt keine Fahrpläne mehr. Warum ist es dann noch notwendig, eine Trennung zwischen der Sperrenfunktion und der RBC in ETCS L3 zu haben? Die RBC kann weiterhin die Sperrenfunktion implementieren und ein „ETCS-Sperren“ wäre die sinnvolle Antwort. Die Hersteller haben mit entsprechenden Produktstrategien (Fig. 2) reagiert.

Dennoch, die Möglichkeiten gehen weiter: Warum fahren wir mit einem festen Kopfweiterräum? Der limitierende Faktor der Zugerkennungsgrenzen ist beseitigt. Die Fahrzeuge können hintereinander auf sehr geringen Abständen oder sogar in einem Moving Block (Fig. 3) fahren. Dies verspricht deutlich höhere Streckenkapazitäten, wenn der Verkehr homogen (Fig. 4) ist, hat aber fast keinen Effekt, wenn es sich um einen gemischten Verkehr handelt.

3 ETCS Level 3 Hybrid

Wenn die fahrzeugseitige Zugintegritätsprüfung zumindest für einzelne Fahrzeuge verfügbar ist, können auch auf Strecken, die für ETCS L2 bereits mit stellwerksseitiger Gleisfreimeldung und mit Fahrstraßen ausgerüstet sind, die Funktionalitäten von ETCS L3 verwendet werden. Die Streckenbelegung durch ETCS L2-Züge ohne fahrzeugseitige Vollständigkeitsprüfung wird dabei vom Stellwerk mit der Gleisfreimeldung überwacht. Das Nachfahren hinter einem ETCS L2-Zug kann bis zum zurückliegenden Blockabschnitt zugelassen werden, sodass die Strecke hinter einem in ETCS L2-Zug im Raster der Blockabschnitte für den nächsten Zug freigegeben werden kann. Bis wohin die MA verlängert wird, entscheidet das RBC also auf Basis der vom Stellwerk eingestellten Fahrstraßen.

Dagegen erhält das RBC über die kontinuierlich vom ETCS L3-Zug übermittelte Positions- und Zugintegritäts-Information ein genaueres Bild der tatsächlichen Streckenbelegung, sodass hinter einem ETCS L3-Zug die Fahrerlaubnis für den nächsten Zug kontinuierlich verlängert werden kann. Dieser Mischbetrieb wird ETCS L3 Hybrid genannt und setzt voraus, dass Stellwerk und RBC auf diese Betriebsart ausgelegt sind.

4 Use cases for ETCS L3 Hybrid

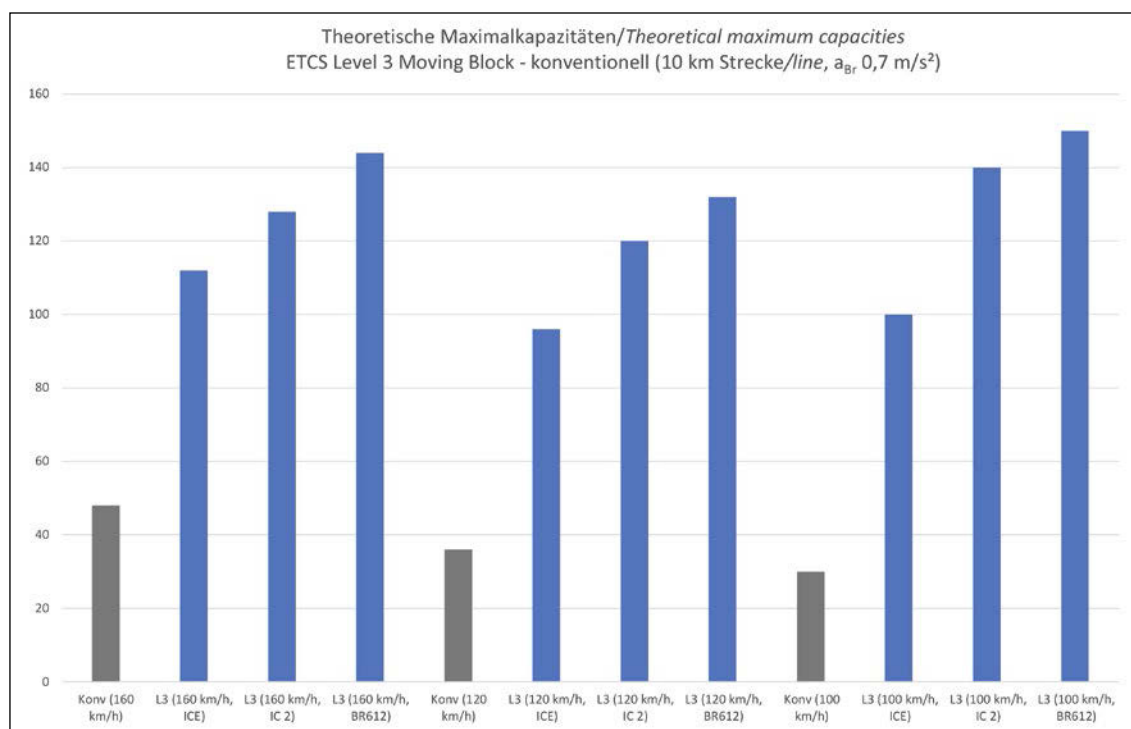
Die Anwendung von reinem ETCS L3 wird aufgrund von Schwierigkeiten beim Starten eines solchen Netzes kein Standard werden. Die Schwierigkeit beim Starten besteht darin, dass nach einem Neustart des RBC über „Bügelfahrten“ mit niedrigen Geschwindig-

Bild 4: Berechnung theoretischer Streckenkapazitäten mit ETCS L3 Moving Block

Fig. 4: The calculation of the theoretical line capacities with ETCS L3 Moving Block

Quelle / Source: eigene

Darstellung / own work



keiten oder betriebliche Abrufverfahren alle Fahrzeugpositionen und Gleisbelegungszustände zeitaufwendig ermittelt werden müssen. Vielversprechender sind hier Lösungen mit einem ETCS L3 Hybrid, wo ein Mindestmaß an Gleisfreimeldeanlagen erhalten bleibt und damit das Aufstarten erheblich schneller möglich ist.

Die sinnvollen Einsatzfälle von ETCS L3 Hybrid liegen da, wo ETCS L3 entweder die Streckenkapazität deutlich erhöhen kann oder aufgrund des möglichen weitgehenden Verzichtes auf Gleisfreimeldeanlagen Vorteile in den Bau- und Betriebskosten bietet. Die Streckenkapazität kann im Falle von gleichförmigen Verkehren gegenüber konventioneller Signalisierung erheblich gesteigert werden. Theoretisch sind Steigerungen auf das Drei- bis Vierfache der Streckenkapazität möglich (Bild 4). Bisherige Publikationen gehen von einer praktischen Steigerung um 30 % aus. Diese Anwendungsfälle sind sehr stark befahrene Strecken und S-Bahnen, wo der Moving Block seine Vorteile ausspielen kann.

5 Betriebliche Besonderheiten

Neben dem laufenden Fahrbetrieb unter den verschiedenen ETCS-Leveln ist der Blick auf den Hochlaufvorgang nach einem Systemneustart zu richten (Aufstarten). Ab ETCS L2 meldet der Zug seine Position an das RBC, die Daten hierfür gewinnt der Zug während der Fahrt aus den als digitalen Kilometersteinen verwendeten Datenpunkten im Gleis und der fahrzeugseitigen Odometrie. Diese Daten stehen nach einem Neustart des ETCS-Fahrzeuggerätes aber noch gar nicht zur Verfügung und somit kann der Zug keine gesicherte Information über seinen Standort mitteilen.

Ebenso ist zu betrachten, dass beispielsweise im Zuge einer Baumaßnahme geplant oder ungeplant ein Reset der streckenseitigen RBC erfolgen kann. Es werden Verfahren benötigt, um möglichst rasch die Standorte der Züge zu erfassen, um auf dieser Basis wieder Fahrerlaubnisse erteilen zu können. Dabei ist zu beachten, dass die von ununterbrochen aktiven ETCS-Fahrzeuggeräten gelieferten Standortinformationen durch Spurplanänderungen an der Strecke möglicherweise nicht mehr aktuell sind.

up difficulties involve the fact that, once the RBC has been restarted, all the vehicle positions and track occupation conditions have to be determined in a time-consuming manner by means of “sweep runs” at low speeds or operational call procedures. More promising options in this regard involve solutions using an ETCS L3 Hybrid system, where a modicum of the train detection system is retained, which means that the start-up is considerably faster.

The practical applications for the ETCS L3 Hybrid system are those in which ETCS L3 can either significantly increase the line capacity or offer advantages in terms of construction and operating costs due to the possibility of largely doing away with train detection systems.

In the case of homogeneous traffic, the line capacity can be considerably increased when compared with conventional signaling. In theory, the trebling or quadrupling of the line capacity is possible (fig. 4). Previous publications have assumed a practical increase of 30 %. These use cases involve very busy lines and commuter train lines where the moving block can show its strengths.

5 Special operating features

In addition to ongoing operations under the various ETCS levels, attention must also be paid to the start-up process after a system restart. At ETCS L2 or higher, the train reports its position to the RBC; the train obtains this data from the balise groups in the track that are used as digital kilometre markers and from the on-board odometry. When the on-board ETCS unit is restarted, however, this data is not yet available and the train therefore cannot communicate any reliable information about its location. Consideration should also be given to the fact that a planned or unplanned reset of the trackside RBC can occur, for example, during the course of a construction project. Procedures are required to record the locations of the trains as quickly as possible so that MA can be issued again on this basis. It should, however, be noted that the location information supplied by the continu-

6 Planung von ETCS L3

Bei der Planung der ETCS L3-Streckenausrüstung ist einerseits die Ausrüstung der Strecken mit Datenpunkten erforderlich. Die Abstände zwischen den Datenpunkten in Verbindung mit der fahrzeugseitigen Wegmessung müssen zu einer hinreichenden Genauigkeit bei der Positionsbestimmung führen. Standardfälle der Infrastruktur wie Streckengleise oder einfache Überholbahnhöfe können durch computergestützte Anwendung von Regeln geplant werden. Andererseits ist die Projektierung des Streckenatlas im RBC eine Betrachtung wert: Zunehmend werden die Infrastrukturdaten bei den Bahnbetreibern in Datenbankform verwaltet, z. B. in den XML-basierten Datenstrukturen von railML. Es wäre ein logischer Schritt, den Streckenatlas automatisiert aus den vorhandenen Infrastrukturdaten zu erstellen.

7 Hochrüstung von L2 auf L3

Der Kernunterschied zwischen ETCS L2 und ETCS L3 besteht in der Freiprüfung der Fahrwege. Im L2 erfolgt die Freiprüfung ausschließlich durch Gleisfreimeldeanlagen, während in L3 ausschließlich oder zusätzlich die Gleisfreimeldung durch die Position Reports mit Train Integrity realisiert wird.

Könnte man ein ETCS L2 nicht einfach durch ein Softwareupdate auf ETCS L3 upgraden? Grundsätzlich schon, die infrastrukturseitige Ausrüstung der Strecken muss sich zwischen L2 und L3 nicht unterscheiden.



Bild 5: ETCS L3-Testbalisen im Testfeld Bahnhof Scheibenberg, Strecke Annaberg-Buchholz – Schwarzenberg

Fig. 5: ETCS L3 test balises in the Scheibenberg station test area on the Annaberg-Buchholz – Schwarzenberg line Quelle / Source: eigene Darstellung / own works

ously active ETCS on-board units may no longer be up-to-date due to track diagram changes on the line.

6 ETCS L3 planning

When planning ETCS L3 trackside equipment, it is necessary to equip the lines with balise groups on the one hand. The distances between the balise groups in conjunction with the on-board odometry must result in sufficient accuracy when determining the position. Standard infrastructure examples such as main lines or simple passing stations can be planned using the computer-aided application of the rules.

On the other hand, the route atlas project planning in the RBC is also worth considering: infrastructure data is increasingly being managed by railway operators in database form, e.g. in the XML-based data structures of railML. It would therefore be a logical step to automatically create the route atlas from the available infrastructure data.

7 Upgrading from L2 to L3

The key difference between ETCS L2 and ETCS L3 lies in the track clearance check. The track clearance checks in L2 are carried out exclusively by the train detection systems, while the train detection in L3 is implemented exclusively or additionally by means of the Position Reports with Train Integrity.

Couldn't an ETCS L2 system simply be upgraded to ETCS L3 by means of a software update? In principle this is possible, as the trackside equipment does not have to differ between L2 and L.

Eurobalises are used for the entry and exit of vehicles between ETCS L2 and L3. Here, there is no difference in the arrangement of the balises for a dial-in and transition to L2 or L3, as these locations are derived from the times for the level transition. Changes do occur in the balise programming, however, since they are recorded in ETCS with the Packet 41 Level Transition Order, where M_LEVELTR for ETCS L3 has the value 4 instead of 3 for L2.

The balises are essentially positioned within the ETCS areas for location information and with information for vehicles that are starting up. In this case, there is no enforced difference in the arrangement and programming between L2 and L.

This just leaves the ETCS stop markers, which are important for maintaining operations at the fallback level. Even their configuration and operational significance remain unchanged in a L3 system.

An RBC and an electronic interlocking run together in a system architecture that originates from ETCS L2. Conventionally, the electronic interlocking comprises the track protection system, including a clearance check using the connected train detection systems. The RBC is responsible for issuing the MA based on the condition data received from the electronic interlocking.

Here too, the scope of the functions and the electronic interlocking's configuration do not have to change for a switch to L3. One new feature, however, is the function and configuration of the RBC, which must now implement its own clearance check in addition to the electronic interlocking's clearance check in order to send L3 guided vehicles to the same electronic interlocking train detection section.

Therefore, a software upgrade seems possible in principle. It does, however, require that the specific implementation of the electronic interlocking does not include any checking or functional algorithms in interaction with the RBC that would impede

Eurobalisen werden für die Ein- und Ausstiege von Fahrzeugen zwischen ETCS L2 und L3 verwendet. Hier ergibt sich in der Anordnung der Balisen kein Unterschied zwischen einer Einwahl und Aufnahme in L2 oder L3, da diese Standorte aus den Einwahl- und Aufnahmezeiten abgeleitet werden. Änderungen ergeben sich jedoch in der Balisenprogrammierung, da die Aufnahme in ETCS mit dem Packet 41 Level Transition Order erfolgt und hier M_LEVELTR für ETCS L3 den Wert 4 statt 3 für L2 trägt.

Innerhalb der ETCS-Bereiche liegen Balisen im Wesentlichen für Standortinformationen und mit Informationen für aufstartende Fahrzeuge. Hier ergibt sich in Anordnung und Programmierung kein erzwingender Unterschied zwischen L2 und L3.

Blieben noch die ETCS Stop Marker, die wichtig für die Aufrechterhaltung des Betriebes in der Rückfallebene sind. Auch deren Anordnung und betriebliche Bedeutung ändert sich in einem L3-System nicht.

Bei einer Systemarchitektur, die von ETCS L2 kommt, laufen ein RBC und ein ESTW miteinander. Das ESTW umfasst klassisch die Sicherung der Fahrwege einschließlich der Freiprüfung mit den angeschlossenen Gleisfreimeldeanlagen. Das RBC ist zuständig für die Absetzung der MA basierend auf den Zustandsdaten der ESTW.

Auch hier müssen sich der Funktionsumfang und die Konfiguration des ESTW für einen Wechsel auf L3 nicht ändern. Neu ist aber die Funktion und Konfiguration des RBC, welches überlagernd zur Freiprüfung des ESTW nun eine eigene Freiprüfung implementieren muss, um L3-geführte Fahrzeuge in den gleichen ESTW-Gleisfreimeldeabschnitt zu schicken.

Ein Softwareupgrade scheint also grundsätzlich möglich. Es bedingt jedoch, dass in der konkreten Implementierung des ESTW keine Prüf- oder Funktionsalgorithmen im Zusammenspiel mit dem RBC enthalten sind, die ein solches Upgrade vereiteln. Zwangsläufig sind solche Algorithmen nach Spezifikation nicht. Da die Fähigkeit zum Upgrade als Anforderung in den ERA-Spezifikationen nicht enthalten ist und sich wohl auch in den Lastenheften nicht findet, muss die ESTW-Software eine solche Möglichkeit nicht unterstützen. Unabhängig von der ESTW-Applikation (Systemsoftware): Die Konfiguration des ESTW ändert sich mit einem Wechsel auf ETCS L3 nicht.

8 ETCS L3 Hybrid weltweit

Bereits Ende der 1990er Jahre starteten UIC (Union Internationale des Chemins de fer/Internationaler Eisenbahnverband) und Trafikverket (ehemals Banverket) Schweden ein Projekt mit dem Hersteller Bombardier zur Entwicklung von European Rail Traffic Management System (ERTMS) Regional. Mit dem Pilotprojekt sollte nachgewiesen werden, dass ETCS-Technik auch auf Nebenstrecken wirtschaftlich betrieben werden kann. ERTMS Regional wurde erstmals auf der Vestertalbanen installiert und im Februar 2012 in Betrieb genommen [6].

ERTMS Regional ist die erste Anwendung der ETCS L3-Zugsicherung mit festen Blockabschnitten, jedoch ohne ein System zur Überwachung der Zugintegrität. Fahrzeugseitig sind normale ETCS-Fahrzeuggeräte eingesetzt. Durch Integration der Stellwerks- und Zugsicherungsfunktionen in einem System können die auf der Strecke einzubauenden Signalanlagen auf Objektcontroller für Weichensteuerung und Gleisfreimeldung sowie RBC reduziert werden, die direkt mit einer Bedienzentrale verbunden sind.

Zahlreiche weitere ERTMS Regional-Projekte sind europaweit in der Realisierung oder geplant, unter anderem im Rahmen der netz-

such an upgrade. Solche Algorithmen sind nicht spezifiziert als mandatory. Da die Upgrade-Fähigkeit nicht als Anforderung in den ERA-Spezifikationen und ist wahrscheinlich nicht in den customer requirement specifications enthalten, muss die elektronische Sperrensoftware nicht diese Option unterstützen. Unabhängig von der elektronischen Sperrenanwendung (Systemsoftware), ändert sich die elektronische Sperrenkonfiguration nicht, wenn ein Wechsel auf ETCS L3 erfolgt.

8 ETCS L3 Hybrid world-wide

As early as at the end of the 1990s, the UIC (International Union of Railways) and Trafikverket (formerly Banverket) in Sweden launched a joint project with the manufacturer Bombardier to develop the European Rail Traffic Management System (ERTMS) Regional. The pilot project was intended to verify that ETCS technology can also be operated economically on secondary lines. ERTMS Regional was installed for the first time on the Västertalsbanan and entered service in February 2012 [6].

ERTMS Regional is the first application of ETCS L3 train protection with fixed block sections, but without a train integrity monitoring system. Normal on-board ETCS units are deployed on the vehicle. By integrating the interlocking and train protection functions into one system, the signalling equipment to be installed on the line can be reduced to object controllers for switch control and train detection as well as RBCs that are directly connected to a control centre.

Numerous other ERTMS Regional projects are being implemented or planned across Europe, including the network-wide introduction of ETCS on secondary lines in Denmark or on secondary lines in Sweden, France, Austria and Italy.

As ETCS L2 has now become established as the state of the art for continuous train protection and train control for high-speed rail traffic (HSR), the ERTMS User Group (EUG) has developed the ETCS Level 3 Hybrid concept (HL3 concept) at the initiative of Network Rail (UK) and ProRail (the Netherlands). HL3 focusses on different versions:

- Moving block without train detection
- Moving block with train detection
- Fixed virtual block without train detection
- Fixed virtual block with train detection.

The HL3 concept aims to increase the performance of the lines, while at the same time reducing the cost and effort associated with the trackside installation of signals with train detection systems and lowering the operating costs. Network Rail has tested the HL3 concept on an ERTMS test track at Hitchin, north of London [7]. The HL3 specification has been adopted in the ERTMS Baseline 3 [8].

As described above, virtual fixed or moving block can only be used, if the vehicles have been equipped with ETCS and the corresponding Train Integrity Monitoring System (TIMS).

While TIMS can be implemented quite easily on multiple units and is already state of the art on secondary lines in the metro and LRT sector with communication-based train control (CBTC) signalling systems, the introduction of TIMS on locomotive-hauled trains, especially in freight traffic, will take some time yet (fig. 6). In this regard, ETCS L3 Hybrid offers the possibility of guiding trains without TIMS using an ETCS movement authority at a fixed spacing over HL3 lines, provided train detection is available.

In the past, consideration was also given to the possibility of combining the advantages of ETCS L2 and CBTC. This should

weiten ETCS-Einführung in Dänemark auf Nebenstrecken oder auf Nebenstrecken in Schweden, Frankreich, Österreich und Italien.

Nachdem ETCS L2 als Stand der Technik für die kontinuierliche Zugsicherung und Zugsteuerung für Hochgeschwindigkeitsverkehre (HGV) etabliert ist, hat die ERTMS User Group (EUG) auf Initiative von Network Rail (Großbritannien) und ProRail (Niederlande) das Konzept ETCS L3 Hybrid (HL3-Konzept) entwickelt. Das HL3-Konzept ist auf verschiedene Varianten fokussiert:

- Wandernder Raumabstand (Moving Block) ohne Gleisfreimeldung
- Wandernder Raumabstand (Moving Block) mit Gleisfreimeldung
- Fester virtueller Raumabstand (Fixed Virtual Block) ohne Gleisfreimeldung
- Fester virtueller Raumabstand (Fixed Virtual Block) mit Gleisfreimeldung.

Mit dem HL3-Konzept wird das Ziel verfolgt, die Leistungsfähigkeit der Strecken zu steigern und gleichzeitig den Aufwand und die Kosten an streckenseitiger Installation von Signalen mit Gleisfreimeldeanlagen und die Kosten für den Betrieb zu senken. Das HL3-Konzept wurde von Network Rail auf einer ERTMS-Teststrecke in Hitchin nördlich von London getestet [7]. Die HL3-Spezifikation ist in der ERTMS Baseline 3 aufgenommen [8].

Wie zuvor beschrieben, kann der virtuelle feste oder wandernde Raumabstand nur genutzt werden, wenn die Fahrzeuge mit ETCS und der entsprechenden Zugintegritätsüberwachung (Train Integrity Monitoring System /TIMS) ausgerüstet sind.

Während TIMS bei Triebzügen recht problemlos umgesetzt werden kann und auf Nahverkehrsstrecken im Metro- und LRT-Bereich mit CBTC-Signalsystem (Communication-Based Train Control) bereits Stand der Technik ist, wird die Einführung von TIMS bei lokbespannten Zügen, insbesondere im Güterverkehr, noch Zeit beanspruchen (Bild 6). Hier bietet ETCS L3 Hybrid die Möglichkeit, Züge ohne TIMS mit ETCS Movement Authority im festen Raumabstand über HL3-Strecken zu führen, sofern eine Gleisfreimeldung vorhanden ist.

In der Vergangenheit gab es Überlegungen, die Vorteile von ETCS L2 und CBTC zu kombinieren. In stark belasteten Streckenabschnitten soll die Zugfolge durch Moving Block verkürzt werden. Vorhandene Infrastruktur soll gemeinsam genutzt werden können. Als Beispiel kann hier der Marmaratunnel in Istanbul genannt werden. Tagsüber wird der Tunnel von CBTC-geführten Metrozügen genutzt, nachts können ETCS-geführte Züge durch den Tunnel fahren. Dafür ist die Tunnelstrecke sowohl mit CBTC als auch ETCS ausgerüstet.

In Großraum Montreal wurden Möglichkeiten untersucht, wie Fernverkehrszüge der VIA Rail die Infrastruktur der Metro Montreal (Réseau Express Métropolitain) nutzen können, um bis in das Stadtzentrum geführt zu werden. Dazu sollten die VIA Rail-Fahrzeuge zusätzlich mit CBTC ausgerüstet werden.

Für das Regional Rapid Transit System für im Großraum Delhi ist vorgesehen, dass Züge im Umland mit hohen Geschwindigkeiten über lange Strecken geführt werden und im Moving Block CBTC-geführt durch das Stadtzentrum verkehren. Hier könnte mit ETCS L3 Hybrid eine Doppelausrüstung der Zugsicherungssysteme vermieden werden.

Eine virtuelle Blockteilung mit übergeordneter Gleisfreimeldung ist bei der Wuppertaler Schwebebahn im Einsatz, wobei auf eine Zugvollständigkeitsüberwachung verzichtet wird, da nur nicht teilbare Zügeinheiten auf der Strecke verkehren.

Mit dem HL3-Konzept kann die Funktionalität von ETCS L2 schrittweise zu ETCS L3 aufgerüstet werden. HL3-Lösungen sind bei zahlreichen Infrastrukturmanagern in der Entwicklung – beispielsweise bei

result in the reduction of the headway in very busy line sections by means of the moving block. It should be possible to make joint use of the existing infrastructure. The Marmara Tunnel in Istanbul can be cited as an example here. The tunnel is used by CBTC-guided metro trains by day, while ETCS-guided trains can travel through the tunnel at night. The tunnel line is equipped with both CBTC and ETCS for this purpose. In the metropolitan area of Montreal, an investigation was undertaken to see how VIA Rail long-distance trains could use the Montreal Metro (Réseau Express Métropolitain) infrastructure and be routed all the way into the city centre. The VIA Rail vehicles were to be additionally equipped with CBTC for this purpose.

It is envisaged that the trains in the Regional Rapid Transit System in the metropolitan area of Delhi will be routed at high speeds over long distances in the surrounding area and run under CBTC guidance in the moving block through the city centre. The duplicate installation of train protection systems could be avoided there with ETCS L3 Hybrid.

A virtual block division with superordinate train detection is in use on the Wuppertal suspension railway, which does not need train integrity monitoring, as only non-divisible train units operate on the line.

The HL3 concept can be used to gradually upgrade the functionality of ETCS L2 to ETCS L3. HL3 solutions are under development at numerous infrastructure managers, for example, at:

- LGV Sud-Est (France) – an upgrade from ETCS L2 to ETCS HL3
- Bane Nor (Norway) – a re-signalling and digitalisation program
- ProRail (the Netherlands) – an ERTMS Rollout Program
- Network Rail (UK) – the Digital Railway Strategy on the Anglia, London North East, South East, Wessex and Western rail corridors, including ETCS and ATO (Automatic Train Operation).

The Digital Rail for Germany program at DB Netz AG includes the Stuttgart Digital Node, where the ETCS L3 Hybrid is being considered for the closely spaced operation of rapid transit and regional multiple units.

ETCS L3 is also being tested extensively in the DB Living Lab on the Annaberg-Buchholz – Schwarzenberg test track. The first ETCS L3 run in Germany took place there in September 2018 (fig. 5) [4].

9 Outlook

In principle, a future full-network changeover to ETCS L3 is the logical continuation of an ETCS installation. It constitutes the consistent continuation of the current ETCS L2oS rollout and does not in any way conflict with it.

The vehicles must have reliable train integrity for this purpose, something which is not a problem for most multiple units and passenger trains today.

The changeover to ETCS L3 will always mean a switch to ETCS L3 Hybrid in the first stage and will remain so in the long term due to the considerably better restart capability in the event of a fault.

If an ETCS L2 system is already available, the switch to ETCS L3 could be possible without any major leaps in costs or construction measures, particularly if the RBC and the interlocking are developed by the same supplier. An immediate changeover to ETCS L3 would mean that there would no longer be any reason for separating the RBC and the interlocking. The ETCS interlocking is the logical consequence. ■

- LGV Sud-Est (Frankreich) die Hochrüstung von ETCS L2 nach ETCS HL3
- Bane Nor (Norwegen) Re-Signalisierungs- und Digitalisierungsprogramm
- ProRail (Niederlande) ERTMS-Roll-out-Programm
- Network Rail (Großbritannien) Digital Railway Strategy auf den Streckenkorridoren Anglia, London North East, South East, Wessex und Western einschließlich ETCS und ATO (Automatic Train Operation).

Bei der DB Netz AG beinhaltet das Digitale-Schiene-Deutschland-Programm unter anderem den Digitalen Knoten Stuttgart, wo ETCS L3 Hybrid für den verdichteten Betrieb von S-Bahn und Regionalbahntriebzügen betrachtet wird.

ETCS L3 wird auch im DB Living Lab auf der Teststrecke Annaberg-Buchholz – Schwarzenberg ausgiebig getestet. Hier erfolgte im September 2018 die erste Fahrt unter ETCS L3 in Deutschland (Bild 5) [4].

9 Ausblick

Grundsätzlich ist der zukünftige flächendeckende Wechsel auf ETCS L3 die logische Fortsetzung einer ETCS-Ausrüstung. Sie ist die konsequente Fortsetzung des aktuellen ETCS L2oS-Roll-outs und steht mit diesem in keinem Widerspruch.

Die Fahrzeuge müssen dafür als Eigenschaft eine gesicherte Zugintegrität mitbringen, was bei den allermeisten Triebzügen und Personenzügen heute unproblematisch ist.

Der Wechsel auf ETCS L3 wird im ersten Schritt immer ein Wechsel auf ETCS L3 Hybrid sein und aufgrund der erheblich besseren Ausrüstbarkeit im Fehlerfall auch langfristig bleiben.

Sofern ein ETCS L2-System bereits vorhanden ist, könnte der Wechsel auf ETCS L3 ohne große Sprungkosten und bauliche Maßnahmen möglich sein. Insbesondere dann, wenn Entwickler von RBC und Stellwerk aus dem gleichen Hause kommen. Bei einem sofortigen Wechsel auf ETCS L3 ist der Sinn einer Trennung von RBC und Stellwerk nicht mehr gegeben. Das ETCS-Stellwerk ist die logische Konsequenz. ■

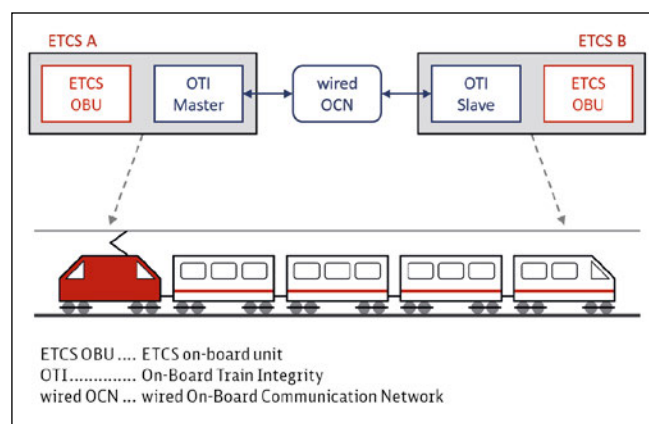


Bild 6: Mögliche Lösung für Zugintegrität lokbespannter Züge [3]

Fig. 6: A possible train integrity solution for locomotive-hauled trains [3]

Quelle / Source: Steil

LITERATUR | LITERATURE

- [1] European Railway Agency: UNISIG Subset - 026, Baseline 3.6.0, 13.05.2016, <http://www.era.europa.eu>
- [2] Kretschmer, E.; Kunze, M. D.: Ausrüstungsvarianten bei ETCS Level 3, Deine Bahn, Heft 11/2919
- [3] Steil, L.: Wirtschaftlichkeit der Hochrüstung von ETCS Level 2 auf ETCS Hybrid Level 3, Diplomarbeit TU Dresden, 14.09.2020
- [4] Gao, D.: Signaltechnische Betrachtungen für die Ausrüstung mit ETCS Level 3 am Beispiel der Pilotstrecke Annaberg-Buchholz–Schwarzenberg, Masterarbeit TU Dresden, 05.02.2019
- [5] Quaas, T.: Hochrüstung von ETCS Level 2 auf Level 3, Bachelorarbeit BBW Hochschule Berlin, 10.02.2020
- [6] UIC: ERTMS Regional in UIC eNews Nr 308 12.09.2012, https://www.uic.org/com/enews/nr/308/article/ertms-regional?page=thickbox_enews, 31.03.2021 12:00 Uhr
- [7] ERTMS Users Group (Hrsg.): Level 3, <https://ertms.be/workgroups/level3>, 31.03.2021 12:10 Uhr
- [8] ERTMS Users Group (Hrsg.): Ref 16E042 Hybrid ERTMS/ETCS Level 3 Principles Version 1D 15.10.2020, http://www.ertms.be/sites/default/files/2018-03/16E0421A_HL3.pdf, 08.04.2021 12:00
- [9] Furness, N.; van Houten, H.; Arenas, L.; Bartholomeus, M.: ERTMS Level 3: The Game-Changer, IRSE News 232, April 2017

AUTOREN | AUTHORS

Markus Kuttig-Trölenberg

Planung Karlsruhe, Stabsstelle Grundsätze Ausrüstungstechnik /
Design Karlsruhe, Management Support Unit Electromechanical Engineering
Principles

DB Engineering & Consulting GmbH

Anschrift / Address: Hinterm Hauptbahnhof 5, D-76137 Karlsruhe

E-Mail markus.kuttig-troelenberg@deutschebahn.com

Dr. Jörg Schurig

Fachlicher Leiter Ausrüstungstechnik, Planung Leipzig und Dresden /
Technical Manager Electromechanical Engineering,
Design Leipzig and Dresden

DB Engineering & Consulting GmbH

Anschrift / Address: Nossener Brücke 8, D-01187 Dresden

E-Mail joerg.j.schurig@deutschebahn.com

Raimo Koch

Senior Consultant Bahntechnik / Senior Consultant Rail Systems
International Engineering

DB Engineering & Consulting GmbH

Anschrift / Address: Saonestraße 3, 60528 D-Frankfurt am Main

E-Mail raimo.r.koch@deutschebahn.com

Erstes ETCS-Projekt bei einer NE

The first ETCS project at an NE

Tobias Mücke | Michael Krah

Die Einführung von ETCS (European Train Control System) als einheitliches europäisches Zugsicherungssystem schreitet fahrzeug- als auch infrastruktureitig voran. In Deutschland setzt die DB Netz AG als Betreiber der Infrastruktur der Eisenbahnen des Bundes die ETCS-Ausrüstungsvarianten ETCS Level 1 Limited Supervision (L1 LS) (als „ETCS signalgeführt“) sowie ETCS Level 2 (L2) um. Im Bereich der Nichtbundeseigenen Eisenbahnen (NE) existiert dagegen bisher noch keine Umsetzung. Als erste NE in Deutschland hat die Norddeutsche Eisenbahngesellschaft Niebüll GmbH (neg) ein ETCS-Ausrüstungsprojekt gestartet. Ziel ist die Umsetzung von ETCS Level 1 Full Supervision (L1 FS). Einblick in ein spannendes Erstanwendungsprojekt.

1 Einführung

1.1 Vorstellung neg und Strecke 1201

Die neg ist ein mittelständisch strukturiertes Unternehmen und gehört zu den Nichtbundeseigenen Eisenbahnen (NE). Sowohl als Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) als auch als Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) betreibt die neg Verkehre und Strecken des untergeordneten Netzes in Schleswig-Holstein (Bild 1). Darunter fällt auch die Strecke 1201 Niebüll – Tønder. Die neg betreibt hier als EIU den deutschen Anteil der Strecke. Die Strecke unterliegt dabei der Verwaltung zweier weiterer Infrastrukturbetreiber: der DB Netz AG und der Banedanmark. Alle drei EIU haben sich im Rahmen eines Infrastrukturverknüpfungsvertrags zur Ko-

The introduction of ETCS (European Train Control System) is progressing both on-board and trackside. In Germany, DB Netz AG, the manager of the federal railway infrastructure, is implementing the ETCS Level 1 Limited Supervision (L1 LS) (as “ETCS signalgeführt”) and ETCS Level 2 (L2) variants. By contrast, there has been no implementation to date in the area of non-federally owned railways (German abbreviation: NE). Norddeutsche Eisenbahngesellschaft Niebüll GmbH (neg) is the first NE in Germany to launch an ETCS project. The aim is to implement ETCS Level 1 Full Supervision (L1 FS). This article provides insight into an exciting first application project.

1 Introduction

1.1 Introducing neg and the 1201 line

Neg is a medium-sized company and one of the non-federally owned railways (NE). As both a railway undertaking and a railway infrastructure manager, neg operates services and lines in the secondary network in Schleswig-Holstein (fig. 1). This also includes the 1201 Niebüll – Tønder line. Neg operates the German part of this line as the railway infrastructure manager. The line is also under the management of two further infrastructure managers: DB Netz AG and Banedanmark. All three have undertaken to cooperate within the framework of an infrastructure linkage contract. Arriva Tog A/S trains have been operating on the line in cooperation with neg since 2010.

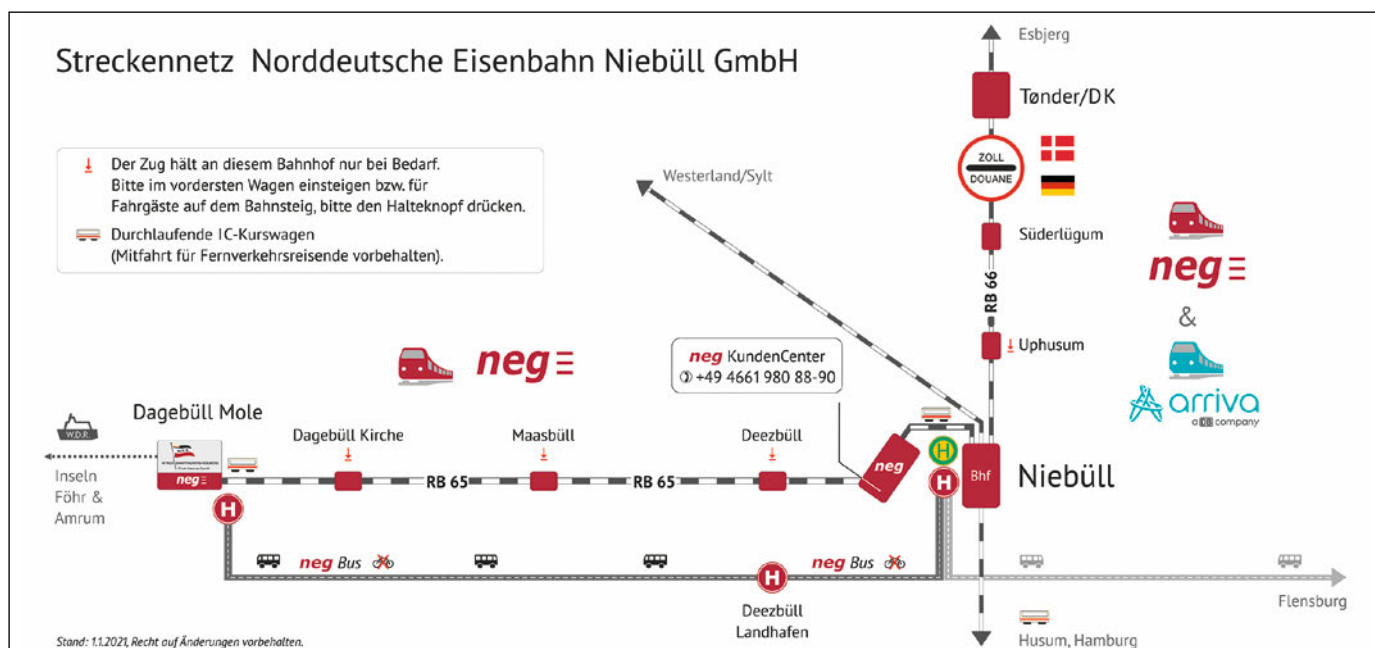


Bild 1: Streckennetz neg in Nordfriesland mit Strecke 1201 Niebüll – Tønder [1]

Fig. 1: The neg rail network in North Friesland with the 1201 Niebüll – Tønder line [1]

Quelle / Source: Signon

operation verpflichtet. Seit 2010 verkehren dort Triebwagen der Arriva Tog A/S in Kooperation mit der neg.

Die Strecke ist eingleisig und bis auf zahlreiche Bahnübergänge (BÜ) durch einfache Verhältnisse geprägt. Zwischen den Bahnhöfen Niebüll und Tønder existieren derzeit nur Haltepunkte und in Süderlügum eine Ausweichanschlussstelle. Die Zugbeeinflussungssysteme PZB (Punktförmige Zugbeeinflussung) und ZUB 123 (auch Automatic Train Control – ATC genannt) sind aktuell streckenseitig installiert. Die hauptsächlich verkehrenden Nahverkehrstriebwagen verfügen gegenwärtig ausschließlich über ein entsprechendes ATC-Fahrzeuggerät bzw. wurden mit ETCS-Bordgeräten (inkl. ZUB-123-STM) ausgerüstet.

Zugfunk ist auf der Strecke als GSM-R ausgeprägt, wobei vereinbarungsgemäß das dänische Netz überlappend bis zum Bahnhof Niebüll DB reicht und somit den neg-Streckenabschnitt einbezieht. Aufgrund nationaler Regelungen betreiben NE in der BRD bislang kein eigenständiges GSM-R-Funknetz.

Zu überregionaler Bedeutung gelangt die Strecke bei Sperrungen der Grenzbetriebsstrecke Flensburg – Padborg und entsprechenden Umleiter(güter)zügen.

1.2 Ausbaurahmen – Motivation für ETCS-Einführung

Derzeit läuft ein Planfeststellungsverfahren für einen Streckenausbau auf eine durchgehende Geschwindigkeit von 120 km/h (derzeit sind 80 km/h zulässig). Hierfür müssen unter anderem einige nicht-technisch gesicherte BÜ technisch nachgerüstet und der Bremswegabstand von gegenwärtig 400 m auf 700 m angehoben werden. Zudem soll die Ausweichanschlussstelle Süderlügum zu einem Bahnhof mit eigenem elektronischem Stellwerk (ESTW) ausgebaut werden.

Vor dem Hintergrund künftiger Interoperabilitätsanforderungen und der Tatsache, dass im dänischen Staatsbahnnetz eine vollständige ETCS-Ausrüstung bis 2030 geplant ist, soll im Zuge des Streckenausbaus die derzeit vorhandene ZUB-123-Streckenausrüstung durch eine ETCS-Ausrüstung ersetzt werden.

Nachdem die neg bereits im Jahre 2018 eine Planung auf Basis der DB-Richtlinie 819.1348 („ETCS signalgeführt“) [2] in Auftrag gegeben hatte, stellte sich im Projektverlauf heraus, dass die Anwendungsfälle des DB-Regelwerks nur eingeschränkt zur Betriebsführung der neg passen. Zudem besteht die Notwendigkeit, zu den Planungsregeln ein eigenes Lastenheft erarbeitet zu haben. So wurde gemeinsam mit der Landeseisenbahnaufsicht (LEA) beschlossen, eine eigene ETCS-Ausrüstungsvariante zu schaffen. Entsprechend den Vorgaben der VDV-Schrift 334 [3] forderte die LEA hierfür ein technisch-funktionales Lastenheft.

Die neg beauftragte die Signon Deutschland GmbH mit der Erstellung eines solchen Lastenhefts und im weiteren Verlauf des Projekts mit der Beratung bzgl. prozessualer und technischer Themen.

2 Umsetzung ETCS bei der neg

2.1 Grundlagen und Abgrenzung

Die Einführung von ETCS erfolgt nach den europäischen Vorgaben der TSI ZSS [4]. Angewendet werden soll die Spezifikationsgruppe #2, d. h. die SRS-Version 3.4.0 [5]. Dies ist aktuell auch die durch die Nachbarinfrastrukturbetreiber gewählte SRS-Version für ihre jeweilige zukünftige ETCS-Ausrüstung sowie die Standard-Fahrzeugausrüstungsversion der auf der Strecke verkehrenden Nahverkehrstriebwagen vom Typ LINT41.

Gegenwärtig ist die Strecke – wie bereits beschrieben – neben der klassischen PZB mit dem dänischen Zugbeeinflussungssystem ZUB 123 ausgerüstet, das punktförmig wirkt und teilweise eine Führer-

The line is a single track and, apart from numerous level crossings, is characterised by simple conditions. There are currently only stops and a shut-in siding in Süderlügum between the Niebüll and Tønder stations. The PZB and ZUB 123 (also called ATC) automatic train protection systems have currently been installed trackside. The local railcars which mainly run on this line currently only have a corresponding on-board ATC device or have been equipped with on-board ETCS units (including ZUB 123 STM).

The railway mobile communication system on the line is GSM-R, whereby the Danish network overlaps up to the Niebüll DB station according to an agreement and thus includes the neg section of the line. Due to national regulations, NE do not yet operate an independent GSM-R radio network in Germany.

The line gains transregional importance whenever the Flensburg – Padborg border line is closed and the corresponding (freight) trains are diverted.

1.2 The development project – motivation for the introduction of ETCS

A design approval procedure is currently under way in order to upgrade the line to a continuous speed of 120 km/h (80 km/h is currently permitted). This will require, among other things, the performance of a technical upgrade on some of the level crossings that are currently without technical protection and increasing the braking distance from the current 400 m to 700 m. In addition, the Süderlügum shut-in siding is to be upgraded to a station with its own electronic interlocking (ESTW).

Against the background of future interoperability requirements and the fact that the Danish railway network plans to fully implement ETCS by 2030, the intention is for the currently existing ZUB 123 line equipment to be replaced with ETCS equipment over the course of the development project.

After neg had commissioned a basic design based on DB Guideline 819.1348 („ETCS signalgeführt“) [2] in 2018, it became apparent during the course of the project that the DB regulations' application cases only suit neg's operating management to a limited extent. It will also be necessary to develop a separate set of specifications for the design rules. The decision to create a separate ETCS equipment variant was therefore taken together with the Landeseisenbahnaufsicht (LEA). The LEA requested technical and functional specifications for this in accordance with the requirements of VDV 334 [3].

Neg commissioned Signon Deutschland GmbH to draw up these specifications and to provide consulting on process-related and technical aspects throughout the course of the project.

2 Implementing ETCS at neg

2.1 The basics and boundaries

ETCS will be introduced in accordance with the European TSI CCS [4]. Set of specifications 2 will be used, i.e. SRS version 3.4.0 [5]. This is also the SRS version currently chosen by the neighbouring infrastructure managers for their future ETCS equipment, as well as the standard vehicle equipment version of the LINT41 local railcars running on the line.

As already described, the line is currently equipped with the Danish ZUB 123 ATP system, which works via trackside transponders and enables partial cab signalling, in addition to the classic PZB. The ETCS equipment will be implemented as L1 equipment in order to enable similar technical and operating boundary conditions to be built on in the future. Normal operations will take place in Full Supervision (FS) mode.

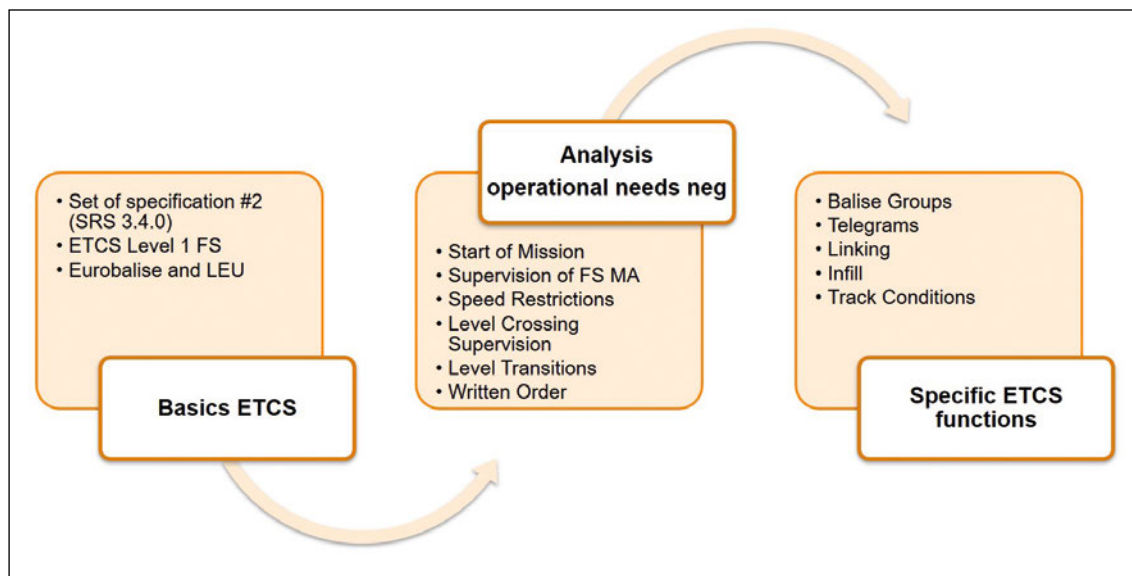


Bild 2: Schematische Darstellung Erstellung ETCS-Lastenheft

Fig. 2: A schematic representation of the creation of the ETCS specifications

Quelle / Source: eigene Darstellung / own illustration

standsinalisierung ermöglicht. Um zukünftig auf ähnlichen technischen und betrieblichen Randbedingungen aufsetzen zu können, soll die ETCS-Ausrüstung als L1-Ausrüstung umgesetzt werden. Der Regelbetrieb soll in der Betriebsart Full Supervision (FS) erfolgen. Streckenseitig kommen die ETCS-Komponenten Eurobalise und Lineside Electronic Unit (LEU) zum Einsatz. Euroloop und Radio-Infill werden nicht angewendet, da Aufwand und Nutzen für die einfachen betrieblichen Verhältnisse der auszurüstenden Strecke in keinem sinnvollen Verhältnis stehen.

Die vorhandene ZUB-123-Streckenausrüstung wird künftig entfallen, denn perspektivisch ist deren generelle Ablösung im Netz von Banedanmark geplant. Die Strecke bleibt jedoch weiterhin mit PZB 90 ausgerüstet, um Zugfahrten ohne ETCS von Niebüll zum neuen Bahnhof Süderlügum zu ermöglichen.

Als Besonderheiten sind zu erwähnen, dass der Bahnhof Niebüll zum Netz der DB gehört und somit den Regeln für Hauptbahnen und Eisenbahnen des Bundes unterliegt. Wie bereits im Zusammenhang mit der dortigen Installation der ZUB-123-Streckenausrüstung, sind entsprechende Ausnahmeverfahren erforderlich, um die beabsichtigte Lösung zu legitimieren. Zum anderen besteht an der Staatsgrenze eine Schnittstelle zum dänischen Infrastrukturbetreiber Banedanmark, der bis zum mittelfristigen Streckenausbau auf dänischer Seite die dortige teilweise Ausrüstung mit ZUB 123 beibehalten wird. Demzufolge muss an der Infrastrukturgrenze eine Transition vom bzw. zum dänischen System erfolgen.

2.2 Analyse Betriebsfälle und Ausarbeitung Lastenheft

Da es sich um ein spezifisches technisches Lastenheft handelt, welches ausschließlich auf benannter Strecke zur Anwendung kommen soll, war zunächst eine Analyse der relevanten Betriebsfälle erforderlich. Nachdem diese identifiziert wurden, fand anschließend die Untersuchung der technischen Umsetzbarkeit mittels ETCS L1 statt.

Identifiziert wurden folgende Betriebsfälle:

- Zulassung einer Zugfahrt auf Hauptsignal (mit mehreren Teilfunktionen)
- Zulassung einer Zugfahrt mit besonderem Auftrag
- Beginn einer Zugfahrt (allgemein)
- Beginn einer Zugfahrt am Bahnsteig und Anfahren gegen Halt absichern

Eurobalise and Lineside Electronic Unit (LEU) ETCS components will be used trackside. Euroloop and Radio Infill will not be used, as there is no reasonable cost to benefit ratio due to the simple operational conditions on the line.

The existing ZUB 123 trackside equipment will no longer be required in the future, as Banedanmark is planning to replace it in its network. However, the line will continue to be equipped with PZB 90 in order to allow train movements without ETCS from Niebüll to the new Süderlügum station.

Special aspects that should be mentioned include the fact that the Niebüll station belongs to the DB network and is therefore subject to the regulations for main lines and German federal government railways. Suitable derogation procedures are required to legitimise the intended solution, as is already the case with regard to the installation of ZUB 123 trackside equipment there. On the other hand, there is also an interface at the national border with the Danish infrastructure manager Banedanmark that will maintain some ZUB 123 equipment there until the line is extended on the Danish side in the medium term. Consequently, a transition from / to the Danish system will have to take place at the infrastructure border.

2.2 Analysis of the operational use cases and preparation of the specifications

It was first necessary to analyse the relevant operational use cases, as this involves specific technical specifications that have to be applied exclusively on the named line. Once these had been identified, the technical feasibility of using ETCS L1 was then investigated.

The following use cases were identified:

- the authorisation of a train movement at a main signal (with several partial functions)
- the authorisation of a train movement with a special purpose
- the start of a train movement (in general)
- the start of a train movement at a platform and protecting the starting movement towards a stopping signal
- supervision of speed restriction areas
- supervision of level crossings
- the transitions from / to Level NTC (PZB and / or ZUB 123).

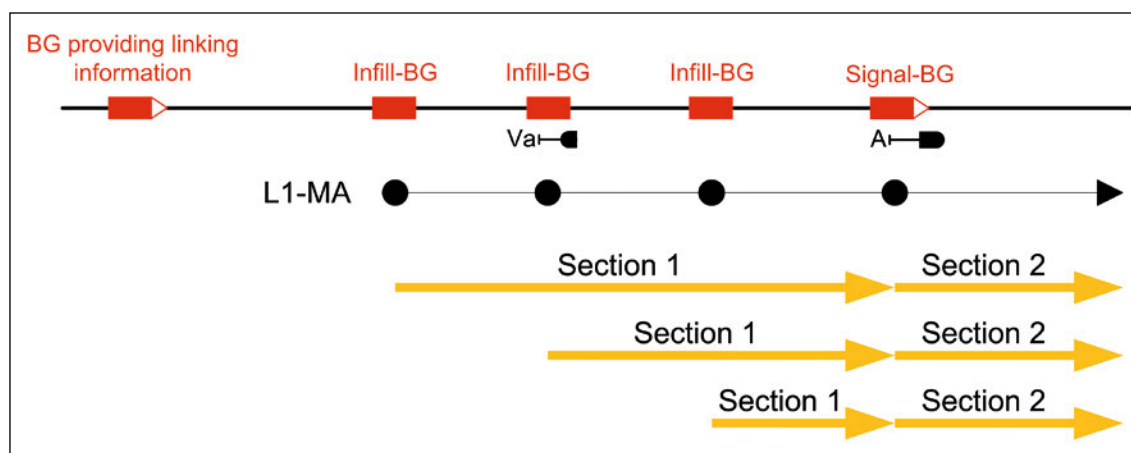
Technical solution variants were developed in close coordination with the operational and technical conditions at neg and

Bild 3: Prinzip der Infill-BG

Fig. 3: The principle of the Infill BG

Quelle / Source: eigene

Darstellung / own illustration



- Sicherung von Langsamfahrstellen
- Sicherung von BÜ
- Transitionen von / nach Level NTC (National Train Control – PZB und / oder ZUB 123).

In enger Abstimmung mit den betrieblichen und technischen Gegebenheiten bei der neg wurden technische Lösungsvarianten erarbeitet, die anschließend gemeinsam diskutiert wurden. Die Ergebnisse flossen schließlich in das Lastenheft ein (Bild 2).

Aufgrund des simplen Betriebsregimes konnte hier auf einen großen Teil sonst üblicher Systemfunktionen verzichtet werden und somit die Komplexität der Spezifikation deutlich reduziert werden. Das anzustrebende funktionale Sicherheitsniveau orientiert sich hierbei an den Referenzsystemen PZB 90 und ZUB 123.

2.3 Systemkonzeption

Zugfahrten unter ETCS sollen künftig in L1 Betriebsart FS stattfinden. Die Zulassung der Zugfahrten erfolgt durch Hauptsignale an der Strecke. Die Erteilung der Fahrerlaubnis wird durch dort befindliche Hauptsignalbalisengruppen realisiert. Eine solche Balisengruppe übermittelt eine Movement Authority (MA) grundsätzlich bis zum nächsten Signal. Die MA zum Passieren des folgenden Signals wird rechtzeitig durch Infill-Balisengruppen übermittelt (Bild 3). Die Standorte dieser Balisengruppen sind auf die spezifischen örtlichen und bremstechnischen Gegebenheiten angepasst worden.

Mit der L1-MA werden neben der eigentlichen MA alle relevanten Streckeneigenschaften über das statische Geschwindigkeitsprofil und das Neigungsprofil übertragen. Zudem sind alle Balisengruppen untereinander verlinkt. Diese grundlegenden ETCS-Systemfunktionen tragen dazu bei, eine möglichst genaue Überwachung der Fahrt und letztendlich der Bremskurven zu gewährleisten. Die Konsequenz dieses Ansatzes ist, dass die Projektierung der entsprechenden ETCS-Parameter genau und spezifisch sein muss. Aufgrund der klar abgrenzbaren Infrastruktur wird der Aufwand hierfür jedoch als beherrschbar eingeschätzt.

Die Außensignale auf der Strecke bleiben auch im Zielzustand erhalten, um eine PZB-geführte Fahrt von Niebüll nach Süderlügum durchführen zu können. Somit können zwischen ETCS L1 FS mit Führerstandssignalisierung und den nicht dunkel zu schaltenden Außensignalen Signalisierungswidersprüche entstehen. Aus diesem Grund müssen entsprechende betriebliche (ETCS-)Regeln getroffen werden, wobei die Führerstandssignalisierung als grundsätzlich maßgebend anzusehen ist.

In der Rückfallebene sind Zugfahrten in Betriebsart Staff Responsible möglich. Dafür wurde die Prozedur „Override“ berücksichtigt. Weitere umgesetzte Funktionen sind die Berücksichtigung

then jointly discussed. The results were then incorporated into the specifications (fig. 2).

The simple operational regime made it possible to dispense with a large part of the usual system functions there, thereby significantly reducing the complexity of the specifications. The required functional safety level is based on the PZB 90 and ZUB 123 reference systems.

2.3 The system concept

In the future, train movements under ETCS will take place in L1 FS mode. Train movements will be authorised by main signals on the line. Movement Authorities (MA) will be issued by the balise groups located at the main signals. Each such balise group will generally transmit an MA up to the next signal. The MA to pass the following signal will be transmitted in good time by the infill balise groups (fig. 3). The locations of these balise groups have been adapted to the specific local and technical braking conditions.

A L1 MA transmits all the relevant track characteristics via the static speed profile and the gradient profile in addition to the actual MA. Moreover, all the balise groups are linked to each other. These basic ETCS system functions help to ensure the most accurate supervision of the movement and ultimately the braking curves. As a consequence of this approach, the project design of the corresponding ETCS parameters needs to be precise and specific. However, the clearly definable infrastructure means that the associated costs are deemed to be manageable.

The light signals on the line also remain in the target state to enable them to carry out PZB-supervised train movements from Niebüll to Süderlügum. Discrepancies between ETCS L1 FS with cab signalling and the lineside signals can therefore arise. For this reason, appropriate operational (ETCS) rules must be adopted, whereby the cab signalling should generally be regarded as mandatory.

Train movements in the Staff Responsible mode are possible in fallback situations. The “Override” procedure has been taken into account for this purpose. Further implemented functions involve consideration of large metal masses, as well as level crossing supervision. Level crossing supervision poses a special challenge here. The approach regarding equipment has to take into account the large number of level crossings covered by supervision signals and corresponding special features such as coupled and multiple level crossings – in some cases also combined with supervision signal repeaters.

großer Metallmassen sowie die BÜ-Überwachung. Die BÜ-Überwachung stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. Die Vielzahl an mittels Überwachungssignal gedeckten BÜ und entsprechende Besonderheiten wie beispielsweise gekoppelte Bahnübergangssicherungsanlagen (BÜSA) und BÜ-BÜ-Ketten – zum Teil zusätzlich in Kombination mit ÜS-Wiederholern – müssen für den Ausrüstungsansatz berücksichtigt werden.

Nicht benötigt und somit nicht genutzt werden dagegen beispielsweise Funktionen im Zusammenhang mit Ersatzsignalen, OS-Mode-Profil oder Repositioning. Die Komplexität des Lastenhefts konnte somit geringgehalten werden.

3 Herausforderungen und Besonderheiten

3.1 Europäische und nationale Zulassung

Da die neg das erste nichtbundeseigene Infrastrukturunternehmen ist, das ETCS einführen möchte, liegt es in der Natur der Sache, dass neben der technischen Premiere auch prozessual Neuland betreten wird und somit umfangreiche Abstimmungen aller Beteiligten erfolgen müssen.

Aufgrund der einfachen betrieblichen Verhältnisse und des spezifischen auszurüstenden Bereichs wird zunächst für das ETCS-Lastenheft das nationale Zulassungsverfahren nach VDV-Schrift 334 angestrebt. Abstimmungen hierzu liefen bei Redaktionsschluss noch.

Weiterhin sind Abstimmungen mit den nationalen Sicherheitsbehörden und ggf. mit der Europäischen Eisenbahnagentur (ERA) notwendig, um die mit der ETCS-Implementierung in Verbindung stehenden europäischen Verfahren geeignet durchlaufen zu können. Dazu könnten u. a. das ERTMS Trackside Approval und die EG-Prüfung des streckenseitigen Teilsystems ZZS zählen, für welche das ETCS-Lastenheft jeweils ein Eingangsdokument darstellt.

3.2 ETCS-ID-Management

Als spezielles Teilproblem der ETCS-Implementierung ist die Vermittlung bzw. Zuteilung der Balisenadressen zu nennen. Die Zuteilung der Bereichsbezeichner NID_C und der Balisenadressen NID_BG erfolgte bislang ausschließlich innerhalb der DB Netz AG über die Konzernrichtlinie 819.1303 [6]. Eine übergeordnete Regelung für alle deutschen Infrastrukturbetreiber existiert bislang nicht.

Aus diesem Grund wurde eine Regelung mit der DB Netz AG getroffen, entsprechende Adressen für den überschaubaren Planungsumfang der neg zu reservieren.

Über die Arbeitsgruppe ETCS des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) ist nun angestoßen worden, zukünftig die Zuteilung entsprechender ID auf nationaler Ebene durch eine festzulegende übergeordnete Stelle zu regeln.

3.3 Schnittstelle DB Netz AG

Da die derzeit verkehrenden Triebwagen der Linie Niebüll – Tønder – Esbjerg über keine PZB-Ausrüstung verfügen, wurde die gesamte Strecke ab 2011 mit dem dänischen System ZUB 123 ausgerüstet. Um mit Zugbeeinflussung abgesicherte Ein- und Ausfahrten im Bahnhof Niebüll (DB-Infrastruktur) zu ermöglichen, wurde damals mittels UiG / ZiE-Antrag (Unternehmensinterne Genehmigung / Zustimmung im Einzelfall) die Ausrüstung der Ein- und Ausfahrten nach bzw. von Gleis 4 des Bahnhofs Niebüll mit ZUB-123-Koppelpulen realisiert. Der Vorteil der bestehenden Infrastruktur ist, dass hier klare technische Abgrenzungen möglich sind, da von bzw. nach anderen Bahnhofsgleisen stellwerksseitig keine Zugstraßen eingerichtet sind.

Die künftige ETCS-Ausrüstung muss mangels PZB-Ausrüstung der Nahverkehrstriebwagen ebenso in den Bahnhof Niebüll, also auf DB-

By contrast, functions related to subsidiary signals, OS mode profiles and repositioning, for example, are not needed and have therefore not been used. This has therefore made it possible to keep the complexity of the specifications to a minimum.

3 Challenges and special aspects

3.1 European and national approval

As neg is the first non-federally owned infrastructure company that intends to introduce ETCS, it is in the nature of things that, in addition to this being a technical first, it is also new territory in terms of the processes and so will require the extensive coordination of all the parties involved.

Due to the simple operational conditions and the specific area to be equipped, the national approval procedure according to VDV Specification 334 will initially be pursued for the neg ETCS specifications. Coordination on this was still under way at the time of going to press.

Furthermore, coordination with the national safety authorities and, if necessary, with the European Union Agency for Railways (ERA) will be necessary in order to be able to complete the European procedures associated with the ETCS implementation in a proper manner. This could include the ERTMS Trackside Approval and the EC verification of the trackside CCS subsystem, for each of which the neg ETCS specifications are an input document.

3.2 ETCS ID Management

A particular sub-problem in ETCS implementation involves the mediation and/or allocation of the balise addresses. The allocation of the NID_C identity number of the country or region and the NID_BG balise addresses has so far been carried out exclusively within DB Netz AG using Ril 819.1303 [6]. As yet, there is no overarching regulation for all German infrastructure operators.

For this reason, an arrangement has been made with DB Netz AG to reserve any suitable addresses for foreseeable scope of the neg design.

The ETCS working group at the Association of German Transport Undertakings (VDV) has now proposed the allocation of corresponding IDs at a national level by a superordinate body that is to be defined.

3.3 The interface with DB Netz AG

The entire line has been equipped with the Danish ZUB 123 system since 2011, because the current railcars on the Niebüll – Tønder – Esbjerg line do not have PZB equipment. In order to enable train protection for the entries and exits at the Niebüll station (DB infrastructure), the entries and exits to and from Track 4 of the Niebüll station were equipped with ZUB 123 transponders at that time by means of a UiG / ZiE application. The advantage of the existing infrastructure lies in the fact that it enables clear technical demarcations to be made, as no train routes are established from and/or to other station tracks by the interlocking.

The future ETCS equipment must also extend into the Niebüll station, i.e. onto the DB infrastructure, due to the lack of PZB equipment on the local railcars. The equipment and the supervision functions behind this are based on the existing situation with ZUB 123. Further coordination with the responsible departments at DB Netz AG is also planned to this end.

Infrastruktur, reichen. Dabei orientieren sich die Ausrüstung und auch die dahinterstehenden Überwachungsfunktionen an der Bestandssituation mit ZUB 123. Hierfür sind ebenfalls weitere Abstimmungen mit den verantwortlichen Stellen bei der DB Netz AG vorgesehen.

3.4 Grenzübergang DK

Eine weitere Besonderheit stellt die Infrastrukturgrenze zum Netz der Banedanmark dar. Bis zu einem mittelfristigen Ausbau der Strecke, bei dem diese entsprechend dem dänischen ETCS-Umsetzungsplan mit L2 ohne Lichtsignale ausgerüstet werden soll, verbleibt die Strecke im Bestand mit einer vereinfachten Teilausrüstung ZUB 123. Demzufolge müssen an der Infrastrukturgrenze Transitionen zwischen ETCS L1 und ETCS Level NTC (ZUB 123) realisiert werden, bevor auf ETCS L2 umgestellt wird. Die technischen Lösungsansätze sind hier bereits erarbeitet worden und müssen, wie auch die Ausrüstung im Bahnhof Niebüll, mit den benachbarten Infrastrukturbetreibern in einer aktualisierten Infrastrukturverknüpfungsvereinbarung festgehalten werden.

Für den perspektivisch vorgesehenen Ausbau mit ETCS L2 ist die Schnittstelle zwischen den Infrastrukturen entsprechend anzupassen. Es ist vorgesehen, ein technisches Konzept in enger Abstimmung mit den dänischen Kollegen zu erarbeiten, welches die dann gegebenen konkreten Randbedingungen detailliert berücksichtigt.

4 Ausblick

Das technisch-funktionale ETCS-Lastenheft der neg stellt nach erfolgreicher inhaltlicher Fertigstellung anschließend ein Eingangsdokument für die Zulassung der gesamten ETCS-Ausrüstung dar. Bezüglich der konkreten Vorgehensweise bedarf es enger Abstimmungen insbesondere mit LEA und Eisenbahn-Bundesamt (EBA), wie bereits oben im Text beschrieben. Das hierbei letztendlich gewählte Vorgehen kann dann die Basis für ein generell einheitliches Vorgehen für NE-Bahnen bei der Zulassung von ETCS bilden. Der laufende Prozess wird auch seitens des VDV verfolgt, da bereits weitere NE-Bahnen über eine ETCS-Ausrüstung nachdenken. In diesem Zusammenhang besteht beim VDV eine Arbeitsgruppe ETCS. Diese hat die Aufgabe, VDV-weite Prozesse und Regelwerke bzgl. ETCS bei NE zu erstellen und einzuführen. Ziel dabei ist es, eine generische ETCS-Systemkonzeption (Lastenheft und weiteres Planungsregelwerk) für NE-Bahnen zu schaffen und in der Konsequenz auch Zulassungsprozesse inkl. Rollen und Zuständigkeiten zu etablieren.

Die neg und die Signon Deutschland GmbH haben mit der Erstellung des ersten Lastenhefts für ETCS L1 FS bei NE in Deutschland in einem spannenden und lösungsorientierten Projekt eine richtungsweisende Grundlage geschaffen, welche in naher Zukunft hoffentlich weiter generisch fortgeführt wird. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Norddeutsche Eisenbahngesellschaft Niebüll GmbH (neg)
- [2] Ril 819.1348: Grundsätze zur Erstellung der Ausführungsplanung für ETCS signalgeführt, Version 1.4 (Entwurf)
- [3] VDV Schriften: 334 – SIG RZA-NE, Richtlinie für die Zulassung und Abnahme von Bahnsignalanlagen bei Nichtbundeseigenen Eisenbahnen (NE)
- [4] Verordnung (EU) 2016/919 der Kommission, 27. Mai 2016, in Verbindung mit (EU) 2019/776 und (EU) 2020/387
- [5] Subset-026, Version 3.4.0, System Requirements Specification, 12.05.2014
- [6] Ril 819.1303: Adressen von ETCS-Komponenten; Grundsätze, Vergabe, Planunterlagen erstellen und prüfen

3.4 The DK border crossing

Another special characteristic involves the infrastructure border to the Banedanmark rail network. The line will remain as is with simplified ZUB 123 equipment until it is upgraded in the medium term, when it will be equipped with ETCS L2 without any light signals in accordance with the Danish ETCS implementation plan. Consequently, transitions between ETCS L1 and ETCS Level NTC (ZUB 123) have to be implemented at the infrastructure border before converting to ETCS L2. The technical approaches have already been worked out there and, like the equipment at the Niebüll station, will have to be defined with the neighbouring infrastructure manager in an updated infrastructure linkage agreement.

The interface between the infrastructures must be adapted appropriately for the planned expansion with ETCS L2. The proposal is to develop a technical concept that will consider the specific conditions in detail in close coordination with our Danish colleagues.

4 Outlook

The technical and functional ETCS specifications created by neg will constitute an input document for the approval of all the ETCS equipment once it has been successfully completed in terms of content. Close coordination is required during the specific procedure, in particular with the LEA and Eisenbahn-Bundesamt (EBA), as has already been described in the text above. The procedure that is finally chosen can then form the basis for a generally standardised ETCS approval procedure for NE.

The ongoing process is also being followed by the VDV, as other NE are already considering ETCS. The VDV has already set up an ETCS working group within this context. Its task is to develop and introduce VDV-wide processes and regulations for ETCS on NE. The aim is to create a generic ETCS system concept (specifications and further design regulations) for NE and, as a consequence, to establish approval processes including roles and responsibilities.

With the creation of the first specification for ETCS L1 FS for NE in Germany, neg and Signon Deutschland GmbH have created a trend-setting basis in an exciting and solution-oriented project, which will hopefully be continued generically in the near future. ■

AUTOREN | AUTHORS

Dipl.-Ing. Tobias Mücke

Systemingenieur Train Control Systems /
Systems Engineer Train Control Systems
Signon Deutschland GmbH
Anschrift/Address: Berliner Straße 7, D-01067 Dresden
E-Mail: tobias.muecke@signon-group.com

Dipl.-Ing. Michael Krah

Fachgruppenleiter Train Control Systems /
Team Leader Train Control Systems
Signon Deutschland GmbH
Anschrift/Address: Berliner Straße 7, D-01067 Dresden
E-Mail: michael.krahl@signon-group.com

Digitale S-Bahn Hamburg – Erstmalige Realisierung von „ATO over ETCS“ in Deutschland

Digital S-Bahn Hamburg – Germany's first implementation of ATO over ETCS

Jan Schröder | Christoph Gonçalves Alpoim | Boris Dickgießer | Volker Knollmann

Im Jahr 2017 hat die Freie und Hansestadt Hamburg den Zuschlag für die Ausrichtung des ITS-Weltkongresses 2021 (ITS – Intelligent Transport Systems) erhalten. Vom 11. bis 15. Oktober treffen sich die Fachexperten und Interessierte in Hamburg. Im Rahmen des Kongresses gibt es eine Reihe an technischen Demonstrationen, wie z.B. das gemeinsame F&E-Projekt der Deutschen Bahn AG (DB) und Siemens Mobility, in dem das System „ATO over ETCS“ erstmalig bei einem Vollbahnsystem in Deutschland realisiert wurde und der Fachwelt präsentiert wird. Auf der 23 km langen Strecke vom Berliner Tor über Bergedorf nach Aumühle wird ETCS (ETCS – European Train Control System) und ATO (ATO – Automatic Train Operation) ausgerollt, dazu werden vier Fahrzeuge der S-Bahn Hamburg mit ETCS- und ATO-Komponenten ausgerüstet. Das Projekt firmiert unter dem Namen „Digitale S-Bahn Hamburg“ – kurz DSH – und hat zum Ziel, die Anwendung von „ATO over ETCS“ nicht nur technisch und betrieblich umzusetzen, sondern auch zur Zulassung zu bringen und somit das System erstmalig in Deutschland im regulären Fahrgastbetrieb einzusetzen. Für die S-Bahn Hamburg, für die Projektpartner Siemens und DB sowie auch für den gesamten Bahnsektor ist dies ein Meilenstein auf dem Weg zur Digitalen Schiene in Deutschland. Mit „ATO over ETCS“ wird es gelingen, einen wesentlichen Teil zur erforderlichen Kapazitätssteigerung beizutragen und eine verbesserte Stabilität und Qualität bei zugleich optimaler, energieeffizienter Fahrweise zu erreichen. Die Digitale S-Bahn Hamburg kann daher als Blaupause für weitere Projekte in Deutschland angesehen werden.

1 Anspruchsvolle Zielstellung

Die neue Technologie „ATO over ETCS“ soll im Rahmen des Pilotprojekts für zwei Hauptanwendungsfälle – dem hoch- und vollautomatisierten Bahnbetrieb – umgesetzt werden. Beim hochautomatisierten Betrieb übernimmt das ATO-System die Fahr- und Bremssteuerung der Züge. Der Triebfahrzeugführer (Tf) überwacht das System und greift bei Störungen ein. Darüber hinaus aktiviert bzw. deaktiviert er das ATO-System an der Systemgrenze zwischen digitalisiertem und konventionellem Betrieb.

Zusätzlich zum hochautomatisierten Betrieb wird an der Station Bergedorf eine vollautomatisierte Rangierfahrt realisiert. Dabei verkehrt das Fahrzeug vollautomatisch ohne Tf und ohne Fahrgäste vom Bahnsteig in das Kehrgleis und wird anschließend auch wieder vollautomatisch am Bahnsteig bereitgestellt (Erläuterung im Film [1]).

Ziel des Pilotprojekts ist es, wertvolle Erfahrungen für eine zukunftsweisende Ausrichtung für das komplexe Hamburger S-Bahn-System zu gewinnen und auch die europäischen Spezifi-

In 2017, the Free and Hanseatic City of Hamburg successfully outbid the competition to host the 2021 ITS World Congress (ITS – Intelligent Transport Systems). Industry experts and other interested parties from around the world will gather together in Hamburg from 11 to 15 October for this year's event, which will feature a series of technical demonstrations. The innovations set to be unveiled to the railway community include a joint R&D project by Deutsche Bahn AG (DB) and Siemens Mobility, which has seen the ATO over ETCS system implemented on a German mainline railway for the first time. ETCS (the European Train Control System) and ATO (Automatic Train Operation) will be rolled out on the 23 km long stretch from Berliner Tor to Aumühle via Bergedorf. To this end, four of Hamburg's S-Bahn (suburban rapid transit) vehicles will be fitted with ETCS and ATO components. The project goes by the name of "Digital S-Bahn Hamburg", or DSH for short, and aims not only to establish the technical and operating prerequisites for the use of ATO over ETCS, but also to secure approval for the new technology so that it can be deployed in regular passenger services in Germany for the first time. This represents a major milestone in the Digital Rail for Germany program for S-Bahn Hamburg, for the project partners Siemens and DB and indeed for the railway sector as a whole. ATO over ETCS will be instrumental in driving the necessary capacity expansion, while achieving enhanced stability and quality combined with optimum, energy-efficient driving. Digital S-Bahn Hamburg can therefore be seen as a blueprint for further projects in Germany.

1 An ambitious goal

The pilot project will implement the new ATO over ETCS technology for two main use cases: highly automated and fully automated railway operations. In highly automated operations, the ATO system controls the driving and braking of the trains. The train driver monitors the system and intervenes in the event of any disruptions or irregularities, as well as activating or deactivating the ATO system at the system boundary between the digitised and conventional operations.

In addition to the highly automated operations, fully automated shunting will also be implemented at the Bergedorf station. There, the vehicles will move fully automatically from the platform onto the reversal track and back to the platform again without a train driver or any passengers (watch the DSH project's explanatory video [1]).

The aim of the pilot project is to gather valuable experience to inform the future development of Hamburg's complex S-Bahn

Digital S-Bahn Hamburg

Pilot project for “Digital Rail Germany”: From 2021 onwards four trains of S-Bahn Hamburg will engage in highly automated driving on a track of 23 kilometers between stations Berliner Tor and Aumühle based on **ATO over ETCS** technology (1) and will be deployed in a fully automated manner at the station Bergedorf (2).

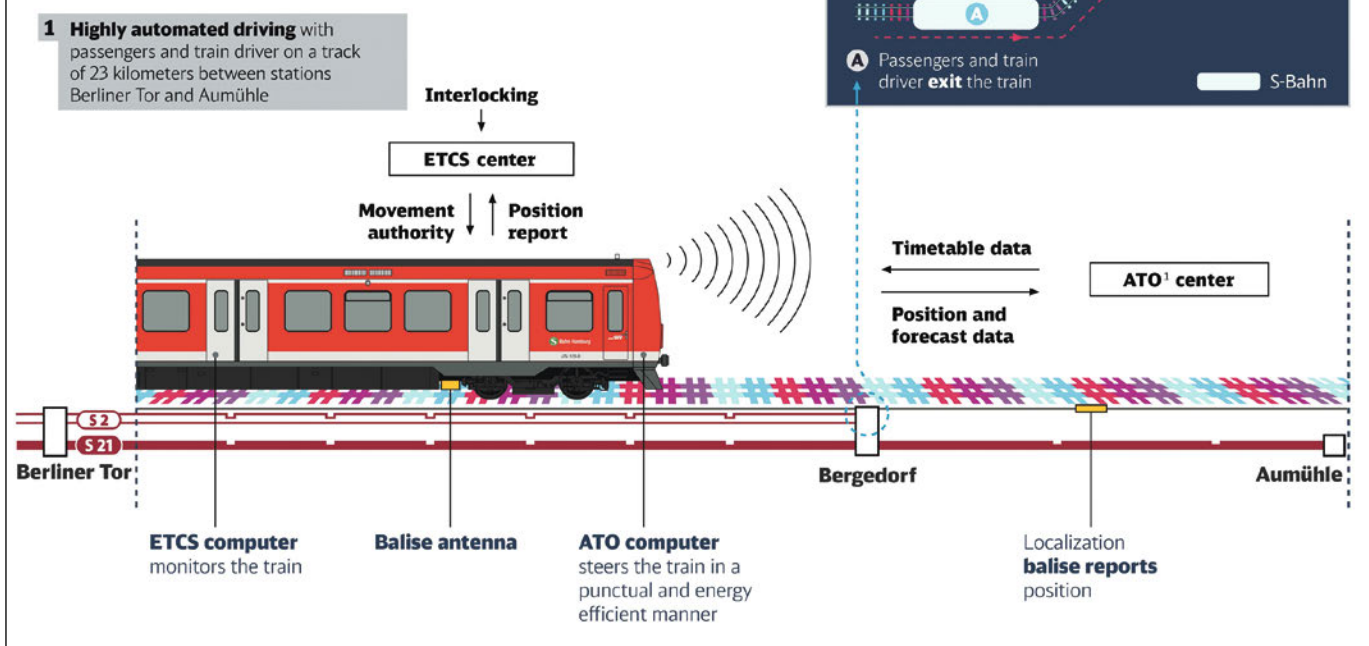


Bild 1: Infografik Projekt Digitale S-Bahn Hamburg

Fig. 1: Infographics of the Digital S-Bahn Hamburg project

Quelle / Source: Deutsche Bahn AG

kationen auf Anwendbarkeit im realen Betrieb zu validieren. Die gewonnenen Erkenntnisse werden bei der Modernisierung des Gesamtnetzes der Hamburger S-Bahn eingesetzt und tragen wesentlich dazu bei, die Leistungs- und Funktionsfähigkeit der eingesetzten Technologien sicherzustellen. Damit bildet das Pilotprojekt einen zentralen Wegweiser für den Einsatz dieser digitalen Technologien im Hamburger Nahverkehr.

Darüber hinaus werden in dem Projekt nicht nur der digitalisierte Bahnbetrieb für die S-Bahn Hamburg oder andere S-Bahnen pilotiert, sondern es wird auch die betriebliche, planerische und technische Basis für die Einführung von „ATO over ETCS“ im deutschen Schienennetz gelegt (Bild 1).

2 Gemeinsame Forschungs- und Entwicklungskooperation als Basis für den Projekterfolg

Ein innovativer Ansatz wurde auch bei der Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern gewählt. Das Projekt DSH ist eine Entwicklungskooperation zwischen der DB und Siemens Mobility. Das bedeutet, beide Projektpartner arbeiten in einer gemeinsamen Projektorganisation sehr eng miteinander zusammen. Projekthalte sind die Systementwicklung und Ausrüstung der Pilotstrecke und der Fahrzeuge mit den ETCS- und ATO-Systemkomponenten, die Anpassung der Fahrzeuge in Zusammenarbeit mit dem Fahrzeughersteller Bombardier, das Erstellen der Systemanforderungen wie Lasten- und Pflichtenhefte sowie die entsprechend anzupassenden betrieblichen Regelwerke für den Betrieb im deutschen Schienennetz.

system and also to validate the European specification in terms of its applicability to real-world operations. The findings will be used to modernise Hamburg's entire S-Bahn network and will make a major contribution to ensuring the performance and operability of the deployed technologies. The pilot project is therefore paving the way for the use of these digital technologies in Hamburg's regional transportation services.

As well as piloting digitised railway operations for the Hamburg S-Bahn or other S-Bahn networks, the pilot project is also laying the operating, planning and technical foundations for the roll-out of ATO over ETCS in the German railway network (fig. 1).

2 Research and development cooperation as the springboard for project success

Another innovative aspect of the project involves the nature of the collaboration between the project partners. The DSH project is based on development cooperation between DB and Siemens Mobility, which entails the project partners working hand in glove within a joint project organisation.

The project scope encompasses the development of the system and the fitting of the pilot track and the vehicles with the ETCS and ATO system components, the adaptation of the vehicles in conjunction with the vehicle manufacturer Bombardier, the compilation of the system requirements such as performance specifications and system design specifications and the adaptation of the operating rules and regulations for deploying the technology within the German railway network.

Die Zusammenarbeit in einer Entwicklungskooperation hat dabei viele Vorteile. So konnten die notwendigen technischen Spezifikationen in gemeinsamen Teams sehr effizient und trotz der äußerst anspruchsvollen Terminvorgaben termingerecht abgestimmt und erstellt werden. Beide Unternehmen können dabei ihre jeweiligen Kompetenzen optimal einbringen.

Agile Methodik und ein gemeinsames Projektbüro waren wichtige Faktoren, um 2018 ein hochmotiviertes gemeinsames Expertenteam in kürzester Zeit zu formen. Das Projektteam besteht heute aus ca. 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus beiden Unternehmen und konnte sich dank der guten Zusammenarbeit auch relativ leicht an die ab 2020 pandemiebedingt geänderten Bedingungen anpassen.

Aktuell konzentrieren sich die Aktivitäten auf die Zulassungs- und Genehmigungsaktivitäten sowie die umfassenden Feldtests vor Ort bei der S-Bahn Hamburg.

3 Hochautomatische Fahrt und vollautomatische Rangierfahrt mit ETCS, ATO und AVVO

Die technische Basis des hoch- und vollautomatisierten Bahnbetriebs bildet der von Shift2Rail entwickelte, kommende europäische Standard „ATO over ETCS“. Statt einer Neuentwicklung und konzeptionellen Neugestaltung der Systemarchitektur für einen automatisierten Bahnbetrieb haben sich DB und Siemens bewusst dazu entschieden, den kommenden europäischen Standard „ATO over ETCS“ als technische Systemarchitektur zugrunde zu legen, samt aller dazugehörigen funktionalen Beschreibungen und Schnittstellenspezifikationen. Die Vorteile liegen klar auf der Hand: Ein europäischer Standard ETCS lässt nicht nur einen interoperablen und transeuropäischen Eisenbahnverkehr zu, sondern ermöglicht anhand der standardisierten Schnittstellen auch einen offenen Komponentenwettbewerb.

3.1 ATO over ETCS

Die Grundidee von „ATO over ETCS“ besteht darin, eine konventionelle ETCS-Ausrüstung um Komponenten zur automatischen Steuerung des Zuges zu ergänzen. Diese Steuerungsaufgabe fällt primär dem ATO-Fahrzeuggerät zu, das basierend auf der gegenwärtigen Fahrplanlage und der Kenntnis des vorausliegenden Streckenabschnitts ein optimales Fahrprofil für den Zug errechnet und durch entsprechende Traktions- und Bremskommandos den Zug dann entlang des berechneten Fahrprofils führt. Die Informationen zum Fahrplan und zur Infrastruktur bekommt das ATO-Fahrzeuggerät über eine Funkschnittstelle vom ATO-Streckenserver, der die entsprechenden Daten vorhält und an alle ATO-Fahrzeuge in seinem Bereich verteilt.

Für einen derartig automatisierten Betrieb stellt ETCS die optimale Grundlage dar, denn im Gegensatz zu vielen nationalen Bestandsystemen (sogenannte Class-B-Systeme) basiert ETCS auf einer lückenlosen Überwachung der Fahrzeugbewegung mittels einer dynamisch berechneten und fortlaufend aktualisierten Bremskurve. Diese ETCS-Eigenschaft ist das sicherheitstechnische Grundgerüst von „ATO over ETCS“: Solange die Geschwindigkeitsregelung der ATO die ETCS-Bremskurve nicht verletzt, ist die Sicherheit der Zufahrt gewährleistet. Diese funktionale Aufteilung in „ATO regelt“ und „ETCS überwacht“ bietet zwei entscheidende Vorteile:

1. Zum einen basiert die Überwachung auf einem etablierten, vertrauenswürdigen System, das außerdem noch europaweit einheitlich spezifiziert ist.
2. Zum anderen kann das ATO-System dank der ETCS-Überwachung als eine nicht-sicherheitsrelevante Komponente reali-

There are many advantages to working together in development cooperation. For example, the joint teams were able to agree and compile the necessary technical specifications in a highly efficient manner according to an extremely tight schedule. Both companies were able to combine their respective competencies to maximum effect.

The agile methodology and joint project office were key factors in enabling the establishment of a highly motivated joint team of experts within a very short timeframe in 2018. Today, the project team comprises around 200 employees from both companies. The fact that they work together so well means that they have been able to adjust relatively easily to the changed conditions that have been brought about by the pandemic since 2020.

Currently, the main focus is on approval and authorisation activities, as well as the comprehensive field tests at the Hamburg S-Bahn site.

3 Highly automated driving and fully automated shunting with ETCS, ATO and AVVO

The upcoming European ATO over ETCS standard being developed by Shift2Rail forms the technical basis for highly automated and fully automated railway operations. Instead of developing a new system architecture concept for automated railway operations, DB and Siemens have made a conscious decision to adopt the upcoming European ATO over ETCS standard as the technical system architecture, including all the associated functional descriptions and interface specifications. The advantages of this approach are obvious: as well as permitting an interoperable and trans-European rail transport system, the European ETCS standard opens the components business up to competition on account of the standardised interfaces.

3.1 ATO over ETCS

The basic idea of ATO over ETCS is to supplement conventional ETCS equipment with components for automatic train control. This control task falls primarily to the on-board ATO unit, which calculates the optimum driving profile for the train based on the current timetable situation and knowledge of the route section ahead and then uses corresponding traction and braking commands to guide the train along the calculated driving profile. The on-board ATO unit receives information about the timetable and the infrastructure via a radio interface connected to the ATO trackside server, which stores the corresponding data and distributes it to all the ATO vehicles within its range.

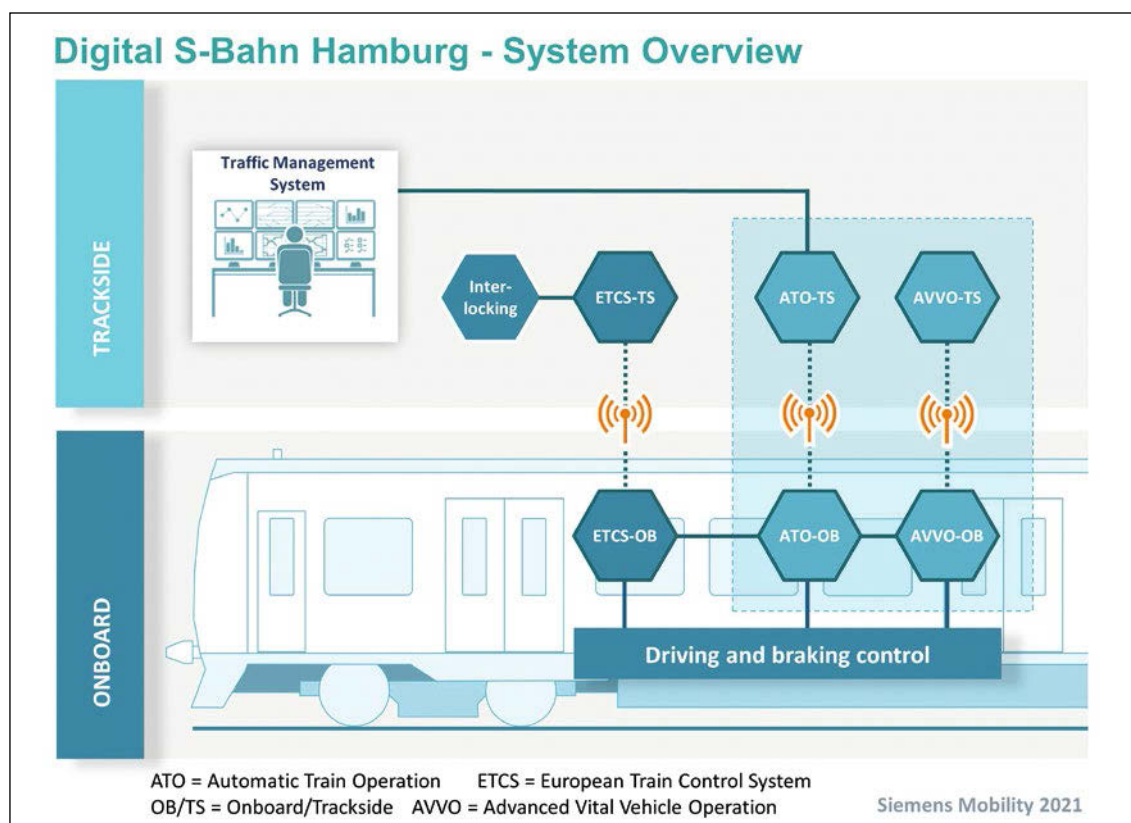
ETCS represents the optimum basis for automated operations of this kind since, in contrast to many existing national systems (known as class B systems), ETCS is based on the continuous monitoring of the vehicle's movements by means of a dynamically calculated braking curve which is regularly updated. This ETCS feature forms the basic safety framework for ATO over ETCS: as long as the ATO speed control does not violate the ETCS braking curve, the journey safety is ensured. This functional subdivision into „ATO controls“ and „ETCS monitors“ offers two decisive advantages:

1. On the one hand, the monitoring is based on an established, trustworthy system which moreover has uniform specifications throughout Europe.
2. On the other hand, the ETCS monitoring enables the ATO system to be implemented as a non-safety-related compo-

Bild 2: System-architekturskizze

Fig. 2: The system architecture outline

Quelle / Source: Siemens Mobility GmbH



siert werden, was erhebliche Vorteile insbesondere in der Systemrealisierung und Inbetriebsetzung mit sich bringt.

Neben der Übernahme der Geschwindigkeitsregelung bietet das ATO-System noch weitere Unterstützung zur Verbesserung des Betriebs. So verbessert sie beispielsweise zusammen mit ETCS und der Fahrzeugsteuerung die Abfertigung durch automatische Türfreigaben/Türöffnungen und die Abfertigung durch deren Rücknahme am Ende der Fahrgastwechselzeit. Sie ermöglicht der Betriebsleittechnik einen sekunden- und metergenaue Einblick in die derzeitige Position und Geschwindigkeit des Zuges, wodurch die Betriebsleittechnik einen sehr viel genaueren Überblick in die Verkehrslage bekommt. Das ATO-System kann außerdem auf dynamische Fahrplanänderungen reagieren und beispielsweise einen Verkehrshalt überspringen, auch an einem vom Fahrplan abweichenden Zielgleis punktgenau anhalten, bei Fahrzeitreserven entsprechend verhaltener fahren oder bei Bedarf das Fahrzeug eng entlang der ETCS-Bremskurve führen, um die maximale Leistungsfähigkeit von Fahrzeug und Strecke auszuschöpfen. Der Bahnbetrieb wird dadurch insgesamt stabiler und zuverlässiger. Trotz der weitreichenden Automatisierungsfunktionen bleibt bei jeder Aktivität der Tf an Bord. Dieser überwacht den Betrieb und greift bei fahrzeug- oder streckenseitigen Störungen im System ein. Auch bei sonstigen Einflüssen im offenen Bahnsystem (z.B. Hindernisse im Gleis) übernimmt der Tf weiterhin die konventionelle Steuerung. Aus Sicherheitsgründen ist dieses Übersteuern der ATO auf mehreren Wegen, sehr einfach und intuitiv möglich. Beispielsweise reicht das Auslenken des Fahr- und Bremshebels in die Bremsstellung (eine trainierte und reflexartige Reaktion bei Gefährdungen), um das ATO-System sofort zu deaktivieren und die manuelle Steuerung zu übernehmen.

Die Realisierung im Projekt DSH basiert auf der bewährten ATO-Plattform von Siemens Mobility. Diese Plattform wird nicht nur in mehr als 100 Metro- und Nahverkehrslinien weltweit eingesetzt,

which is particularly beneficial when it comes to system implementation and commissioning.

As well as being responsible for the speed control, the ATO system also provides even further scope for improvements in operations. For example, it interacts with ETCS and the vehicle control system to improve passenger boarding and alighting by enabling automatic door release/opening and disabling it when the train is ready to depart. It enables the operations control system to pinpoint the train's current position and speed to the exact second or metre, thus providing a much more accurate overview of the prevailing traffic situation. Furthermore, the ATO system can respond to dynamic timetable changes, for example by bypassing a station stop, stopping precisely at a target platform that deviates from the timetable, slowing down to accommodate travel time reserves or, if necessary, guiding the vehicle closely along the ETCS braking curve in order to utilise the maximum performance capability of the vehicle and the track. Overall, this enhances the stability and reliability of railway operation.

Despite the extensive automation functions, the train driver still remains on board for all activities, monitors operations and can intervene in the event of any on-board or trackside system malfunctions. The train driver also retains conventional control so as to be able to respond to any other influencing factors in the public railway system (such as obstacles on the track). For safety reasons, this ability to override the ATO is provided via several channels and in a very simple and intuitive manner. For example, all the train driver has to do in order to deactivate the system immediately and assume manual control is to shift the master controller into the braking position (a trained, reflexive response to hazards).

The implementation used in the DSH project is based on the proven ATO platform from Siemens Mobility. This platform

sondern ist inzwischen auch in Verbindung mit Siemens Trainguard ETCS z. B. im Programm Thameslink in Großbritannien sowie in zahlreichen Pilotprojekten sehr erfolgreich im Einsatz (Bild 2).

3.2 Advanced Vital Vehicle Operation (AVVO)

Die vollautomatische, fahrerlose Kehre folgt dem Ansatz, möglichst viele Bedienhandlungen des Tf durch technische Systeme zu automatisieren. Das Projektziel geht also deutlich über eine reine Fernbedienung des Fahrzeugs mittels eines abgesetzten Führerpults hinaus. Entsprechend zeigte sich schon früh das Erfordernis, eine neue, sicherheitsrelevante Komponente in das Fahrzeug zu integrieren, die kritische Schritte wie das Aufschließen eines Führerstands, das Lösen der Federspeicherbremse oder das zyklische Bedienen der Sifa (Sicherheitsfahrschaltung) eigenständig ausführen kann. Letztlich stellt diese Komponente also einen Fahrzeugzustand her, der geeignet ist, um ETCS und ATO nach standardisierten Abläufen eine automatische Zugbewegung durchführen zu lassen. Diese besagte Komponente wurde im Projekt unter dem Namen „Advanced Vital Vehicle Operation“ (AVVO) neu entwickelt.

Dieser architekturelle Ansatz profitiert von einer klaren funktionalen Trennung zwischen Überwachung (ETCS), Automatisierung der Zugbewegung (ATO) und Automatisierung der Fahrzeugbedienung (AVVO). Außerdem bleibt der standardisierte Funktionsumfang von ETCS und ATO unberührt und die Basisfunktionalitäten einer automatischen Rangierfahrt müssen nicht neu entwickelt werden, sondern können auf die vorhandenen Funktionen der hochautomatisierten Fahrt von ETCS und ATO abgebildet werden. Analog zu ETCS und ATO besteht auch das AVVO-System aus einer Fahrzeug- und einer Streckenausrüstung. Der Streckenanteil verwaltet alle AVVO-ausgerüsteten Fahrzeuge und fordert nach Anstoß durch den Bediener ein einzelnes Fahrzeug auf, sich zu aktivieren und nach Erfüllung aller Vorbedingungen die Kehrfahrt durchzuführen. Der Fahrzeuganteil des AVVO-Systems ist für die tatsächliche Ausführung der erforderlichen Bedienhandlungen an der Fahrzeugsteuerung und am ETCS-Fahrzeuggerät zuständig. Fahrzeug- und Streckenausrüstung der AVVO kommunizieren untereinander über den neuen Mobilfunkstandard 5G, dessen Anwendung im Bahnbereich einen weiteren Innovationsteil dieses Projekts darstellt.

Für den Bediener des streckenseitigen AVVO-Bedienplatzes wurde die neue Rolle des „Fern-Tf“ geschaffen. Der Fern-Tf ist die personalbezogene Rolle für die Überwachung der Rangierfahrt gemäß der betrieblichen Regelwerke. In dieser Funktion kann er unter an-

is already being used very successfully on more than 100 metro and regional transport lines worldwide and more recently in conjunction with Siemens Trainguard ETCS in the UK's Thameslink program, for example, as well as in numerous pilot projects (fig. 2).

3.2 Advanced Vital Vehicle Operation (AVVO)

Fully automatic, driverless reversing follows the approach of using technical systems to automate as many of the train driver's operator actions as possible. The project's goal therefore extends significantly beyond just controlling the vehicle remotely from a driver's desk in another location. Accordingly, it became clear at an early stage that it would be necessary to integrate a new, safety-related component into the vehicle capable of performing critical steps such as unlocking the driver's cab, releasing the spring-loaded brake or cyclically operating the driver vigilance device. This component ultimately produces a vehicle state which enables ETCS and ATO to carry out an automatic train movement according to standardised sequences. Just such a component has been newly developed in the project under the name Advanced Vital Vehicle Operation (AVVO).

This architectural approach benefits from the clear functional separation between the monitoring (ETCS) and automation of the train movement (ATO) and automation of the vehicle operations (AVVO). Furthermore, the standardised functional scope of ETCS and ATO remains unaffected and the basic automatic shunting functionalities do not need to be developed from scratch, but can be mapped to the existing highly automated driving functions of ETCS and ATO.

Like ETCS and ATO, the AVVO system comprises on-board and trackside equipment. The trackside portion manages all the vehicles equipped with AVVO and, when triggered by the user, prompts an individual vehicle to activate itself and carry out the reversal movement once all the preconditions have been met. The on-board portion of the AVVO system is responsible for actually carrying out the required operator actions in relation to the vehicle control system and the ETCS on-board unit. The on-board and trackside AVVO units communicate with one another via the new 5G mobile radio standard, the use of which in the railway sector is a further innovative aspect of this project.

The new role of "remote train driver" has been created for the operator of the trackside AVVO operator console. The remote



Bild 3: Abnahme-fahrten mit dem Desiro

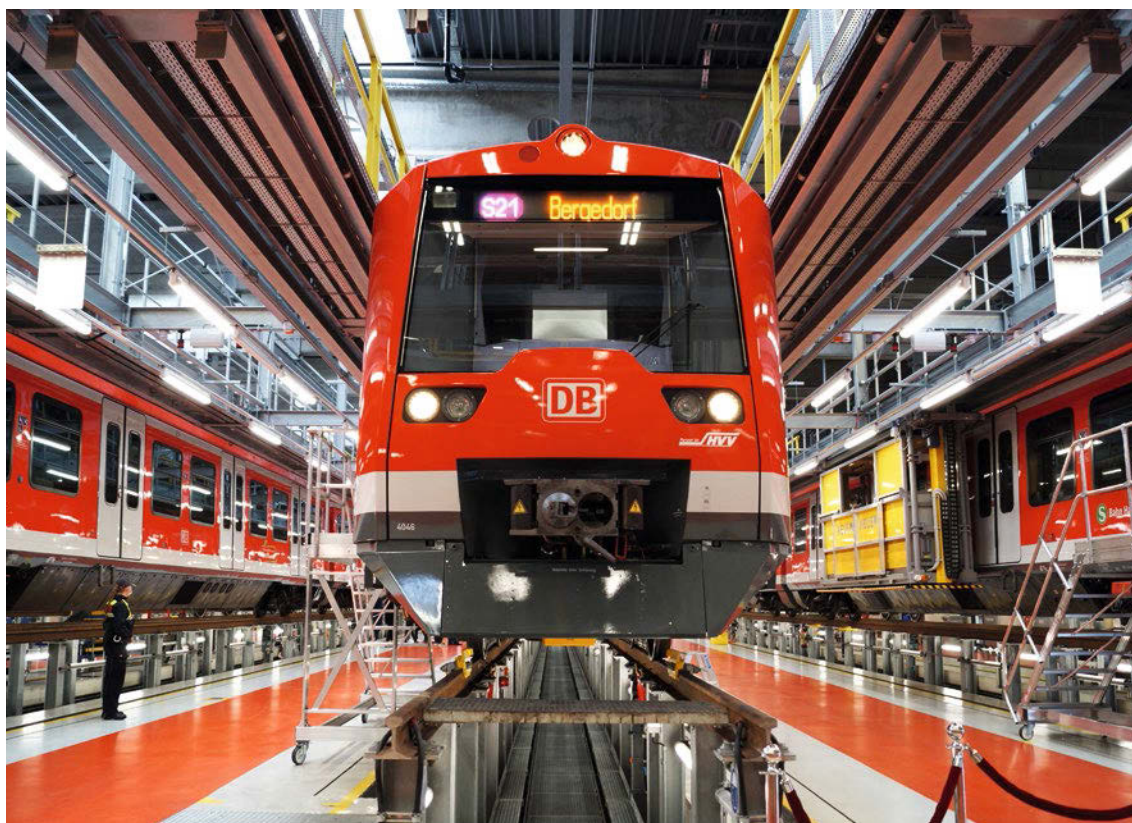
Fig. 3: The acceptance runs with the Desiro vehicle

Quelle / Source: Deutsche Bahn AG

Bild 4: Umgebautes Fahrzeug BR474

Fig. 4: The converted BR474 vehicle

Quelle / Source:
Deutsche Bahn AG



derem die fahrerlose Kehre starten, beenden oder eine Schnellbremsung auslösen. Über den aktuellen Zustand des fahrerlosen Fahrzeugs (z. B. Position oder Geschwindigkeit) informiert ihn eine grafische Benutzeroberfläche der AVVO Streckenausrüstung. Obwohl der Bedien- und Arbeitsplatz des Fern-Tf im Fahrdienstleiterbedienraum des Stellwerks Bergedorf untergebracht ist, nimmt er fachlich eine Rolle des EVU wahr. Diese Konstellation ist eine weitere Besonderheit des Projekts DSH.

Das sicherheitsrelevante Teilsystem AVVO ist eine Neuentwicklung auf Basis der Trainguard-Plattform von Siemens Mobility. Mithilfe dieses Systems wird zum ersten Mal eine vollautomatisierte Funktion im S-Bahn-Betrieb unter „ATO over ETCS“ realisiert und praktisch nachgewiesen.

4 Strecke und Fahrzeuge ausgerüstet – Feldtests auf der Zielgeraden

Im Projekt DSH wurden bereits wichtige Meilensteine erreicht. Auf Basis der sehr engen Entwicklungskooperation und der agilen, firmenübergreifenden Zusammenarbeit konnte die Spezifikationsphase mit Lasten- und Pflichtenheften in kürzester Zeit abgeschlossen werden. Bereits im Dezember 2019 lagen alle für das Gesamtsystem erforderlichen Spezifikationen vor.

Im Juni 2020 wurden die erforderlichen streckenseitigen Anpassungen im Stellwerk in Bergedorf in Betrieb genommen. Die Abnahmefahrten für ETCS wurden im August 2020 mit dem Siemens-Desiro-ETCS-Testfahrzeug erfolgreich durchgeführt, und die finale Inbetriebnahme der Strecke erfolgte im Februar 2021 (Bild 3). Mittlerweile sind alle vier Fahrzeuge umgebaut und mit ETCS, ATO und AVVO in Betrieb gesetzt worden (Bild 4).

Die Validierungstests im Feld konnten Ende März 2021 erfolgreich abgeschlossen werden. Aktuell finden die betrieblichen Gesamtsystemtests mit anschließendem Vorlaufbetrieb statt (Bilder 5 und 6).

train driver is the employee role responsible for monitoring the shunting movement in accordance with the operating rules and regulations. The remote train driver can, for example, start or end the driverless reversal or trigger emergency braking. The AVVO trackside equipment's graphical user interface informs the remote train driver about the current state of the driverless vehicle (such as its position or speed). Despite the remote train driver's operator console and workstation being accommodated in the train dispatch operations room at the Bergedorf interlocking, the remote train driver's role assumes a functional role of the railway company. This constellation is a further special feature of the DSH project.

The safety-related subsystem AVVO is a new development based on the Trainguard platform from Siemens Mobility. A fully automated function based on ATO over ETCS will be implemented and proven in practice with the help of this system for the first time in S-Bahn operations.

4 Track and vehicles equipped – field tests on the home straight

Key milestones have already been reached in the DSH project. The very close development cooperation and agile, cross-company collaborative approach enabled the specification phase with the performance and system design specifications to be completed within a very short timeframe. All of the specifications required for the overall system were ready as early as in December 2019.

The necessary trackside adaptations at the Bergedorf interlocking were commissioned in June 2020. The acceptance runs for ETCS were carried out successfully in August 2020 with the Siemens Desiro ETCS test vehicle and the final commissioning of the route took place in February 2021 (fig. 3).



Bild 5: Testfahrten mit BR474

Fig. 5: The test runs with the BR474

Quelle / Source: Siemens Mobility GmbH

Derzeit wird das Genehmigungsverfahren der Fahrzeugumrüstung für den Fahrgastbetrieb vorbereitet. Zum ITS-Weltkongress im Oktober 2021 werden DB und Siemens Mobility das Projekt auf der Pilotstrecke präsentieren.

5 Grundstein für Roll-out in Deutschland

Mit der Digitalen S-Bahn Hamburg wird ein weiterer, wichtiger Baustein der Digitalisierung des deutschen Schienennetzes Realität. Hochautomatisiertes Fahren mit „ATO und ETCS“ steht für effiziente sowie nachhaltige Mobilität. Die erhöhte Leistungsfähigkeit des Schienennetzes durch dichtere Zugfolgen, die kontinuierliche Übertragung der Informationen zur aktuellen Verkehrslage

All four vehicles have now been converted and commissioned with ETCS, ATO and AVVO (fig. 4).

The validation tests in the field were completed successfully at the end of March 2021. Operational testing of the overall system is currently underway and will be followed by the transitional operating phase (figs. 5 and 6).

Preparations are currently under way for the approval of the vehicle conversion for passenger service. DB and Siemens Mobility will present the project on the pilot track during the ITS World Congress in October 2021.

5 The cornerstone for the rollout in Germany

The Digital S-Bahn Hamburg project has seen a further key building block in the digital transformation of the German railway network become a reality. Highly automated driving with ATO and ETCS stands for efficient, sustainable mobility. The increased performance capability of the railway network through shorter headways, the continuous transmission of information on the prevailing traffic situation to the vehicles by radio and the optimum speed profile with fewer braking operations and thus lower energy consumption will result in a more stable timetable, make the trains run more punctually and significantly enhance the travel comfort for passengers.

Implementing this technology on the Hamburg S-Bahn using the European ATO over ETCS standard as part of a joint pilot project in Germany has been an important step that could not have been achieved without the initiative of the City of Hamburg, DB and Siemens Mobility.

Excellent progress has been made to date: an existing track and existing vehicles in the DB network have already been successfully upgraded to the new ETCS Level 2 and ATO technology within a very short space of time. As well as equipping the pilot track and the vehicles, the project has also completed essential groundwork for the rollout of ATO over ETCS, including,



Bild 6: Testfahrten mit BR474

Fig. 6: The test runs with the BR474

Quelle / Source: Siemens Mobility GmbH

an die Fahrzeuge per Funk, ein optimales Geschwindigkeitsprofil mit weniger Bremsvorgängen und dadurch ein sinkender Energieverbrauch führen zu einem stabileren Fahrplan mit pünktlicheren Zügen und zu einem deutlich höheren Reisekomfort für die Fahrgäste.

Diese Technologie auf Basis des Europäischen Standards „ATO over ETCS“ im Rahmen eines gemeinsamen Pilotprojekts in Deutschland bei der S-Bahn Hamburg einzuführen, war ein wichtiger Schritt, der nur dank der Initiative der Stadt Hamburg, DB und Siemens Mobility erst ermöglicht wurde.

Bereits heute kann man sagen, dass es gelungen ist, eine Bestandsstrecke und Bestandsfahrzeuge im Netz der DB in kürzester Zeit auf die neue Technologie ETCS Level 2 und ATO hochzurüsten. Neben der eigentlichen Ausrüstung der Pilotstrecke und der Fahrzeuge wurden auch wichtige Grundlagen für die Einführung von „ATO over ETCS“ geschaffen, wie z.B. das betrieblich-technische Lastenheft für ETCS mit ATO, die Regelwerke der DB sowie der Genehmigungsprozess für Strecke und Fahrzeug.

Zudem wird mit der Realisierung einer vollautomatischen Kehrfahrt ein weiterer wichtiger Automatisierungsschritt geschaffen. Mit der besonderen Form der Zusammenarbeit im Rahmen einer Entwicklungskooperation wurden zweifellos Maßstäbe gesetzt. Die überaus positiven Erfahrungen fanden vielerorts höchste Anerkennung. Dieses Zusammenarbeitsmodell hat sich somit bestens für kommende Vorhaben empfohlen. Zurzeit wird an den Plänen gearbeitet, um diese Technik über die Pilotstrecke hinaus im Hamburger S-Bahn-Netz einzusetzen. ■

for example, the operating and technical performance specifications for ETCS with ATO, the DB rules and regulations and the approval process for track and vehicle.

In addition, the implementation of a fully automatic reversal movement represents a further key automation step.

The special form of collaboration within the framework of the development cooperation has set clear benchmarks. The overwhelmingly positive experience gained has met with widespread recognition. This collaboration model has therefore proven itself to be ideal for upcoming projects and plans are already being drawn up to deploy this technology beyond the pilot track in Hamburg's S-Bahn network. ■

AUTOREN | AUTHORS

Dipl.-Ing. (FH) Jan Schröder

Projektleiter Digitale S-Bahn Hamburg /
Project Manager Digitale S-Bahn Hamburg
Deutsche Bahn AG
Anschrift/Address: Stresemannstraße 123, D-10963 Berlin
E-Mail: jan.schroeder@deutschebahn.com

M. Sc. Christoph Gonçalves Alpoim

Stellv. Projektleiter Digitale S-Bahn Hamburg /
Deputy Project Manager Digitale S-Bahn Hamburg
Deutsche Bahn AG
Anschrift/Address: Hammerbrookstraße 44, D-20097 Hamburg
E-Mail: christoph.goncalves-alpoim@deutschebahn.com

Dipl.-Inform. Boris Dickgießer

Projektleiter Digitale S-Bahn Hamburg /
Project Manager Digitale S-Bahn Hamburg
Siemens Mobility GmbH
Anschrift/Address: Ackerstraße 22, D-38126 Braunschweig
E-Mail: boris.dickgiesser@siemens.com

Dr.-Ing. Volker Knollmann

Chefarchitekt Siemens im Projekt Digitale S-Bahn Hamburg /
Chief Architect Digitale S-Bahn Hamburg
Siemens Mobility GmbH
Anschrift/Address: Ackerstraße 22, D-38126 Braunschweig
E-Mail: volker.knollmann@siemens.com

LITERATUR | LITERATURE

[1] Erläuterungen im Film über die Digitale S Bahn Hamburg unter <https://bit.ly/35ar8nv>

Optimierung der Blockteilung mit ETCS Level 2 im Digitalen Knoten Stuttgart

Optimising block division with ETCS Level 2 in the Stuttgart Digital Node

Jonas Denißen | Markus Flieger | Michael Kümmling | Michael Küpper | Sven Wanstrath

Im Digitalen Knoten Stuttgart (DKS), einem Pilotprojekt im Starterpaket der Digitalen Schiene Deutschland (DSD), wurde die Blockteilung mit neuen Methoden mikroskopisch optimiert, um über alle Zugfolgefälle hinweg möglichst kurze Zugfolgezeiten zu erreichen und somit Kapazität und Leistungsfähigkeit des Fahrwegs zu maximieren. Obwohl ETCS „ohne Signale“ (oS) dabei eine deutlich flexiblere Planung ermöglicht, stößt auch sie mitunter an Grenzen, die es noch aufzulösen gilt.

1 Motivation

Zündfunke für den DKS waren ab 2015 heranreifende Überlegungen, die S-Bahn-Stammstrecke in Stuttgart mit ETCS auszurüsten. Im Rahmen einer 2017 von Land, Region und DB gemeinsam beauftragten Untersuchung wurde 2018 der detaillierte Nachweis erbracht, dass ETCS für S-Bahn-Hochleistungssysteme nicht nur technisch machbar, sondern auch betrieblich sinnvoll ist. Unter vorsichtigen Annahmen konnten die Zugfolgezeiten mit ETCS Level 2 (L2) und ATO GoA 2 (Automatic Train Operation Grade of Automation 2) – gegenüber dem zuvor im Rahmen von Stuttgart 21 geplanten konventionellen 1:1-Ersatz (H/V zu Ks, mit Punktförmiger Zugbeeinflussung, PZB) – um rund 20 % bzw. fast eine halbe Minute verkürzt werden. [9] Maßgeblich dafür war der Hochleistungsblock an Bahnsteigen – mit konstant 55 m langen Abschnitten und einem ähnlichen Abschnitt davor und danach (Bild 1). [2]

The block division in the Digitaler Knoten Stuttgart (DKS, Stuttgart Digital Node) has been microscopically optimised using new methods as part of a pilot scheme included in the “starter package” of the Digitale Schiene Deutschland (DSD, Digital Rail for Germany) project. The goal is to minimise the headways across all train pairs, thus maximising the track capacity. While ETCS without Class B systems makes signalling planning much more flexible, some restrictions still remain to be resolved.

1 Motivation

Early considerations on introducing ETCS to the core of the Stuttgart S-Bahn dating from 2015 eventually paved the way for the DKS. A feasibility study, jointly commissioned by the state, the region and DB in 2017, provided detailed evidence as to the fact that ETCS is not only technologically feasible for high-performance S-Bahn systems, but is also beneficial for railway operations. Even under cautious assumptions, ETCS Level 2 (L2) and ATO GoA 2 (Automatic Train Operation Grade of Automation 2) were able to reduce headways by some 20 %, almost half a minute, compared to the one-to-one replacement of old signalling/train protection (Ks/PZB) with new signalling (Ks, PZB) that had been planned within the scope of Stuttgart 21. [9] High-density block in platform

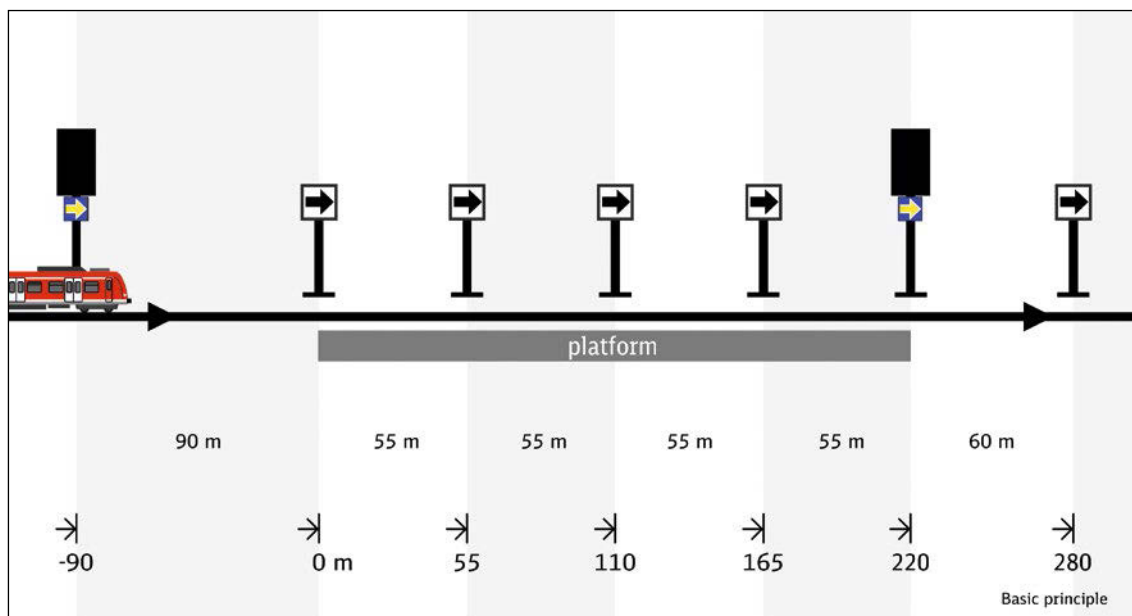


Bild 1: Der S-Bahn-ETCS-Untersuchung lag eine Bahnsteigblockteilung mit rund 50 m langen Abschnitten zugrunde.

Fig. 1: The S-Bahn ETCS feasibility study was based on a platform block division with sections of around 50 m in length.

Quelle / Source: Deutsche Bahn

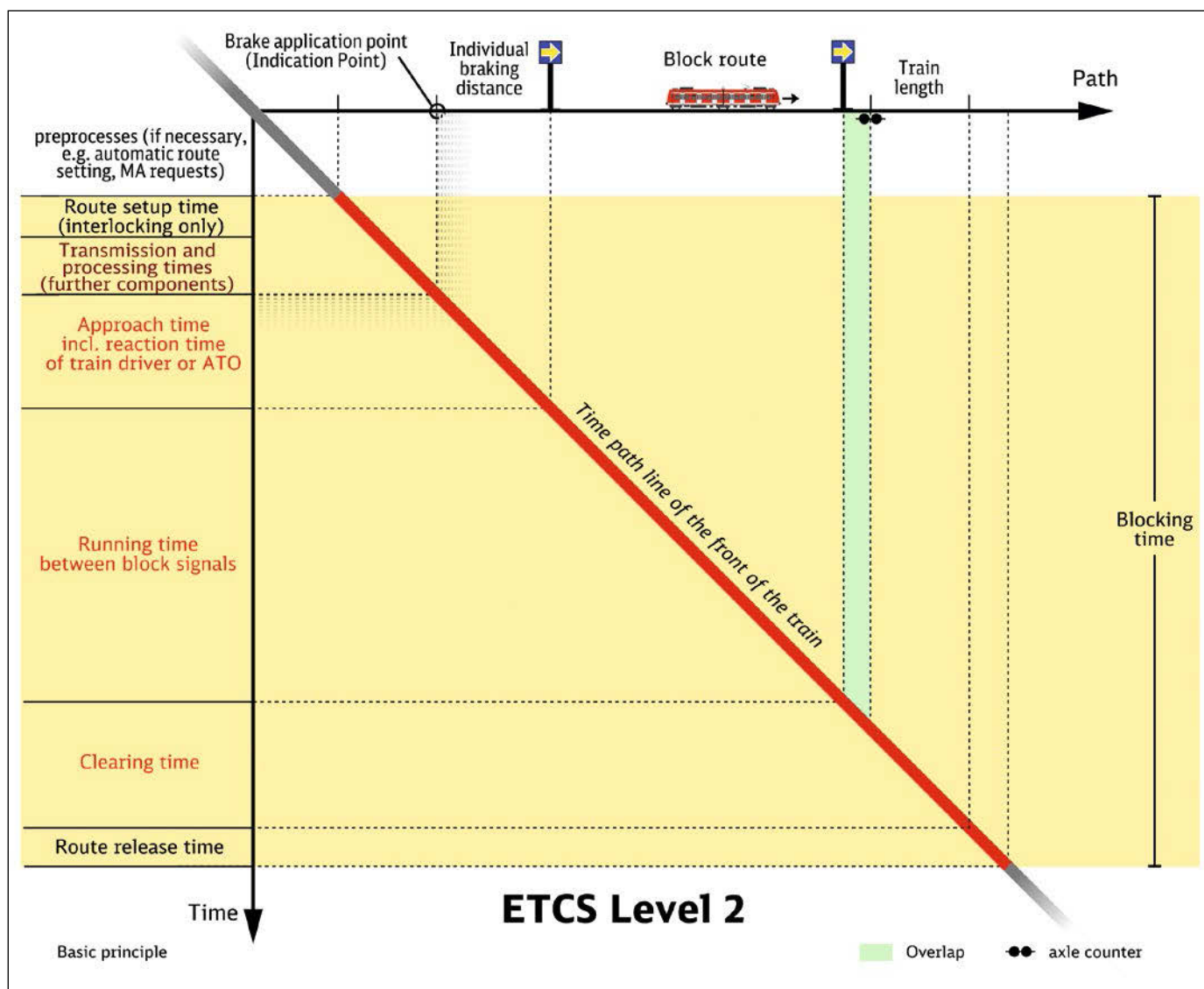


Bild 2: Belegungs- / Sperrzeitkomponenten der LST mit ETCS L2; durch die Blockteilung beeinflussten Bestandteile sind rot markiert.

Fig. 2: The blocking times in an ETCS L2 system, the components influenced by the block division are marked in red.

Quelle / Source: Deutsche Bahn

Die überzeugenden Ergebnisse der S-Bahn-ETCS-Untersuchung wurden zu einer Grundlage für die 2019 begonnene Planung des DKS, als Teil des Starterpakets der DSD. Weit über die Stammstrecke hinaus werden bis 2025 zunächst rund 125 Streckenkilometer mit Digitaler Leit- und Sicherungstechnik (DLST) – weitgehend „ohne Signale“ (oS) – ausgerüstet, bis 2030 folgt die übrige Region (Netzbezirke Stuttgart und Plochingen). Einher mit der Planung und Umsetzung im Projekt werden dabei einige noch fehlende Grundlagen geschaffen, pilotiert und damit dem bis 2035 angestrebten, flächenhaften DSTW/ETCS-Roll-out in Deutschland der Weg bereitet. Darüber hinaus werden mehrere hundert Triebfahrzeuge mit ETCS und weiteren Techniken aus- bzw. nachgerüstet. [2]

In der Blockteilung liegt ein wesentlicher Hebel zur Optimierung der Leistungsfähigkeit mit DLST (Bild 2). Darüber hinaus werden im DKS beispielsweise auch Laufzeiten verkürzt [1] und ETCS-Bremskurven optimiert [11].

Im vorliegenden Beitrag ist die Anordnung von Hauptsignalen, alleinstehenden ETCS-Halttafeln und Blockkennzeichen, sowohl im Bahnhof als auch der freien Strecke, vereinfachend als Blockteilung bezeichnet.

areas with fixed sections of 55 m in length and similar sections in front and behind was essential for this (fig. 1). [2]

The convincing results of the S-Bahn feasibility study became the foundation for DKS planning in 2019 within the framework of the DSD starter package. Far beyond the S-Bahn core, some 125 km of tracks are to be equipped with digital signalling technology, mostly without any lineside signals / Class B, by 2025. The remainder of the region (the DB Netz network districts of Stuttgart and Plochingen) will be equipped by 2030. In addition to the planning and implementation in the project, a few currently missing basic principles will also be created and tested and will thus pave the way for the full-scale digital interlocking / ETCS rollout in Germany that is envisaged to be completed by 2035. In addition, several hundred vehicles will also be equipped / retrofitted with ETCS and further technologies.

Block division represents a major push towards the optimisation of the overall performance of the digital signalling technology (fig. 2). Further optimisation being explored in the DKS includes reduced system delays and optimised ETCS braking curves.

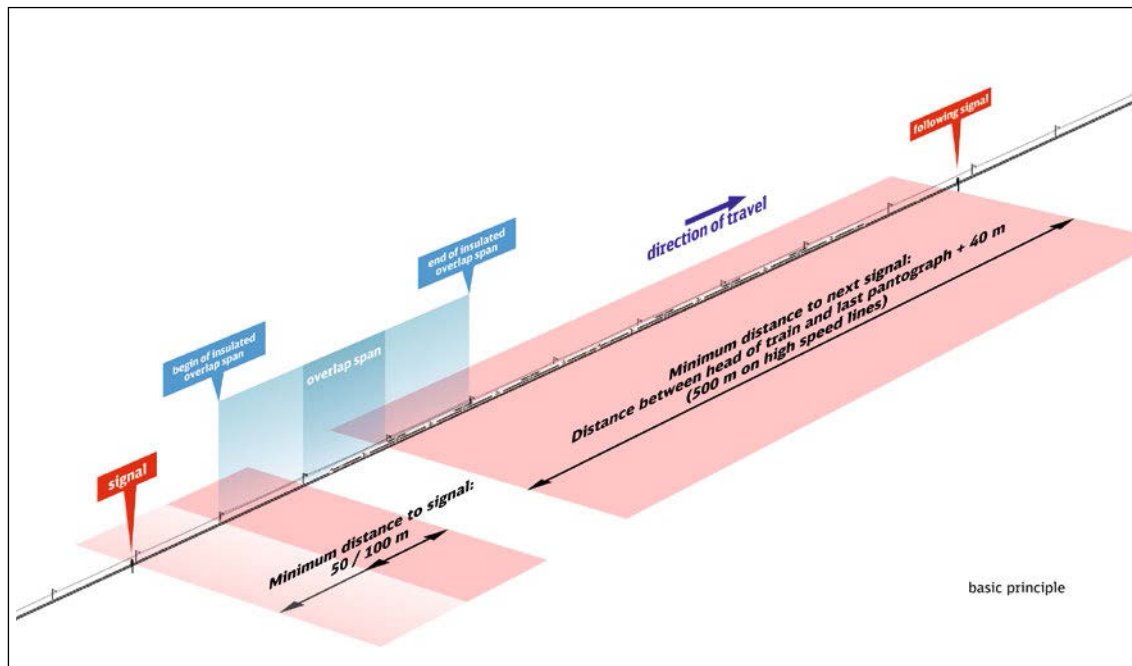


Bild 3: An elektrischen Schaltabschnittsgrenzen kann auf einem halben Kilometer Länge kein Signal angeordnet werden.

Fig. 3: No signals can be placed at electrical section boundaries for half a kilometre.

Quelle / Source: Deutsche

Bahn

2 Restriktionen

Per se können mit ETCS L2 nahezu beliebig kurze Signalabstände realisiert und kann die Leistungsfähigkeit erhöht werden. In der Praxis stößt dies jedoch an einige Grenzen. So dürfen Blockkennzeichen weder im Durchrutschweg eines vorherigen Signals noch in Sichtweite vor einem Vorsignal angeordnet werden. Bei einer Doppelausrüstung mit Lichthauptsignalen und den damit einhergehenden bis zu 300 m langen Durchrutschwegen schränkt dies die Spielräume insbesondere in Bahnhöfen erheblich ein. [4]

Wird auf eine Doppelausrüstung verzichtet, verlieren diese und weitere Restriktionen der konventionellen LST an Bedeutung, beispielsweise auch zu berücksichtigende Bremswegabstände und notwendige Signalsicht. Gleichwohl verbleiben auch in einer LST-Planung für ETCS L2oS einige Restriktionen.

Eine wesentliche Einschränkung dient dem Schutz der Oberleitung: An Schaltabschnittsgrenzen, wie sie zur elektrischen Trennung von Bahnhof und freier Strecke sowie an Abzweigen erforderlich sind, sind beidseitig Mindestabstände zu Signalen einzuhalten (Bild 3). So soll verhindert werden, dass gehobene Stromabnehmer darin stehen bleiben oder diese mit sehr niedriger Geschwindigkeit passieren, um einen Fahrdrahttriss durch große Transitströme zu vermeiden. Mit den heutigen Regeln darf somit gerade in leistungskritischen Bahnhofsköpfen auf einem halben Kilometer kein Signal aufgestellt werden.

Signale dürfen nicht zwischen Weichenspitze und Grenzzeichen einer Weiche oder Kreuzung angeordnet werden (Bild 4). Dies schränkt die Spielräume in gestauchten Bahnhofsköpfen ein, soweit kleine Zwischenräume für Signale nicht frühzeitig in der Trassierung berücksichtigt werden.

Im Stuttgarter Hauptbahnhof [2] sollen darüber hinaus Signale zwischen letzter spitz befahrener Weiche und Bahnsteig vermieden werden, damit ein am Bahnsteig strandender Zug noch umfahren werden kann. Im Rahmen des Sicherheits- und Rettungskonzepts sind ferner in bestimmten Bereichen signalbedingte Halte (und damit Signale) zu vermeiden. Nicht zuletzt schließen sich im oS-Betrieb manche Betriebsverfahren noch aus, beispielsweise Vereinigen von Zügen und Nachfahren am Bahnsteig (mit Hochleistungsblock).

2 Restrictions

ETCS L2 enables signal distances of almost any length to be implemented and performance to be increased. There are, however, some limits to this in practice. Location markers in Germany cannot be placed in the overlaps of a previous signal or within the sighting distance of a distant signal. If ETCS is implemented along with the PZB Class B system (and its overlaps of up to 300 m in length), this will considerably limit the leeway, especially in train stations. [4]

If ETCS is implemented without an underlying Class B system, these and other underlying restrictions (such as braking distances and signal visibility) will no longer apply. Nevertheless, some restrictions will remain even in an ETCS without Class B systems.

One major restriction is used to protect the overhead contact line: minimum distances to the signals must be observed on both sides of section boundaries, as required for the electrical separation of the train station and the open line, as well as at junctions (fig. 3). This is to prevent raised pantographs from stopping there or from passing through these areas at very low speeds in order to avoid a contact wire rupture due to large transit currents. Under today's rules, no signal can be set up within half a kilometre, especially in performance-critical station heads.

Signals must not be placed between the turnout point and the turnout or crossing clearance point (fig. 4). This poses a restriction in compressed station heads, provided small spaces for signals / location markers are not taken into account early on in the alignment.

The signals between the last facing switch and the platform in Stuttgart's main station [2] should also be avoided so that a train stranded on the platform can still be bypassed. As part of the safety and rescue concept, signal-related stops (and therefore signals) must also be avoided in certain areas. Finally, some operating procedures are currently not permitted in ETCS without Class B systems operations, for example train consolidation and closely following trains (with high-density block).

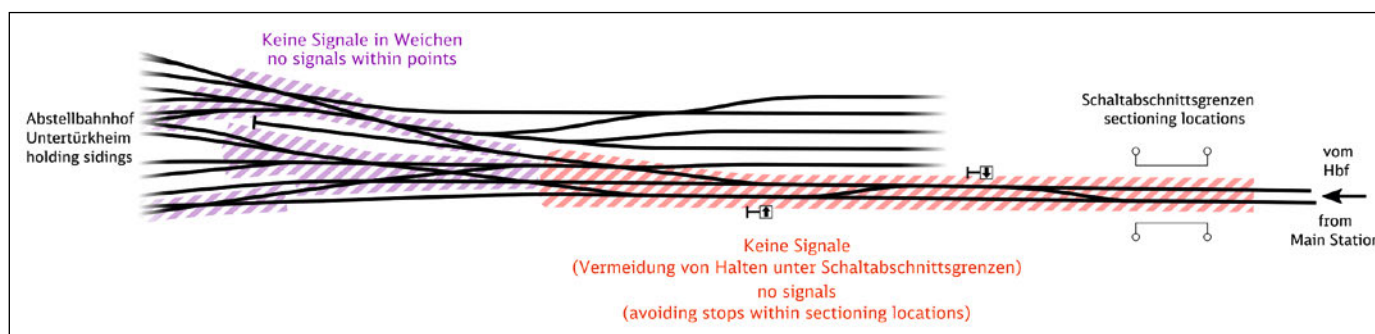


Bild 4: Restriktionen für Anordnung von Signalen in der Einfahrt des Abstellbahnhofs Untertürkheim

Fig. 4: Restrictions on the signal arrangement in the entry section to the Untertürkheim holding sidings

Quelle / Source: Deutsche Bahn

Soll in Bahnhofsgleisen sowohl regelmäßig (signalisiert) rangiert werden als auch Blockkennzeichen zur Verkürzung der Zugfolge aufgestellt werden, sind an jedem Blockkennzeichen auch Sperrsignale anzuordnen, um Signalisierungswidersprüche zu vermeiden.

Mit ETCS L2 bildet die Mindestlänge von Gleisfreimeldeabschnitten von 30 m eine allgemeine Untergrenze. Bei besonders kurzen Signalabständen ergeben sich dabei nach aktuellem Regelwerk auch Wechselwirkungen zur Fahrzeugausrüstung: Die bisherige pauschale Untergrenze von 100 m im ETCS-L2-Lastenheft (BTSF3) wurde für den DKS durch eine Regelung ersetzt, die von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, der Balisenverlegenauigkeit sowie der EVC-Reaktionszeit (European Vital Computer, EVC) abhängig ist. Damit soll im Wesentlichen sichergestellt werden, dass ein Position Report am Signal (zur Haltfallbewertung) zuverlässig gesendet wird, bevor das nächste Signal erreicht und ein weiterer Position Report ausgelöst wird. Um auf rein von S-Bahnen und Nahverkehrszügen befahrenen Gleisen derart kurze Blöcke zu realisieren, werden Triebfahrzeuge mit einer gegenüber der ETCS-Spezifikation verkürzten EVC-Verarbeitungszeit eingesetzt. In anderen Bereichen können, ohne besondere Anforderungen, beispielsweise bei zulässigen 120 km/h noch 65 m zugelassen werden.

3 Entwicklung einer Blockteilung für maximale Leistungsfähigkeit

Ähnlich der weiterentwickelten Linienförmigen Zugbeeinflussung (LZB) in der Variante CIR-ELKE eröffnet ETCS L2 die Möglichkeit, mit Blockkennzeichen die Blockteilung zu verdichten. In der Außenanlage sind dazu lediglich Gleisfreimeldegrenzen und fixe Tafeln erforderlich; zusätzliche Lichtsignale, PZB-Magneten und dazugehörige Verkabelung sind jedoch nicht nötig. Wenn ohnehin vorhandene Gleisfreimeldegrenzen (an Weichen, an Signalen der Gegenrichtung) genutzt werden, beschränkt sich der Aufwand auf eine Balise und eine Tafel. Wenn, wie im DKS, ohnehin neue LST aufgebaut wird, liegt der Aufwand im niedrigen fünfstelligen Euro-Bereich.

Die Entwicklung einer Blockteilung für bestimmte Zugfolgefälle und Zugfolgezeiten wird bereits seit über 100 Jahren praktiziert [5]. Im Gegensatz zu konventioneller Ausrüstung mit Lichtsignalen sinkt jedoch bei dem Einsatz von ETCS L2 der Aufwand für eine dichte, auf Leistungsfähigkeit optimierte Blockteilung deutlich, zudem entfallen insbesondere bei dem Verzicht auf eine Doppelausrüstung mit Lichtsignalen zahlreiche Zwangspunkte (siehe Abschnitt 2). Zeitgleich sind durch die individuelle fahrzeugseitige Berechnung von Bremskurven bei ETCS L2 auch deutlich mehr Einflussfaktoren zu be-

If shunting is to be regularly carried out on station tracks and location markers are to be set up to shorten the train sequence, lineside shunting signals must also be placed on each location marker in order to avoid any signalling contradictions.

With ETCS L2, the 30 m minimum length of the track vacancy detection sections constitutes the general lower limit in Germany. Under the current set of rules, there are also interactions with the vehicle equipment in the case of particularly short signal intervals: the previous general lower limit of 100 m in the DB Netz ETCS L2 specification (BTSF3) has been replaced for DKS with a regulation that has refined the minimum limit. It now depends on the maximum permitted speed, the balise location accuracy and the EVC (European Vital Computer) delays. The main aim of this is to ensure that a position report is reliably sent to the signal/location marker (for the evaluation of the signal closure) before the next signal is reached and yet another position report is triggered. In order to achieve such short blocks (on tracks that are only used by S-Bahn and local trains), traction units need to have been equipped with EVC processing times that are shorter than those defined in the ETCS specification. In other areas (without any special requirements), the block section lengths can still be reduced, for example to 65 m on a 120 km/h track.

3 Creating a block division for maximum performance

Just like a sophisticated Class B system (such as LZB in the CIR-ELKE variant), ETCS L2 enables high-density block division with location markers. With regard to field elements, only track vacancy detection and fixed boards are required, while additional lineside (light) signals, Class B elements/PZB magnets and associated cabling are not. If existing track vacancy detection limits (on switches or signals in the opposite direction) are used, the effort is limited to a mere balise and a board. If, as in the DKS, a new signalling system is set up anyway, the costs are in the low five-digit Euro range.

The development of a block division for certain train pairs and headway requirements has been practiced for over 100 years [5]. In contrast to conventional equipment with lineside (light) signals, however, the costs required for a dense, performance-optimised block division are significantly reduced when ETCS L2 is used; in addition, numerous constraint points are dispensed with, especially when no underlying Class B system needs to be considered (see section 2). At the same time, the individual on-board calculation of the braking curves for ETCS L2 also means that significantly more influencing factors have to be taken into account, some of which

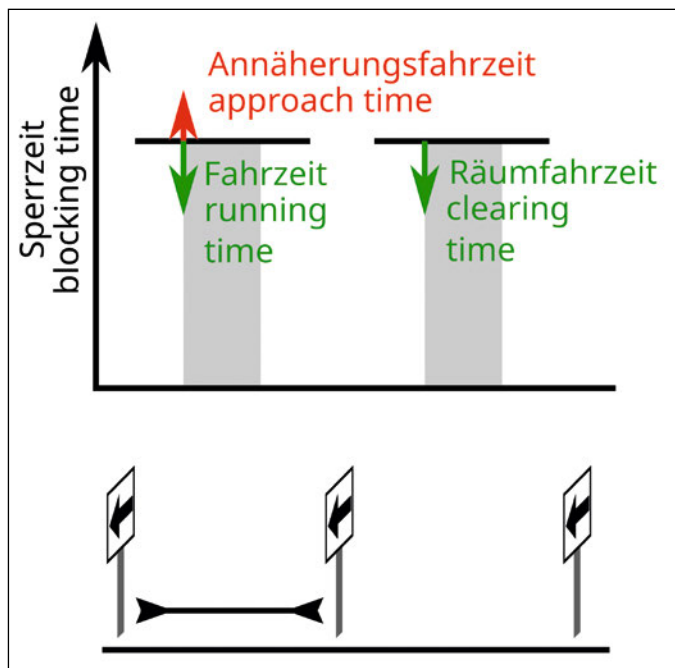


Bild 5: Auswirkungen der Verkürzung eines sehr kurzen Blockabschnitts auf die Sperrzeit

Fig. 5: The effects of a very short block section on the blocking time

Quelle / Source: Deutsche Bahn

rücksichtigen, welche teils einen erheblichen Einfluss auf die Zugfolgezeiten und damit die Blockteilung haben [9]:

- aktuelle Geschwindigkeit und Beschleunigung
- örtliche Längsneigung
- Länge von Durchrutschwegen bzw. Abstand zum Gefahrpunkt, Release Speed
- ETCS-Bremsmodelle und ETCS-Version der Fahrzeuge
- Ortungsfehler.

In der Literatur beschriebene Verfahren zur Entwicklung einer Blockteilung für die ETCS-L2-Ausrüstung basieren daher grundsätzlich auf einem iterativen Vorgehen (vgl. [6, 12]).

Bei kurzen Signalabständen erstreckt sich der Durchrutschweg einer Teilzugstraße über die gesamte Länge der folgenden Teilzugstraße. Die Verkürzung eines Abschnitts führt immer zu einer kürzeren Fahrzeit im Abschnitt. Gleichzeitig führen Verkürzungen auf unter 70 m auch zu einem kürzeren Durchrutschweg des Startsignals. Dies kann zu einer Verlängerung der ETCS-Bremskurven auf das Startsignal und damit zu einer Verlängerung der Annäherungsfahrzeit führen. Darüber hinaus beeinflusst die Länge eines Abschnitts die Räumfahrzeit des vorherigen Abschnitts (Bild 5).

Diese Abhängigkeiten und gegenläufigen Effekte erfordern im Bereich solcher sehr kurzer Abschnitte eine Entwicklung der Blockteilung nach der Methode „Versuch und Irrtum“.

3.1 Ziel der Optimierung der Blockteilung, Prämissen

Ziel der Optimierung der Blockteilung ist eine Verschiebung und Ergänzung von Signalen so, dass die minimale Zugfolgezeit minimiert wird. Damit wird die Blockoptimierung auf die für die minimalen Zugfolgezeiten maßgebenden Bereiche begrenzt.

Die Betrachtung erfolgt fahrplanunabhängig, über alle möglichen Kombinationen der Züge des Betriebsprogramms. Es ist dabei nicht nötig, sämtliche Fahrzeugvarianten und Zugkompositionen im Detail zu betrachten. Zugbildungen, die hinsichtlich der maßgebenden

have a considerable influence on the headway and thus the block division [9]:

- the current speed and acceleration
- the gradients
- the length of any overlaps / distance to the danger point / release speed
- ETCS braking models and ETCS version of the vehicles
- odometry accuracy.

The methods described in the literature for developing a block division for ETCS L2 are therefore primarily based on an iterative approach (cf. [6, 12]).

In the case of short signal intervals, the overlap of a partial route extends over the entire length of the following partial route. A shortened section always leads to a shorter travel time in the section. At the same time, shortening to less than 70 m also leads to a shorter overlap for the start signal. This can lead to an extension of the ETCS braking curves up to the start signal and thus to an extension of the approach time. In addition, the length of a section also influences the clearance time of the previous section (fig. 5).

These dependencies and opposing effects require the block division to be developed according to the “trial and error” method in very high-density block areas.

3.1 The goal of optimising the block design, premises

The aim of optimising the block division is to shift and add signals in such a way that the headways are minimised. This means that the block optimisation is limited to those areas that are decisive for the headways.

The examination is conducted irrespective of timetables and across all possible train pairs in the operating plan. It is not necessary to look at all vehicle variants and train compositions in detail. Train formations with similar relevant properties (length, acceleration, ETCS braking models) can be summarised, if necessary.

No accompanying operational simulations are carried out during the development of the block division, as they would be significantly more complex than evaluating the headways. Furthermore, they would not allow for quick iterations, nor could any further relevant information be expected. Nevertheless, the capacity and operating quality of the optimised infrastructure is subsequently verified as a whole for the planned timetable via an operating simulation.

3.2 Input data and tools

The infrastructure and the operating plan are modelled in RailSys based on the currently planned infrastructure. In addition, constraints are also put down.

In the case of very short signal intervals, special attention is paid to any input variables that are often not (or not fully) considered in standard software, such as odometry accuracy or current acceleration. Therefore, the results of the block optimisation have been further verified for selected areas using dedicated VBA and Python scripts according to the European specifications.

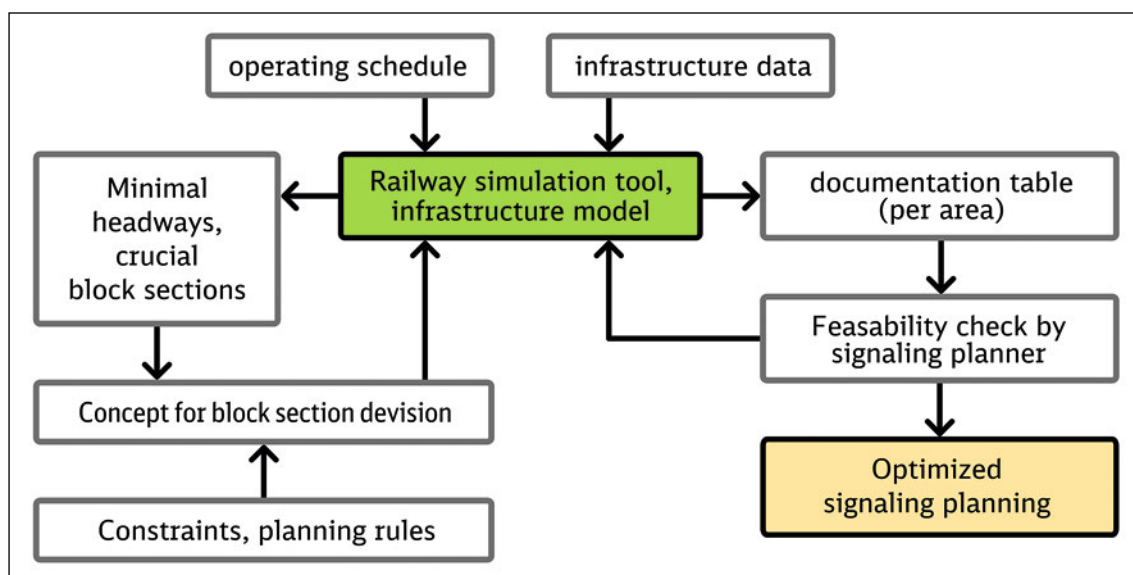
3.3 The processing steps / processing sequence

Existing signalling planning or minimal planning (only mandatory signals protecting groups of points or other danger points) constitutes the starting point for the block optimisation process (shown in fig. 6).

The decisive block section is determined for each evaluation section and for each train pair using the RailSys blocking time calculation and a specially created evaluation tool. Routes with

Bild 6: Grundsätzlicher Ablauf bei der Entwicklung einer optimierten Blockteilung

Fig. 6: The basic process for developing an optimised block division
Quelle / Source: Deutsche Bahn



Eigenschaften (Länge, Beschleunigungsvermögen, ETCS-Bremsmodell) ähnlich sind, können ggf. zusammengefasst werden.

Während der Entwicklung der Blockteilung werden keine begleitenden Betriebssimulationen (Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung, EBWU) durchgeführt, da diese gegenüber der Betrachtung minimaler Zugfolgezeiten deutlich aufwendiger wären, keine schnellen Iterationen ermöglichen und auch keine zusätzlichen Erkenntnisse erwarten lassen. Leistungsfähigkeit und Betriebsqualität der optimierten Infrastruktur werden gleichwohl im Anschluss gesamthaft für den vorgesehenen Fahrplan über eine Betriebssimulation nachgewiesen.

3.2 Eingangsdaten und Werkzeuge

Auf Basis des aktuellen Planungsstands bzw. von Planunterlagen des Bestands werden die Infrastruktur und das Betriebsprogramm in RailSys modelliert. Zusätzlich werden die Zwangspunkte erfasst. Bei sehr kurzen Signalabständen gewinnen dabei auch Eingangsgrößen an Relevanz, die in Standardsoftware oft nicht oder nur vereinfacht berücksichtigt werden, z. B. der Ortungsfehler oder die aktuelle Beschleunigung. Um die Ergebnisse der Blockoptimierung abzusichern, wurde daher die Bremskurvenberechnung gemäß der europäischen Spezifikation in eigenen VBA- und Python-Skripten für ausgewählte Bereiche nachgebildet.

3.3 Bearbeitungsschritte / Bearbeitungsreihenfolge

Grundlage für den in Bild 6 dargestellten Ablauf der Blockoptimierung sind eine vorhandene LST-Planung oder eine minimale LST-Planung (nur zwingend nötige Signale zur Deckung von Weichenbereichen und anderen Gefahrstellen).

Über die Sperrzeitenberechnung von RailSys und ein eigens erstelltes Auswertungswerkzeug wird für jeden Auswerteabschnitt und jeden Zugfolgefall jeweils der für die Zugfolge maßgebende Blockabschnitt ermittelt. Auf Strecken mit mehreren verschiedenen Zugcharakteristiken ergeben sich häufig verschiedene maßgebende Abschnitte für unterschiedliche Zugfolgefälle.

Darauf aufbauend wird die Blockteilung durch Verschiebung oder Ergänzung von Signalen so modifiziert, dass eine Reduzierung der Sperrzeit der maßgebenden Abschnitte zu erwarten ist. Für die so modifizierte Blockteilung werden anschließend die minimalen Zugfolgezeiten neu berechnet, um den Erfolg der Änderung zu überprüfen und die nun maßgebenden Blockabschnitte zu ermit-

several different train characteristics often include different decisive sections for different train pairs.

Based on this, the block division is modified by shifting or adding signals so that a reduction in the blocking time of the relevant sections can be expected. The headways are then recalculated for the block divisions that have been modified in this way in order to evaluate the benefit of the change and determine the

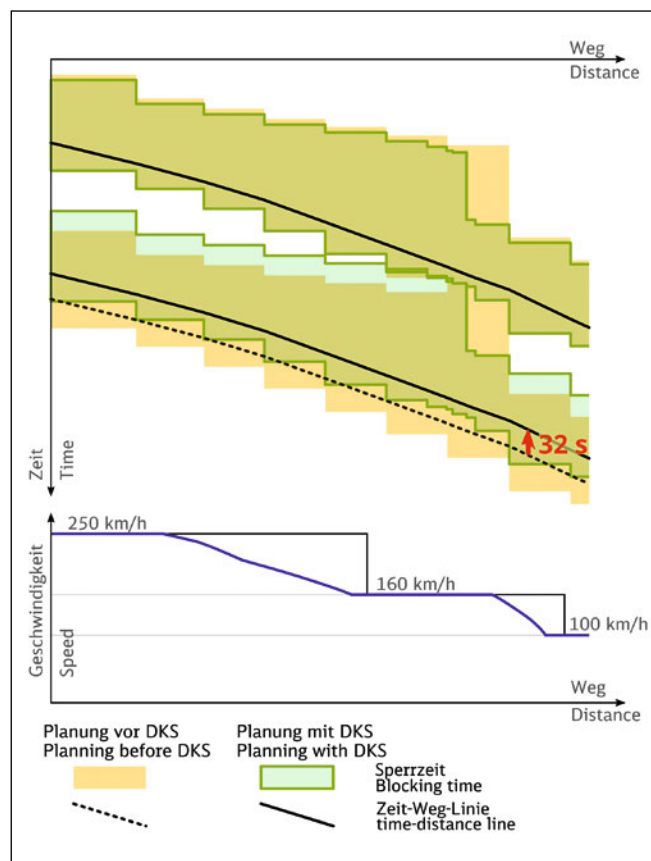


Bild 7: Verkürzung der Zugfolgezeit am Geschwindigkeitswechsel durch Verdichtung der Blockteilung und Optimierung der Laufzeiten

Fig. 7: Shortening the headway at a speed change by optimising the block division (including optimised system delays)
Quelle / Source: Deutsche Bahn

tehn. Dieser Ablauf wird so lange wiederholt, bis keine weitere Verkürzung der minimalen Zugfolgezeiten mehr erreicht wird.

Wenn die maßgebenden Blockabschnitte aufgrund von Zwangspunkten bzw. Planungsregeln nicht weiter verkürzt werden können oder die Ergänzung zusätzlicher Signale nur noch zu einer sehr geringen Reduzierung der Zugfolgezeit führt, ist die Optimierung für einen Abschnitt abgeschlossen.

Während bei der betrieblich geprägten Entwicklung der Blockteilung keine vollständige LST-Planung durchgeführt werden kann, sind die wichtigsten Anforderungen jedoch bereits mit zu berücksichtigen, um Änderungen bei der späteren Prüfung durch LST-Fachplaner möglichst zu vermeiden. Dies sind insbesondere:

- erforderliche Durchrutschwege bzw. Gefahrpunktabstände
- Mindestabstand zu Schaltabschnittsgrenzen
- Mindestlängen von Blockabschnitten

Ein Datenaustausch zwischen betrieblicher Optimierung und LST-Planung über die PlanPro-Schnittstelle ist vorgesehen, ist jedoch noch nicht vollständig implementiert. Zunächst werden Angaben zu Signalstandorten mittels Excel-Dateien ausgetauscht.

Da die wichtigsten Planungsregeln bereits in der Optimierung berücksichtigt werden, kommt es bei der Umsetzung in der LST-Planung nur zu geringen Änderungen. In der Regel reicht daher bei der Abstimmung mit dem LST-Planer eine einzige Schleife.

4 Ergebnisse

Mit der mikroskopisch optimierten Blockteilung können die Zugfolgezeiten auf der Stammstrecke gegenüber der S-Bahn-ETCS-Untersuchung um nochmals 2 % verkürzt und gleichzeitig die Zahl der Signale um 10 % reduziert werden. In den Bereichen des Fern- und Regionalverkehrs werden die mittleren Mindestzugfolgezeiten gegenüber der bisherigen Planung um 5 bis 55 Sekunden reduziert. Die theoretische Leistungsfähigkeit kann, bezogen auf Streckenabschnitte, um ca. 10 % erhöht werden. Die optimierte Blockteilung trägt damit wesentlich zur Maximierung der Leistungsfähigkeit bei. Bild 7 zeigt einen exemplarischen Vergleich der bisherigen und der optimierten Planung und der daraus resultierenden mittleren Mindestzugfolgezeiten am Beispiel zweier im Fildertunnel auf den Hauptbahnhof zufahrender ICE 3. Zusammengefasst lassen sich Blockverdichtungen insbesondere in folgenden Fällen:

- Streckenabschnitte vor und nach Verzweigungen (Abzweigstellen, Ein-/Ausfahrten von Bahnhöfen), auch bereits innerhalb der Bahnhofsköpfe (siehe auch [7])
 - im Bereich von Geschwindigkeitsschwellen (Wechsel auf eine deutlich niedrigere Höchstgeschwindigkeit, vgl. [6])
 - vor und nach Bahnsteigen
 - Unterteilung von Bahnsteiggleisen (bei sehr hohen Leistungsanforderungen, siehe auch [8])
 - näheres Heranrücken von Zügen an höhengleiche Kreuzungen.
- Erkenntnisse aus der Blockoptimierung im DKS fließen in das Betrieblich-Technische Zielbild (BTZ) der DSD und Musteraufgabenstellungen ein.

5 Ausblick

Nachdem die bis 2025 zu errichtende LST-Infrastruktur Ende 2020 an Thales vergeben wurde, wird die mikroskopisch optimierte Blockteilung in die Ausführungsplanung (PT1) und zur Ausführung gebracht. Dabei fließen auch noch punktuelle Optimierungen mit ein, darunter die Nutzlängenoptimierung im Hauptbahnhof (vgl. [2]), ergänzende Infrastrukturmaßnahmen und weitere Erkenntnisse der Fahrplankonstruktion.

now decisive block sections. This process is repeated until the headways cannot be reduced any further.

The optimisation of the section is concluded, if the relevant block sections cannot be further shortened (due to constraints or planning rules) or if the addition of any additional signals would only lead to a very slight reduction in the headways.

While no full-scale signalling planning can be carried out during the block optimisation process, the most important constraints must, however, already be considered in order to avoid any changes during the later planning process. These particularly include:

- the length of the overlaps / distance to the danger points
- the minimum distances to the electrical section boundaries
- the minimum lengths of the block sections

An exchange of data between operating optimisation and signalling planning via the PlanPro interface is envisaged, but has not yet been fully implemented. The information on signal locations is initially exchanged using Excel files.

Since the most important planning rules have already been considered in the optimisation, there are only minor changes in the signalling planning implementation. Generally, a single iteration is sufficient when coordinating with the signalling planner.

4 Results

Microscopically optimised block division has shortened the headways on the S-Bahn core by another 2 % (compared to the S-Bahn ETCS feasibility study), while the number of signals / location markers has been reduced by 10 %. In long-distance and regional traffic sections, the average headways will be reduced by 5 to 55 seconds in comparison with the initial plans. The theoretical capacity, based on open line sections, can be increased by around 10 %. Optimised block division thus contributes significantly to maximising performance. Fig. 7 shows an exemplary comparison of the previous and optimised planned and resulting mean headways using the example of two ICE 3 trains in the Filder Tunnel approaching the Stuttgart main station.

In summary, block optimisations are particularly worthwhile in the following cases:

- on open line sections near turnouts (junctions, entry and exit sections near stations) and station throats (also see [7])
- around speed thresholds (change to a significantly lower maximum speed, cf. [6])
- before and after platforms
- at the subdivision of platform tracks (with very high performance requirements, also see [8])
- on closer approaches to grade crossings.

The findings from the block optimisation in the DKS are being incorporated into the Operational and Technical Objectives (BTZ) and the DSD sample performance requirements.

5 Prospects

At the end of 2020, the implementation, including the final signalling design, was awarded to Thales, based on the microscopically optimised block division. As such, some optimisations have also been incorporated, including the usable length optimisation at the main train station (cf. [2]), additional infrastructure measures and other findings from timetable construction.

Anfang 2024 wird der Versuchs- und Vorlaufbetrieb mit ETCS schrittweise beginnen, erste Züge werden von der mikroskopisch optimierten Blockteilung profitieren. Wenn im 2. Halbjahr 2025 die S-Bahn-Stammstrecke, der neue Hauptbahnhof und dessen Zulaufstrecken schrittweise mit ETCS oS in Betrieb gehen, wird sie ihre volle Wirkung entfalten. Während eine breite Mannschaft daran arbeitet, ETCS „ohne Signale“ erstmals in einem großen Knoten in Deutschland umzusetzen, wird in Werkstätten bereits an den darüber hinaus gehenden Schritten gearbeitet: Bis 2030 wird nicht nur das Umland mit DLST ausgerüstet, es werden auch grundlegende technische Weiterentwicklungen verfolgt [2]. Im Zielzustand wird mit ETCS (Hybrid) L3 die Gleisfreimeldung in weiten Teilen fahrzeugseitig erfolgen – in der im Rahmen des DKS geförderten Fahrzeugausrüstung ist die notwendige Zugvollständigkeits- und Längenerkennung (Train Integrity Monitoring System, TIMS) bereits mitberücksichtigt. Das größte Potenzial liegt gleichwohl im Kapazitäts- und Verkehrsmanagementsystem (Capacity and Traffic Management System, CTMS), das momentan im Rahmen der DSD entwickelt wird und nach 2025 im DKS zur Anwendung kommen soll. Damit können beispielsweise die tatsächliche Zuglänge, Bewegung des vorausfahrenden Zuges oder auch Stromabnehmerpositionen beim Einstellen einer Fahrstraße berücksichtigt werden und die Blockteilung in Bahnhöfen kann damit nochmals deutlich verdichtet werden. Am Ende dessen könnten Zugfolgezeiten im DKS nochmals deutlich verkürzt werden – im Hauptbahnhof Stuttgart beispielsweise um bis zu einer Minute. ■

The trial and run-up operations with ETCS will gradually begin at the beginning of 2024 and the first trains will benefit from microscopically optimised block division. Its full effect will become apparent when the S-Bahn core, the new main station and its access routes gradually convert to ETCS without Class B systems in the second half of 2025.

While a broad team is working on implementing ETCS (without Class B) in a large node in Germany for the first time, groundwork on the additional steps has already commenced: not only the surrounding area will be equipped with digital signalling by 2030, but fundamental technical developments will also be pursued [2]. ETCS (Hybrid) L3 will eventually mean that the track vacancy detection will be largely carried out on the vehicle side; the necessary Train Integrity Monitoring System (TIMS) is already included in the vehicle equipment funded as part of the DKS.

Nevertheless, the greatest potential lies in the Capacity and Traffic Management System (CTMS), which is currently being developed within the scope of the DSD and which is intended for use in the DKS after 2025. Using CTMS, parameters such as the actual train length, the motion of a train running ahead or pantograph positions can be taken into account when setting a route. This will lead to a further improved block division in stations. Ultimately, headway times in the DKS could be significantly shortened, for example by up to a minute at the Stuttgart Main Station. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Behrens, M.; Caspar, M.; Distler, A.; Fries, N.; Hardel, S.; Kreßner, J.; Lau, K.Y.; Pensold, R.: Schnelle Leit- und Sicherungstechnik für mehr Fahrwegkapazität, DER EISENBAHNINGENIEUR 6/2021 (<https://bit.ly/2SIQvY>)
- [2] Behrens, M.; Eckardt, E.; Kümmling, M.; Loef, M.; Otrzonsek, P.; Schleede, M.; von Schaper, M.-L.; Wanstrath, S.: Auf dem Weg zum Digitalen Knoten Stuttgart: ein Überblick, DER EISENBAHNINGENIEUR 4/2020 (<https://bit.ly/3pyuXfg>)
- [3] Beyer, M.; Jurtz, S.; Langhof, M.; Reinhart, P.; Vogel, T.: ETCS als Trägersystem zur Leistungssteigerung bei der S-Bahn Stuttgart, SIGNAL+DRAHT 6/2019, S. 6–16 (<https://bit.ly/2MJ4zAY>)
- [4] Bojic, M.; El Hajj Sleiman, H.; Flieger, M.; Lies, R.; Osburg, J.; Retzmann, M.; Vogel, T.: ETCS in großen Bahnhöfen am Beispiel des Stuttgarter Hauptbahnhofs, SIGNAL+DRAHT 4/2021, S. 21–29 (<https://bit.ly/3fiozoJ>)
- [5] Brown, H.G.: The Signalling of a Rapid-Transit Railway. A Study of the Relation Between Signal Locations and Headway, The Journal of the Institution of Electrical Engineers 233, 1 May, 1914 (<https://doi.org/10.1049/jjee-1.1914.0046>)
- [6] Eichenberger, P.: Kapazitätssteigerung durch ETCS, SIGNAL+DRAHT 3/2007, S. 6–14
- [7] Eilers, F.; Ernst, W.: Die Installation des Hochleistungsblocks (HBL) mit linienförmiger Zugbeeinflussung, Die Deutsche Bahn 7/1992, S. 768–770
- [8] Hornemann, K.: Neue LZB bei der S-Bahn München, SIGNAL+DRAHT 9/2005, S. 14–20
- [9] Ingenieurgemeinschaft: Untersuchung zur Einführung von ETCS im Kernnetz der S-Bahn Stuttgart – Abschlussbericht, 31.01.2019 (<https://bit.ly/2Yyaw6h>)
- [10] Meier, H.; Bär, M.: Minimale Zugfolge und notwendige Pufferzeiten im Hochgeschwindigkeitsverkehr mit ETCS, Verkehrswissenschaftliche Tage 2005
- [11] Neuhäuser, R.; Reinhart, P.; Richter, R.; Vogel, T.: Digitaler Knoten Stuttgart: Digitalisierung ist kein Selbstzweck, Deine Bahn 3/2021, S. 22–27
- [12] Vignali, V.; Cuppi, F.; Lantieri, C.; Dimola, N.; Galasso, T.; Rapagnà, L.: A methodology for the design of sections block length on ETCS L2 railway networks, Journal of Rail Transport Planning & Management 13 (2020), 100160

AUTOREN | AUTHORS

Dr. Jonas Denißen

Entwicklung Steuersysteme / Control Systems Development
DB Netz AG
Anschrift / Address: Stresemannstr. 123, D-10963 Berlin
E-Mail: jonas.denissen@deutschebahn.com

Markus Flieger

Betriebliche Infrastrukturplanung Projekt Stuttgart-Ulm /
Operational Infrastructure Planning for the Stuttgart-Ulm Project
DB Netz AG
Anschrift / Address: Presselstr. 17, D-70191 Stuttgart
E-Mail: markus.flieger@deutschebahn.com

Michael Kümmling

Team Verkehr, Betrieb, Digitalisierung & Brandschutz /
Transportation, operations, digitalisation and fire safety team
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH
Anschrift / Address: Rappelenstr. 17, D-70191 Stuttgart
E-Mail: michael.kuemmling@deutschebahn.com

Dr. Michael Kupper

Entwicklung Steuersysteme / Control Systems Development
DB Netz AG
Anschrift / Address: Stresemannstr. 123, D-10963 Berlin
E-Mail: michael.m.kuepper@deutschebahn.com

Sven Wanstrath

Team Verkehr, Betrieb, Digitalisierung & Brandschutz /
Transportation, operations, digitalisation and fire safety team
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH
Anschrift / Address: Rappelenstr. 17, D-70191 Stuttgart
E-Mail: sven.wanstrath@deutschebahn.com

Intelligente digitale Ansteuerung von Eurobalisen

Intelligent digital control of Eurobalises

Georg Klöters | Marcell Gransch | Benedikt Janßen

Dem Eisenbahnwesen kommt in Zeiten des Klimawandels und wachsender weltweiter Logistik von Personen- und Warenströmen eine immer wichtigere Bedeutung zu. Insbesondere in Deutschland und Europa ist man darauf angewiesen, die bestehenden Eisenbahnnetze optimal zu nutzen, da deren Ausbau an die Grenzen des Raumes und der politischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten stößt. Für diese optimale Nutzung der Netze wird eine intelligente Leit- und Sicherungstechnik (LST) dringend notwendig, die es ermöglicht, den Automatisierungsgrad des Eisenbahnsystems zu erhöhen und den Eisenbahnbetrieb zu optimieren und diesen auf einem gegenüber der industriellen Automatisierungstechnik höheren Niveau von Sicherheit und Zuverlässigkeit zu garantieren. Die intelligente Nutzung des European Train Control System (ETCS) als interoperables europäisches Zugbeeinflussungssystem stellt somit eine wichtige Notwendigkeit für die zukünftige LST dar. Um möglichst schnell die Optimierungspotenziale der ETCS-Technik zu heben, sind einfache und kostengünstige Konzepte mit Migrationsmöglichkeiten zu wählen, wie sie eine intelligente Balisenansteuerung bietet.

1 Eurobalisen im ETCS

Das europäische Zugbeeinflussungssystem ETCS soll den Schienenverkehr in Europa optimieren und harmonisieren. Es ersetzt die unterschiedlichen Zugbeeinflussungssysteme der verschiedenen Länder und ermöglicht durch seine Interoperabilität einen europaweiten Zugverkehr. Für die Kommunikation zwischen der Infrastruktur (Stellwerk) und dem Fahrzeug werden u.a. Eurobalisen eingesetzt. Hierbei handelt es sich um Transponder, die zwischen den Schienen montiert werden und Daten in Form von Telegrammen an die Empfangseinheit im Fahrzeug (On Board Unit (OBU)) senden. Man unterscheidet zwei Arten von Eurobalisen: Festdaten- und Transparentdatenbalisen. Die Festdatenbalisen arbeiten autark und senden ein fest eingestelltes Telegramm an die Fahrzeuge, von denen sie auch mit Energie versorgt werden. Die Transparentdatenbalisen werden über die im UNISIG SUBSET-036 [2] spezifizierte Schnittstelle, 'C' mit Energie und Daten versorgt. Sie geben die von einer streckenseitigen Rechneinheit (Lineside Electronic Unit, LEU) über die Schnittstelle, 'C' empfangenen Telegramme an die Fahrzeuge weiter. Damit ist es möglich, je nach Zustand der Strecke, unterschiedliche Fahrtbegriffe zu schicken. Im UNISIG SUBSET-026 [1] werden dazu verschiedene Datenpakete spezifiziert, mit denen alle erforderlichen Informationen über Eurobalisen, Euroloops oder Euroradio (RBC, GSM-R) an die Fahrzeuge übertragen werden können. Eine typische LEU greift die jeweilige Signalstellung von einem Signal ab und ermittelt daraus das zu sendende Balisentelegramm. Bei der hier vorgestellten intelligenten Ansteuerung von Scheidt & Bachmann werden die Balisentelegramme unabhängig von der Signalstellung durch das Stellwerk zusammengestellt und können auch zentral geändert werden (z.B. bei dynamischen Langsamfahrstellen), ohne Änderungen an den Balisen oder LEU vorneh-

In times of climate change and growing global logistics of passenger and goods flows railroads are becoming increasingly important. In Germany and Europe in particular, it is essential to make optimum use of the existing rail networks, as their expansion is reaching the limits of space and of political and economic possibilities. An intelligent Command and Control System (CCS) is urgently needed for this optimal use of the networks. This makes it possible to increase the degree of automation of the railroad system and to optimize railroad operations, guaranteeing them at a higher level of safety and reliability compared to industrial automation technology. So the intelligent use of ETCS as an interoperable European train control system represents an important necessity for the future CCS. In order to leverage the optimization potential of ETCS technology as soon as possible, simple and cost-effective concepts with migration options should be selected, such as those offered by an intelligent balise control subsystem.

1 Eurobalises in ETCS

The European Train Control System (ETCS) is designed to optimize and harmonize rail traffic in Europe. It replaces the different train control systems of the various countries and enables European-wide train traffic, thanks to its interoperability. Eurobalises, among other things, are used for communication between the infrastructure (interlocking) and the vehicle. These are transponders that are mounted between the rails and send data in the form of telegrams to the receiver unit in the vehicle (On Board Unit (OBU)). There are two types of Eurobalises: fixed data and transparent data balises. The fixed data balises operate autonomously and send a fixed telegram to the vehicles, from which they are also supplied with power. The transparent data balises are supplied with power and data via interface 'C' specified in UNISIG SUBSET-036 [2]. They transmit the telegrams received from a Lineside Electronic Unit (LEU) via interface 'C' to the vehicles. This makes it possible to send different signal aspects depending on the state of the track. In UNISIG SUBSET-026 [1], various data packets are specified for this purpose, with which all the necessary information can be transmitted to the vehicles via Eurobalises, Euroloops or Euroradio (RBC, GSM-R). A typical LEU taps the respective signal aspect from a light signal and determines the balise telegram to be sent from it. With the intelligent control system from Scheidt & Bachmann presented here, the balise telegrams are compiled by the interlocking independently of the signal aspect and can also be changed centrally (e.g. for dynamic speed restrictions) without having to change the balises or LEU. An intelligent, digital interlocking system is required for the intelligent control of the Eurobalises.

Bild 1: Testinstallation des Subsystems BCU bei der CFL (Winter 2020/2021)

Fig. 1: Test setup of the Subsystem BCU at the CFL (Winter 2020/2021)

Quelle / Source:

Scheidt & Bachmann GmbH



men zu müssen. Voraussetzung für die intelligente Ansteuerung der Eurobalisen ist ein intelligentes, digitales Stellwerk (DSTW).

2 Transparentdatenbalisen im digitalen Stellwerk

Für die vollständige Integration der Balisansteuerung in das DSTW und damit die Trennung von Energie- und Informationsfluss bis hin zum Feldelement entwickelte die Fa. Scheidt & Bachmann das Subsystem BCU (Balise Control Unit), welches eine moderne LEU als eigenintelligenter Feldelement-Controller ist. Es erweitert das DSTW um die Schnittstelle ‚C‘ nach UNISIG SUBSET-036 [2] und ermöglicht damit die Kommunikation mit Transparentdatenbalisen des ETCS. Hierdurch wird eine Ansteuerung von Transparentdatenbalisen durch die digitale Bahnübergangstechnik BUES 2000 und das DSTW ZSB 2000 von Scheidt & Bachmann ermöglicht. Dieses System kommt bei der Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL) erstmalig zum Einsatz (Bild 1).

Die direkte Ansteuerung des Subsystem BCU durch den Stellwerkskern des ZSB 2000 über die vorhandene digitale Datenschnittstelle ermöglicht einen flexiblen Einsatz von Transparentdatenbalisen bezogen auf die Positionierung, die ETCS-Baseline und die übertragenen Informationen. Sowohl die Positionierung als auch die übertragenen Informationen sind nicht an Signale o.ä. Einrichtungen gebunden, da durch das intelligente Subsystem BCU der Einsatz von Transparentdatenbalisen unabhängig von Lichtsignalen möglich ist. Dadurch können beliebige ETCS-Informationen an beliebigen Orten, z.B. Infill, vom Stellwerk an die Fahrzeuge übertragen werden.

Durch die Integration des Subsystems BCU in die aus Anwendersicht zentralisierte Datenhaltung des ZSB 2000 entfällt eine aufwendige Programmierung im Feld im Falle einer Umprojektion, und eine Kompatibilität mit möglichen Änderungen der ETCS-Spezifikationen ist gegeben. Die hierbei zwingend notwendige Korrektheit der Informationsübertragung zwischen Stellwerk und Fahrzeug ist eine Eigenschaft des generischen Systems. Die in diesem System eingesetzten Komponenten stellen einen zuver-

2 Transparent data balises in the digital interlocking system

For the complete integration of the balise control into the digital interlocking and thus the separation of energy and information flow up to the field element, Scheidt & Bachmann developed the subsystem BCU (Balise Control Unit), which is a modern LEU as an intrinsically intelligent field element controller. It extends the digital interlocking by the interface 'C' according to UNISIG SUBSET-036 [2] and thus enables the communication with transparent data balises of the ETCS. This enables the control of transparent data balises by the digital level crossing technology BUES 2000 and the digital interlocking ZSB 2000 from Scheidt & Bachmann. This system is deployed for the first time at Société Nationale des Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL) (fig. 1.)

The direct control of the BCU subsystem by the interlocking core of the ZSB 2000 via the existing digital data interface allows a flexible use of transparent data balises related to the position, the ETCS baseline and the transmitted information. Both the spatial position and the transmitted information are not bound to signals or similar devices. The intelligent BCU subsystem allows the use of transparent data balises independently of light signals. This means that any ETCS information can be transmitted from the interlocking to the vehicles at any location, e.g. infill.

From a user's point of view, the need for time-consuming programming in the field in case of a reengineering of ETCS data is eliminated by the integration of the BCU subsystem into the centralized data management of the ZSB 2000. Moreover, it ensures compatibility with possible changes to the ETCS specification. The mandatory correctness of the information transfer between interlocking and vehicle is a characteristic of the generic system. The components used in this system provide a reliable and transparent data channel between the interlocking and the vehicle. This means that the data contents of the ETCS packets are just data packets for the components, which are not interpreted by them.

lässigen und transparenten Datenkanal zwischen Stellwerk und Fahrzeug bereit. Das bedeutet, dass die Dateninhalte der ETCS-Pakete für die Komponenten reine Datenpakete sind, die von ihnen nicht interpretiert werden.

Diese Flexibilität bringt Vorteile im Hinblick auf mögliche Umprojektierungen, z.B. werden hierdurch dynamische Langsamfahrstellen, also die Änderung der an das Fahrzeug übertragbaren Informationen ohne aufwendige Umprogrammierung der Baugruppen, unterstützt. Durch intelligent vorprojektierte ETCS-Daten, die in den Subsystemen BCU sicher vorgehalten werden, sind Änderungen jederzeit möglich. Für die Vorhaltung der Daten ist in das Subsystem BCU ein Paketspeicher integriert, der das sichere Übertragen und Speichern von Telegrammdaten sowie deren zuverlässige Kommandierung ermöglicht.

3 Das Subsystem BCU im digitalen Stellwerk ZSB 2000

Das Stellwerk ZSB 2000 ist ein digitales Stellwerkssystem, das seit 2004 bei der Deutschen Bahn AG und weiteren europäischen Infrastrukturbetreibern freigegeben ist und in vielen Stelleinheiten erfolgreich eingesetzt wird. Das ZSB 2000 ist von Anfang an als DSTW entwickelt worden und bindet als solches die einzelnen Teilsysteme mithilfe digitaler Datenschnittstellen ein. Diese Teilsysteme des ZSB 2000 bilden ein hierarchisches Kommunikationsnetzwerk, dessen zentrales Element der Stellwerkskern ist, welcher den zentralen Speicherort für die Projektierungsdaten darstellt [4].

Die Schnittstellen des ZSB 2000 ermöglichen eine flexible und an die jeweiligen Gegebenheiten anpassbare Stellwerksarchitektur bei einer sicheren Übertragung der spezifischen Projektierungsdaten an die Feldelement-Controller. Außerdem stellen sie im Betrieb den zuverlässigen Austausch von Informationen, wie Meldungen und Kommandierungen, sicher. Dies ermöglicht eine zyklische, engmaschige Überwachung der Feldelemente. Als ein solches Feldelement bildet das Subsystem BCU die externe Schnittstelle des ZSB 2000 zur Balise und implementiert somit die Schnittstelle ‚C‘ des UNISIG SUBSET-036 [2]. Bild 2 zeigt die hierarchische Kommunikationsstruktur im ZSB 2000 und die Einbindung von Transparentdatenbalisen durch das Subsystem BCU.

Die Signale werden über eine lokal zentrale Signalsteuerung (LSS) an einen Elementbus angeschlossen. Die LSS ist für die Überwachung sowie die Kommandierung der durch den Stellwerkskern bestimmten Signalbilder zuständig. Sie übernimmt damit die Anbindung von LED-Modulen, Matrix-Anzeigern, PZB-Modulen (Indusi) und weiteren Feldelementen, wie eben nun auch der BCU.

Die LSS speichert eine Tabelle mit Signalbildern, die während des Bootvorgangs geladen wird. Basierend auf dieser Tabelle, werden die durch das Stellwerk kommandierten Signalbilder von der LSS in Steuerbefehle umgesetzt und über den Signal-Bus an die Lichtsignal-Feldelemente gesendet. Ein vergleichbares Verfahren nutzt das Subsystem BCU zur Speicherung der Paketdaten für seine Eurobalisen. Es wird ein Paketspeicher verwendet, der alle notwendigen ETCS-Pakete für die angeschlossenen Eurobalisen enthält. Diese Paketdaten werden einmalig in den Paketspeicher des Subsystems BCU geladen und dort gespeichert. Ein kommandiertes Balisentelegramm wird dann aus den gespeicherten Paketen generiert und an die zugehörige Eurobalise gesendet. Diese Pakete können eine andere Granularität besitzen als die Pakete nach UNISIG SUBSET-026 [1].

Der Anschluss von Balisen durch entsprechende Feldelemente (BCU) wurde bereits bei der Konzeptionierung des Signal-Bus vorgesehen und in den beteiligten Komponenten berücksichtigt. In

This flexibility has advantages with regard to possible project changes or reprogramming, it supports for example dynamic speed restriction by supporting changes to the information that can be transmitted to the vehicle without time-consuming reprogramming of the modules. Intelligently pre-engineered ETCS project data, which is securely stored in the BCU subsystems, allows changes to be made at any time. A packet memory is integrated in the BCU subsystem for the storage of telegram data. It enables the safe transmission and storage of telegram data as well as their reliable commanding.

3 The BCU subsystem in the ZSB 2000 digital interlocking system

The ZSB 2000 interlocking is a digital interlocking system that has been released by Deutsche Bahn AG and other European infrastructure operators since 2004 and is successfully used many times. The ZSB 2000 has been developed as a digital interlocking system from the very beginning and as such integrates the individual subsystems using digital data interfaces. These subsystems of the ZSB 2000 form a hierarchical communication network. The central element is the interlocking core, which is the central storage location for the project planning and engineering data [4].

The interfaces of the ZSB 2000 allow a flexible interlocking architecture that can be adapted to the respective conditions, with a secure transmission of the specific engineering data to the field element controllers. In addition, they ensure the reliable exchange of information during operation, such as messages and commands. So a cyclical, close-meshed monitoring of the field elements is possible. The subsystem BCU representing such a field element is the external interface of the ZSB 2000 to the Balise and thus implements the interface ‘C’ of the UNISIG SUBSET-036 [2]. Fig. 2 shows the hierarchical communication structure of ZSB 2000 and the integration of transparent data balises by the BCU subsystem.

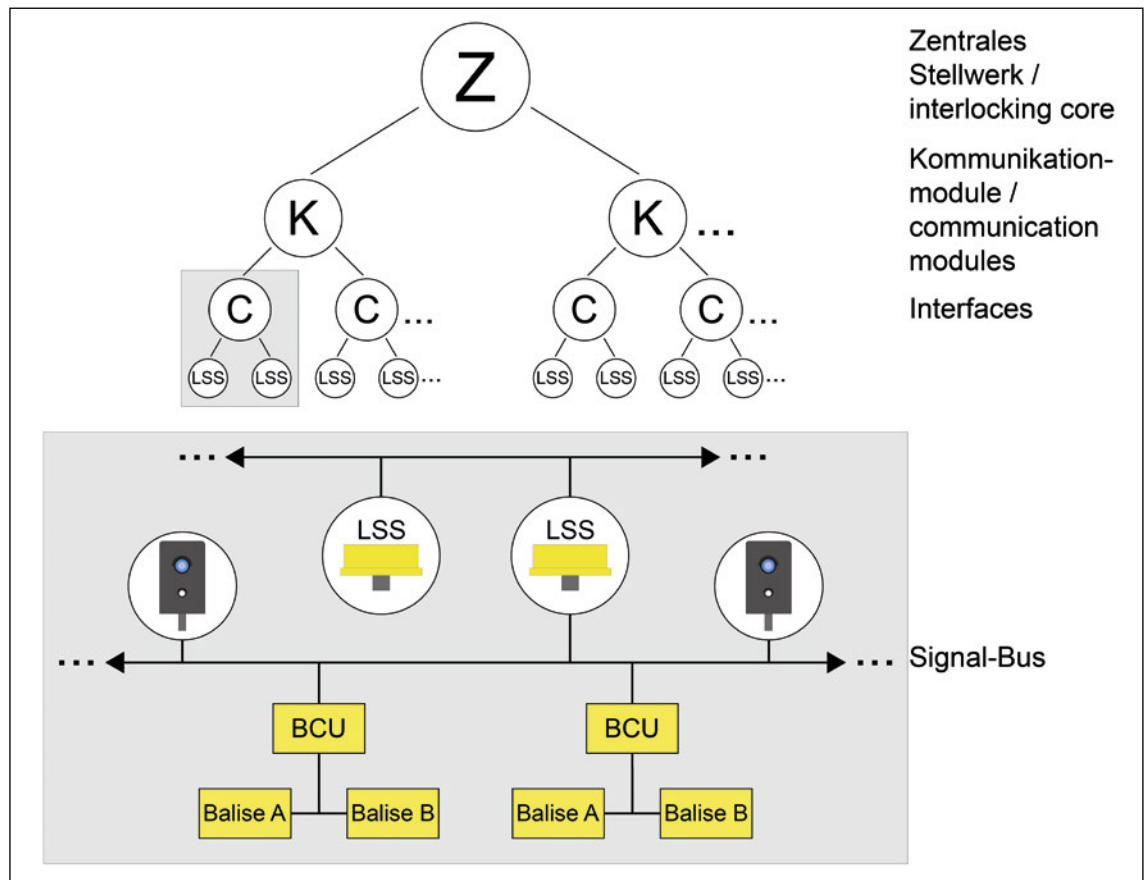
The signals are connected to one of the Element-Buses via a local central signal control (LSS). The LSS is responsible for monitoring and commanding the signal aspects determined by the interlocking core. It thus supports the connection of LED modules, matrix displays, PZB modules (Indusi) and other field elements, such as the BCU.

The LSS stores a table with signal aspects that is loaded during the boot process. Based on this table, the signal aspects commanded by the interlocking are converted into control commands by the LSS and sent to the field elements of the light signal via the Signal-Bus. A similar procedure is used by the BCU subsystem to store the packet data for its Eurobalises. A packet memory is used that contains all the necessary ETCS packets for the connected Eurobalises. This packet data is loaded once into the packet memory of the BCU subsystem and stored there. A commanded balise telegram is then generated from the stored packets and sent to the associated Eurobalise. These packets may have a different granularity than the packets according to UNISIG SUBSET-026 [1].

The connection of balises by means of corresponding field elements (BCU) was already provided by the conceptual design of the Signal-Bus and taken into account in the components involved. The necessary support of the BCU subsystem, such as status and communication monitoring, was activated in the LSS. Multiple BCU subsystems can be connected to one LSS at the same time. Since in ETCS the interlocking core communicates

Bild 2: Signalanbindung über das hierarchische Kommunikationsnetzwerk im ZSB 2000

Fig. 2: Connection of signals in the hierarchical communication network of the ZSB 2000 Quelle / Source: Scheidt & Bachmann GmbH



der LSS wurde hierzu die notwendige Unterstützung des Subsystems BCU, wie die Zustands- und Kommunikationsüberwachung, aktiviert. Mehrere Subsysteme BCU können gleichzeitig mit einer LSS verbunden sein. Da bei ETCS der Stellwerkskern direkt mit dem Fahrzeug kommuniziert und die BCU somit eine spezielle Datenschnittstelle der ETCS-Komponente Balise darstellt, unterstützt die LSS die transparente Kommunikation zwischen Stellwerkskern und dem Subsystem BCU. Diese Funktionalität der LSS hat sich bereits in der Anbindung anderer Feldelemente bewährt. Die transparente Kommunikation zeichnet sich dadurch aus, dass weder LSS noch Subsystem BCU eine Abhängigkeit von den ETCS-Dateninhalten aufweisen. Sie stellen lediglich einen Datenkanal zwischen Stellwerkskern und Eurobalise bereit, der die übertragenen Informationen nicht interpretiert oder bewertet. Die zentrale Verwaltung der Projektierungsdaten im Stellwerkskern und die sichere und transparente Übermittlung der relevanten Informationen an die Feldelemente des ZSB 2000 ermöglichen eine konsistente Datenhaltung und einen verringerten Aufwand bei Projektierungsänderungen. Die systeminhärente Datenkonsistenz ist auch für die Balisendaten gegeben. Für die Ansteuerung von Transparentdatenbalisen z. B. bei dynamischen Langsamfahrstellen bedeutet dies, dass eine aufwendige Umprogrammierung vor Ort oder der Einsatz von Wurfbalisen entfällt. Stattdessen erfolgt die Aktualisierung der Balisendaten zentral und mit geringem Aufwand [3].

4 Stellwerksschnittstelle des Subsystem BCU (Interface 'S')

Der Anschluss des Subsystems BCU an das DSTW ZSB 2000 erfolgt über das Interface 'S' nach UNISIG SUBSET-036 [2] und ist als die betriebsbewährte und im Feld vielfach erfolgreich eingesetzte Si-

directly with the vehicle and the BCU thus represents a special data interface of the ETCS component Balise, the LSS supports transparent communication between the interlocking core and the BCU subsystem. This functionality of the LSS has already been proven in the connection of other field elements.

Transparent communication is characterized by the fact that neither LSS nor subsystem BCU have any dependency on the ETCS data contents. They only provide a data channel between the interlocking core and Eurobalise, which does not interpret or evaluate the transmitted information.

The centralized management of the project engineering data in the interlocking core and the secure and transparent transmission of the relevant information to the field elements of ZSB 2000 offer consistent data management and reduced effort for project data changes. The system-inherent data consistency is also given for the balise data. For the use of transparent data balises for sections of dynamic speed restrictions, this means that time-consuming on-site-reprogramming or the use of so-called throwing balises is no longer necessary. Instead, the balise data is updated centrally and with little effort [3].

4 Interlocking interface of the subsystem BCU (interface 'S')

The connection of the subsystem BCU to the digital interlocking ZSB 2000 is made via the interface 'S' according to UNISIG SUBSET-036 [2] and is designed as the operationally proven Signal-Bus interface which has been used successfully in the field many times. Via this interface, the telegram data of the Eurobalises is transmitted to the BCU subsystem and the data transmission via the Eurobalise is controlled. The direct digital data interface to the interlocking allows flexible arrangement of groups of balises;

gnal-Bus-Schnittstelle ausgeführt. Über diese Schnittstelle werden die Telegrammdaten der Eurobalisen an das Subsystem BCU übertragen und wird die Datenübertragung über die Eurobalise gesteuert. Durch die direkte digitale Datenschnittstelle zum Stellwerk ist die Anordnung von Balisengruppen flexibel möglich, es ist keine direkte örtliche Nähe zum Signal notwendig. Die Telegrammdaten werden voll digital übertragen und die Datenübertragung zum Subsystem BCU ist unabhängig von der Steuerung evtl. vorhandener Signale. Dies bedeutet, dass die Ansteuerung von Balisen auch im Falle einer Signalstörung möglich ist. Umgekehrt wird es durch die Unabhängigkeit auch möglich, im Falle einer ETCS-Störung weiterhin die ggf. noch vorhandenen funktionsfähigen Signale zu nutzen [3].

Neben der Übertragung von Daten aus dem Stellwerk an die Balise ist auch eine Informationsübertragung der intelligenten Balisenansteuerung BCU zum Stellwerk möglich. Diese Übertragungsrichtung ermöglicht die Meldung von Störungen in der Ansteuerung der Balise sowie Zugüberfahrten an das Stellwerk. Das Subsystem BCU stellt eine moderne, digitale Interpretation einer LEU dar. Es greift keine Lampenströme ab, sondern wird direkt aus dem Stellwerkskern digital angesteuert. Das ermöglicht kurze Leitungslängen zu den Eurobalisen und vereinfacht den Anschluss von Infill-Punkten erheblich.

5 Schnittstelle zur Ansteuerung von Eurobalisen (Interface 'C')

5.1 Definition der Schnittstelle zur Eurobalise

Die Schnittstelle zur Ansteuerung von Eurobalisen ist im UNISIG SUBSET-036 [2] und SUBSET-026 [1] spezifiziert.

Im UNISIG SUBSET-036 [2] sind die grundlegenden Kommunikationsschichten zwischen ortsfester streckenseitiger Balisenansteuerung (LEU) und Eurobalise definiert. Es umfasst elektrische Eigenschaften der Eurobalisenschnittstelle und deren Datenkodierungen. Die mittelbare digitale Ansteuerung von Eurobalisen durch den Stellwerkskern über das Subsystem BCU basiert auf den zurzeit definierten Ausgabeständen Baseline 2, Baseline 3 Release 1 und Baseline 3 Release 2 der UNISIG.

Die weiteren UNISIG-Spezifikationen, besonders das SUBSET-026 [1], definieren u. a. die Dateninhalte sowie grundsätzlichen Begriffe und Zusammenhänge. Durch die Umsetzung als Schnittstelle eines transparenten Datenkanals zwischen Eurobalise und Stellwerkskern unterstützt das Subsystem BCU die zurzeit gültigen Baselines des UNISIG SUBSET-026 [1] und voraussichtlich auch mögliche zukünftige Baselines.

Grundlage der ETCS-Datenkommunikation zwischen Stellwerkskern und Fahrzeug sind die Balisentelegramme. Sie bestehen aus sogenannten Paketen, wie z.B. Movement Authority, Linking oder Plain Text Information, die die jeweiligen Informationen enthalten und diese zu logischen Einheiten zusammenfassen. Diese werden zyklisch von der LEU an die Transparentdatenbalisen übertragen und von diesen bei Überfahrt an das Fahrzeug weitergeleitet. Von der Balise oder dem Fahrzeug selbst findet keine direkte Rückmeldung o.ä. an das DSTW statt. Lediglich die Überfahrt eines Fahrzeugs wird durch eine kurze Impedanzänderung (C4) signalisiert.

Durch die feste Begrenzung der nutzbaren Bits in einem Telegramm reicht eine einzelne Balise mit ihrem Balisentelegramm oft nicht aus, um alle notwendigen Informationen an einem Streckenpunkt zu übertragen. Hier werden dann mehrere Eurobalisen verwendet, die hintereinander montiert und befahren werden. Deren Balisentelegramme werden ebenso nacheinander vom Fahrzeug empfangen und bilden gemeinsam die sogenannte Nachricht, die im Fahrzeug aus den einzelnen Balisentelegrammen zusammen-

no direct local proximity to the signal is necessary. The telegram data is transmitted fully digitally and the data transmission to the BCU subsystem is independent of the control of any existing signals. This means that balises can be controlled even in the event of signal fault. Conversely, independence also makes it possible to continue to use any functioning signals that may still be present in the event of an ETCS malfunction [3].

In addition to the transmission of data from the interlocking to the balise, information transmission of the intelligent balise control BCU to the interlocking is also possible. This transmission direction enables the reporting of malfunctions in the control of the balise as well as reporting train crossings to the interlocking. The BCU subsystem is a modern, digital interpretation of a LEU. It does not tap lamp currents, but is digitally controlled directly from the central interlocking system. This offers short cable lengths to the Eurobalises and considerably simplifies the connection of infill points.

5 Interface for the control of Eurobalises (interface 'C')

5.1 Definition of the interface to the Eurobalises

The interface for controlling Eurobalises is specified in UNISIG SUBSET-036 [2] and SUBSET-026 [1].

UNISIG SUBSET-036 [2] defines the basic communication layers between fixed trackside balise control (LEU) and Eurobalise. It includes electrical characteristics of the Eurobalise interface and its data encodings. The indirect digital control of Eurobalises by the interlocking core via the BCU subsystem is based on the currently defined output states Baseline 2, Baseline 3 Release 1 and Baseline 3 Release 2 of UNISIG.

The further UNISIG specification, especially SUBSET-026 [1], define among others the data contents as well as basic terms and relations. By implementing it as an interface of a transparent data channel between Eurobalise and interlocking core, the BCU subsystem supports the currently valid baselines of UNISIG SUBSET-026 [1] and probably also possible future baselines.

The basis of the ETCS data communication between the interlocking core and the vehicle are the balise telegrams. They consist of so-called packets, such as Movement Authority, Linking or Plain Text Information, which contain the respective information and combine it into logical units. These are transmitted cyclically from the LEU to the transparent data balises and forwarded by them to the vehicle when it passes. There is no direct feedback from the balises or the vehicle itself to the digital interlocking. Only the crossing of a vehicle is signaled by a short impedance change (C4).

Due to the fixed limitation of the usable bits in a telegram, a single balise with its balise telegram is often not sufficient to transmit all necessary information at a route point. In this case, multiple Eurobalises are used, which are mounted and driven over one after the other. Their balise telegrams are also received by the vehicle one after the other and together form the so-called message, which is assembled from the individual balise telegrams in the vehicle. These balises mounted one behind the other in the track form a so-called balise group.

5.2 Physical balise interface of the BCU subsystem

The BCU subsystem acts similarly to a classic LEU and sends balise telegrams to the connected Eurobalises, but their connection to the digital interlocking is digital. The Eurobalises are controlled via two channels and in accordance with the Safety

gesetzt wird. Diese hintereinander im Gleis montierten Balisen bilden eine sogenannte Balisengruppe.

5.2 Physikalische Balisenschnittstelle des Subsystem BCU

Das Subsystem BCU agiert ähnlich zu einer klassischen LEU und sendet Balisentelegramme an die angeschlossenen Eurobalisen, ihre Anbindung an das DSTW ist allerdings digital. Die Ansteuerung der Eurobalisen erfolgt zweikanalig und mit Sicherheit nach Safety Integrity Level (SIL) 4. Jedes Subsystem BCU kann bis zu zwei Eurobalisen ansteuern, sodass mit einem Subsystem BCU eine typische Balisengruppe abgedeckt werden kann.

Außerdem unterstützt das Subsystem BCU die nach UNISIG SUBSET-036 [2] optionale C4-Schnittstelle. Die kurze Impedanzänderung der Balise bei Überfahrt durch ein Fahrzeug wird vom Subsystem BCU detektiert und ausgewertet. Hierzu wird der Strom in der 'C'-Schnittstelle zur Eurobalise kontinuierlich gemessen und durch einen Algorithmus zur Erkennung von C4-Ereignissen ausgewertet. Dies ermöglicht die intelligente Erkennung von Überfahrten der Eurobalisen. Die Anbindung an das hierarchische Kommunikationsnetzwerk ermöglicht die Meldung dieser Ereignisse an den Stellwerkskern.

Wird ein Telegrammwechsel kommandiert, während die betroffene Balise befahren wird, ermöglicht die Detektion der Überfahrt die Verzögerung des Telegrammwechsels. Auf diese Weise werden zu keiner Zeit „Teil-Telegramme“ an das Fahrzeug übertragen und

Integrity Level SIL 4. Each BCU subsystem can control up to two Eurobalises, so that a typical group of balises can be covered with one BCU subsystem.

In addition, the BCU subsystem supports the C4 interface, which is optional according to UNISIG SUBSET-036 [2]. The short impedance change of the balise when passed by a vehicle is detected and evaluated by the BCU subsystem. For this purpose, the current in the 'C' interface to the Eurobalise is continuously measured and evaluated by an algorithm for detecting C4 events. This enables the intelligent detection of crossings of the Eurobalise. The connection to the hierarchical communication network allows these events to be reported to the interlocking core.

If a telegram change is commanded while the balise concerned is being driven over, the detection of the crossing enables the delay of the telegram change. In this way, "partial telegrams" are not transmitted to the vehicle at any time and the associated error states on the vehicle side are avoided.

In addition to the evaluation of the C4 signal, the BCU subsystem permanently checks the status of the 'C' interface. This allows errors in the electrical connection (open circuit, short circuit) of the balises to be detected as quickly as possible, reported to the interlocking core and rectified. Such an error is detected before the next crossing and has as little impact as possible on train traffic.

Steuern, stellen, sichern.



Scheidt & Bachmann – innovative Sicherheitstechnologie seit 1872.

- Betriebsleittechnik
- Stellwerkstechnik
- Bahnübergangstechnik

die hiermit verbundenen Fehlerzustände auf Fahrzeugseite vermieden.

Zusätzlich zur Auswertung des C4-Signals überprüft das Subsystem BCU permanent den Zustand der ‚C‘-Schnittstelle. Hiermit können Fehler im elektrischen Anschluss (Leerlauf, Kurzschluss) der Balisen möglichst schnell aufgedeckt, an den Stellwerkskern gemeldet und behoben werden. Ein solcher Fehler wird somit nicht erst bei der nächsten Überfahrt erkannt und hat möglichst geringe Auswirkungen auf den Zugverkehr.

5.3 Logische Balisenschnittstelle des Subsystem BCU

In das Subsystem BCU wurde ein Speicher integriert, welcher die notwendigen ETCS-Paketdaten unabhängig von Inhalt und Format vorhält. Damit wird die Skalierbarkeit der Stellwerksarchitektur des ZSB 2000 von den Projektierungsdaten entkoppelt und eine effiziente Kommunikation ermöglicht.

Das Vorhalten von ETCS-Paketdaten im lokalen Speicher des Subsystem BCU ist möglich, da zum einen die für die Kodierung notwendigen Berechnungen einmalig im Rahmen der Projektierung durchgeführt werden können. Zum anderen sind die ETCS-Pakete, wie beispielsweise Gradient Profile oder Geographical Position, für einen Balisenstandort im Normalbetrieb immer identisch, und auch ETCS-Pakete für dynamische Langsamfahrstellen für mögliche Baustellen können bei der Projektierung bereits berücksichtigt werden [3]. Beim Start des DSTW werden somit alle notwendigen ETCS-Pakete für die angeschlossenen Eurobalisen an das Subsystem BCU übertragen, im Paketspeicher abgelegt und im laufenden Betrieb werden hieraus die notwendigen Balisentelegramme generiert.

Durch das Vorhalten von ETCS-Paketdaten kann die Effizienz des ZSB 2000 hinsichtlich Kommunikation und Rechenleistung gesteigert werden. Durch die Unabhängigkeit des Paketspeichers von Daten und Format kann eine größtmögliche Kompatibilität zu zukünftigen Baselines der UNISIG erreicht werden.

Der Paketspeicher im Subsystem BCU ist über ein Prüfsummenverfahren gesichert und wird zyklisch geprüft. Zusätzlich wird der Paketspeicher nichtflüchtig abgespeichert, sodass er auch nach einem Neustart des DSTW nicht neu in die BCU geladen werden muss. Entsprechende Sicherungsmechanismen stellen die Integrität der Daten sicher.

Ein weiterer Vorteil des Paketspeichers liegt in der Möglichkeit, ihn im Betrieb zu aktualisieren oder zu erweitern. Wird es z. B. durch Baumaßnahmen notwendig, zusätzliche Pakete mit einer Balisengruppe zu übertragen, können diese im Betrieb in das Subsystem BCU geladen werden. Die bereits beschriebenen Sicherungsmechanismen sorgen dafür, dass Übertragungsfehler aufgedeckt würden und der Paketspeicher nur gültige Daten enthält. Anschließend können sofort Balisentelegramme aus den neu übertragenen Paketen generiert werden.

Auch an dieser Stelle ist der Datenkanal des Subsystems unabhängig von der UNISIG-Spezifikation. Die von der BCU als Pakete interpretierten Datenpakete müssen nicht zwingend den Paketen nach UNISIG entsprechen. D.h. es können „Unter-“ oder „Überpakete“ übertragen werden. Dies macht den Datenkanal flexibel nutzbar und ermöglicht Optimierungen für verschiedene Anforderungen.

5.4 Intelligente Kodierung / Kommandierung eines Balisentelegramms

Die Kommandierung eines Balisentelegramms erfolgt über einige kurze Telegramme über den Signal-Bus der LSS. Das Subsystem BCU generiert anhand dieser Informationen das Balisen-Roh-Telegramm aus den jeweiligen Paketen aus dem Paketspeicher. Anschließend

5.3 Logical balise interface of the BCU subsystem

A memory has been integrated into the BCU subsystem which holds the necessary ETCS packet data independent of content and format. This decouples the scalability of the interlocking architecture of the ZSB 2000 from the configuration data and enables efficient communication.

It is possible to keep ETCS packet data in the local memory of the BCU subsystem because, on the one hand, the calculations required for coding can be performed once during project engineering of ETCS data. On the other hand, the ETCS packets, such as gradient profile or geographical position, are always identical for a balise location in normal operation, and ETCS packets for dynamic speed restrictions for possible construction sites can also already be taken into account during project engineering of ETCS data [3]. When the digital interlocking is started, all the necessary ETCS packets for the connected Eurobalises are transmitted to the BCU subsystem, stored in the packet memory and the necessary balise telegrams are generated from this during operation.

By keeping ETCS packet data available, the efficiency of the ZSB 2000 can be increased in terms of communication and computing power. Due to the independence of the packet memory from data and format, the greatest possible compatibility with future UNISIG baselines can be achieved.

The packet memory in the BCU subsystem is secured via a checksum procedure and is checked cyclically. In addition, the packet memory is stored in non-volatile memory so that it does not have to be reloaded into the BCU even after a restart of the digital interlocking. Corresponding backup mechanisms ensure the integrity of the data.

Another advantage of the packet memory is that it can be updated or expanded during operation. If, for example, it becomes necessary to transfer additional packets with a balise group due to construction work, these can be loaded into the BCU subsystem during operation. The data protection mechanisms already described ensure that transmission errors would be detected and that the packet memory only contains valid data. Balise telegrams can then be generated immediately from the newly transmitted packets.

At this point, too, the subsystem data channel is independent of the UNISIG specification. The data packets interpreted as packets by the BCU do not necessarily have to correspond to the packets according to UNISIG. I.e. „sub“ or „super“ packets can be transmitted. This makes the data channel flexible to use and enables optimization for different requirements.

5.4 Intelligent coding / commanding of a balise telegram

The commanding of a balise telegram is done by a few short telegrams via the Signal-Bus of the LSS. The BCU subsystem uses this information to generate the raw balise telegram from the respective packets from the packet memory. Subsequently, the coding according to UNISIG SUBSET-036 [2] takes place in the BCU subsystem (scrambling, 10-to-11-bit transmission, shaping, etc.). Furthermore, the coded balise telegram is checked again by the digital interlocking via an additional checksum.

The encoding of the balise telegrams uses an iterative procedure according to UNISIG SUBSET-036 [2]. Thus, the duration of the computation is not deterministic, since the number of iterations is not predictable. Such behavior should be avoided in embedded real-time systems with safety responsibility. The BCU subsystem therefore uses a combination of real-time computation and precomputed data. This minimizes the number of necessary iterations and achieves deterministic time behavior.

findet im Subsystem BCU die Kodierung nach UNISIG SUBSET-036 [2] statt (Scrambling, 10-to-11-Bit Transmission, Shaping etc.). Außerdem wird das kodierte Balisentelegramm noch einmal über eine zusätzliche Prüfsumme vom DSTW geprüft.

Die Kodierung der Balisentelegramme verwendet ein iteratives Verfahren gemäß UNISIG SUBSET-036 [2]. Somit ist die Dauer der Berechnung nicht deterministisch, da die Anzahl der Iterationen nicht vorhersehbar ist. Ein solches Verhalten sollte in eingebetteten Echtzeitsystemen mit Sicherheitsverantwortung vermieden werden. Das Subsystem BCU bedient sich daher einer Kombination aus Echtzeitberechnung und vorberechneter Daten. Hiermit wird die Anzahl der notwendigen Iterationen minimiert und ein deterministisches Zeitverhalten erreicht.

Durch die statische Menge an Balisentelegrammen pro Balisenstandort kann bereits bei der Projektierung der Balisentelegramme oder der Einrichtung von dynamischen Langsamfahrstellen die komplette Kodierung auf einer höheren Ebene durchgeführt werden. Die hierbei ermittelten Startwerte (Scrambling Bits, Extra Shaping Bits) werden bei der Kommandierung eines Balisentelegramms an das Subsystem BCU übertragen und ermöglichen die Kodierung in nur einem Durchlauf. Die aufwendigen Prüfverfahren Alphabet, Off-Sync-Parsing, Aperiodicity und Under-Sampling müssen vom Subsystem BCU nicht durchgeführt werden, da diese bereits offline, also vor der Inbetriebnahme, erfolgreich durchlaufen wurden. Vereinfacht ausgedrückt muss das Subsystem BCU im Betrieb, also on-

Due to the static quantity of balise telegrams per balise location, the complete coding can already be carried out on a higher level during the project engineering of ETCS data of the balise telegrams or the setup of dynamic slow speed points. The start values determined in this process (scrambling bits, extra shaping bits) are transferred to the BCU subsystem when a balise telegram is commanded and enable coding in just one run. The time-consuming alphabet, off-sync parsing, aperiodicity and under-sampling test procedures do not have to be performed by the BCU subsystem because they have already been successfully run offline, i.e. before commissioning. In simplified terms, the BCU subsystem only has to run through one iteration of the calculation with the correct values during operation, i.e. online.

In addition to supporting real-time behavior and improving efficiency in terms of the computing power required, this also allows a one-time acceptance and testing of all possible balise telegrams in the interlocking. A time-consuming project engineering of ETCS data and acceptance test in the track for construction measures can thus be avoided. With its centralized data storage, the transparent data channel to the Eurobalises and the intelligent coding of the balise telegrams, the BCU subsystem from Scheidt & Bachmann enables optimum connection of Eurobalises to a digital interlocking. With its efficient data interfaces, already proven many times in the field, and a sensible overall concept, it makes a valuable contribution to the harmonization of rail traffic in Europe.



**Bleiben
Sie in der Spur!**

Mit dem Newsletter von

**Eurail
press**

**Jetzt
anmelden!**

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

line, nur eine Iteration der Berechnung mit den korrekten Werten durchlaufen. Neben Unterstützung des Echtzeitverhaltens und einer Verbesserung der Effizienz hinsichtlich der benötigten Rechenleistung kann auf diese Weise ebenfalls eine einmalige Abnahme und Prüfung aller möglichen Balisentelegramme im Stellwerk durchgeführt werden. Eine aufwendige Projektierung und Abnahmeprüfung im Gleis für Baumaßnahmen kann so vermieden werden.

Das Subsystem BCU von Scheidt & Bachmann ermöglicht mit seiner zentralisierten Datenhaltung, dem transparenten Datenkanal zu den Eurobalisen und der intelligenten Kodierung der Balisentelegramme eine optimale Anbindung von Eurobalisen an ein DSTW. Mit seinen bereits vielfach im Feld bewährten, effizienten Datenschnittstellen und einem sinnvollen Gesamtkonzept leistet es einen wertvollen Beitrag für die Harmonisierung des Schienenverkehrs in Europa.

6 Ausblick / Fazit

Der Einsatz von ETCS ist insbesondere wegen seiner Optimierungspotenziale für die Eisenbahnen auch über Europa hinaus interessant. Das Subsystem BCU bietet einen einfachen und kostengünstigen Weg, von den Optimierungspotenzialen der ETCS-Technik im DSTW ZSB 2000 zu profitieren. Möglich wird dies durch die intelligente Balisensteuerung in Form einer modernen, digitalen LEU, welche über eine Datenschnittstelle mit dem Stellwerkskern verbunden ist. Das Subsystem bietet die technischen Voraussetzungen, um mit einfachen Mitteln die Vorteile der direkten sicheren Datenübertragung an die Fahrzeuge zu nutzen und ebenso flexibel auf Änderungen im Netz und damit verbundene Änderungen der ETCS-Datensätze zu reagieren.

Die datentransparente und generische Ausführung der Schnittstelle ‚S‘ des Subsystems BCU unter Nutzung der bewährten digitalen Signalschnittstelle von ZSB 2000 ergibt ein Konzept, das offen ist für die Zukunft. Es ermöglicht so die einfache Migration vorhandener ZSB 2000-Stellwerke in die ETCS-Welt. Die Unabhängigkeit von Lichtsignalen und die Möglichkeit zum Anschluss von bis zu zwei Eurobalisen bieten weitere Vorteile hinsichtlich Einsatzort und Positionierung. Für das DSTW ZSB 2000 bedeutet die intelligente Balisensteuerung die Unterstützung von ETCS L1 LS und FS und einer darüber hinaus gehenden erweiterten Funktionalität, wie sie sonst nur von Systemen mit ETCS L2 erreicht werden kann. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] ERTMS/ETCS, 13.05.2016, „UNISIG SUBSET-026 System Requirements Specification“ (<https://www.era.europa.eu>)
- [2] ERTMS/ETCS, 17.12.2015, „UNISIG SUBSET-036 FFFIS for Eurobalise“ (<https://www.era.europa.eu>)
- [3] Arend, L.; Pott, L.; Hoffmann, N.; Schanck, R.: „ETCS Level 2 ohne GSM-R“, SIGNAL+DRAHT 10/2018
- [4] Finken, K.; Hamblock, T.; Klöters, G.: „ZSB 2000 auf dem Weg zu ETCS“, SIGNAL+DRAHT 10/2019

6 Outlook / Conclusion:

The use of ETCS is interesting for railroads even beyond Europe, in particular because of its optimization potential. The BCU subsystem offers a simple and cost-effective way to benefit from the optimization potential of ETCS technology in the ZSB 2000 digital interlocking. This is made possible by this intelligent balise control in the form of a modern, digital LEU, which is connected to the interlocking core via a data interface. The subsystem offers the technical prerequisites to take advantage of direct secure data transmission to the vehicles by simple means and to react just as flexibly to changes in the network and the associated changes in the ETCS data sets.

The data-transparent and generic design of the interface ‘S’ of the BCU subsystem using the proven digital signal interface of ZSB 2000 results in a concept that is open for the future. It thus enables the simple migration of existing ZSB 2000 interlockings into the ETCS world. The independence of light signals and the possibility to connect up to two Eurobalises offer further advantages regarding location and positioning. For the ZSB 2000 digital interlocking, the intelligent balise control BCU means support for ETCS L1 LS and FS and extended functionality beyond this, which can otherwise only be achieved by systems with ETCS L2. ■

AUTOREN | AUTHORS

Dipl.-Ing. Georg Klöters

Leiter Entwicklung Hardware Platform /
Head of Development Hardware Platform
Scheidt & Bachmann GmbH
Anschrift / Address: Breite Straße 132, D-41238 Mönchengladbach
E-Mail: kloeters.georg@scheidt-bachmann.de

Dipl.-Ing. (FH) Marcell Gransch

Entwicklungsingenieur Hardware Platform /
Development Engineer Hardware Platform
Scheidt & Bachmann GmbH
Anschrift / Address: Breite Straße 132, D-41238 Mönchengladbach
E-Mail: gransch.marcell@scheidt-bachmann.de

Dr.-Ing. Benedikt Janßen

Wissenschaftlicher Mitarbeiter / Research Assistant
Hochschule Niederrhein
Anschrift / Address: Reinarzstraße 49, D-47805 Krefeld
E-Mail: benedikt.janssen@hs-niederrhein.de

Die neue vernetzte digitale EOW von Pintsch

The new Pintsch digitally-networked LOP

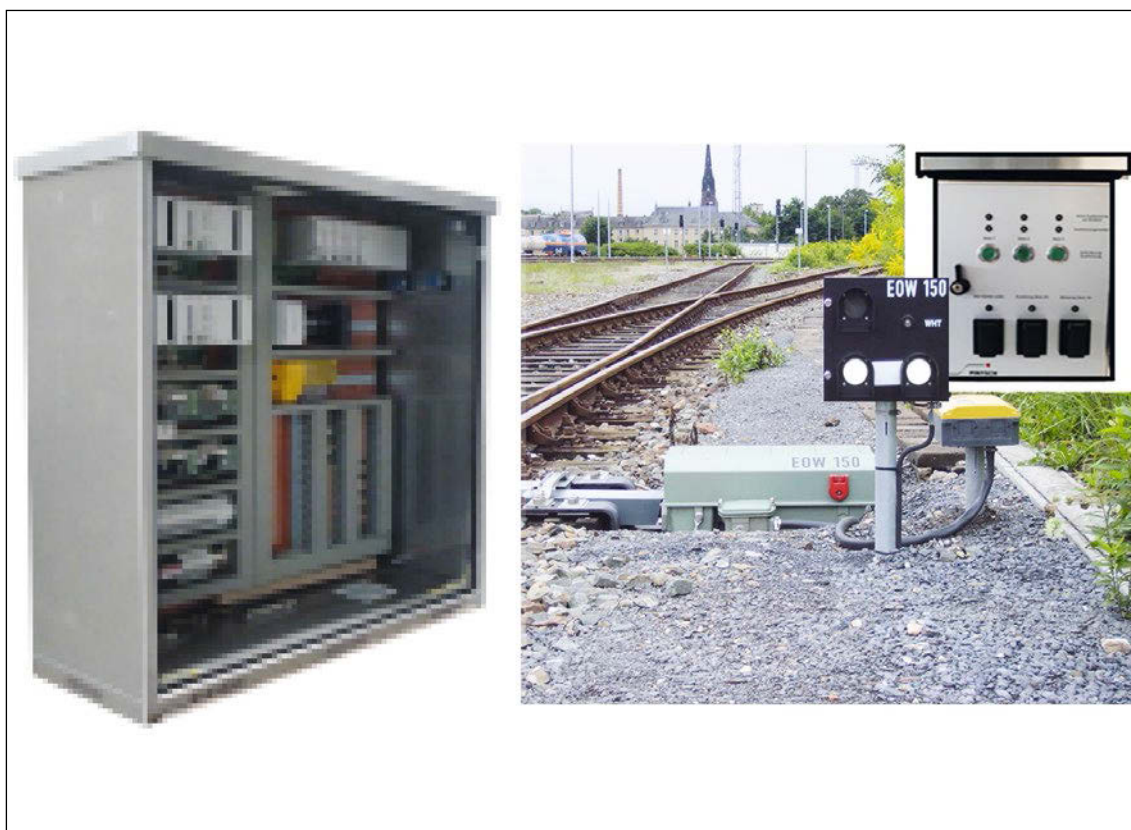
Detlef John

Mit der Weiterentwicklung der Leit- und Sicherungstechnik (LST) zur „Digitalen Schiene“ und der Einführung der neuen digitalen EOW (Elektrisch Ortsgestellte Weiche) hat die Pintsch GmbH den ersten Schritt im Zuge der Modernisierung dieses Systems für eine der wichtigsten Sparten des Unternehmens erfolgreich abgeschlossen (Bild 1). Das neue digitale EOW-System (DEOW) wird zukünftig noch vernetzter und diagnosefähiger sein. Aus diesem Grund wurde schon mit dem zweiten Schritt die Weiterentwicklung der Steuerung für mittlere bis große digitale EOW-Systeme begonnen, um zügig den Kunden im In- und Ausland eine Alternative zur bisherigen konventionellen EOW-Technik mit Fahrwegrechner auf einer digitalen Basis zur Verfügung zu stellen. Das System des sogenannten Fahrwegrechners wird somit noch leistungsfähiger und kann dank seiner Flexibilität sämtliche Kundenanforderungen weltweit bedienen. Das neue, vernetzte und digitale EOW-System von Pintsch setzt sich aus leistungsfähigen Eigen- sowie Industriekomponenten zusammen. Diese Fahrwegssteuerung ist ein weiterer wichtiger Meilenstein für Pintsch als Lieferant von großen Bahnsicherungssystemen als Voraussetzung für einen leistungsfähigen und effizienten Bahnbetrieb (Bild 2). Mit Hightech-Lösungen wie diesen bewegt sich das Unternehmen auf Augenhöhe mit konzerngebundenen Unternehmen wie Siemens oder Thales.

As control and safety technology moves steadily towards “Digital Rail” with the introduction of the new digital LOP system (Locally Operated Points), Pintsch GmbH has successfully completed the first modernisation phase for this technology, which constitutes one of the company’s most important areas of activities (fig. 1). The new digital LOP system (DLOP) will be even more tightly networked and more diagnosable in the future. Now, a control system for medium to large digital LOP systems is being developed in the second phase in order to provide customers at home and abroad with a digital alternative to traditional, route control computer LOP technology as quickly as possible. The route control computer system has evolved, become even more powerful and, thanks to its flexibility, can now meet all customer requirements worldwide. The new Pintsch networked digital LOP system consists of both powerful proprietary and industrial computer components. This route control system constitutes yet another important milestone for Pintsch, a supplier of large-scale railway safety systems, as a prerequisite for efficient high-performance railway operations (fig. 2). High-tech solutions such as these have placed the company on an equal footing with corporate groups such as Siemens or Thales.

Bild 1: Außen- / Innenkomponenten des digitalen EOW-Systems mit Fahrwegrechner

Fig. 1: The external / internal components of the digital LOP system with the route control computer Quelle / Source: Pintsch GmbH



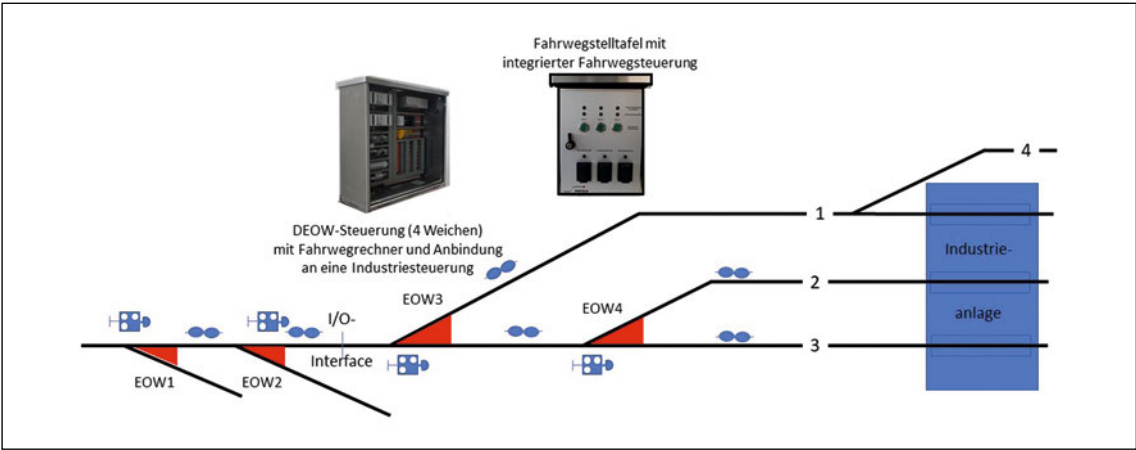


Bild 2: Vernetzte EOW-Steuerung mit einem Fahrwegrechner
Fig. 2: A networked LOP control with a route control computer Quelle / Source: Pintsch GmbH

1 Einleitung

Als einer der führenden innovativen Technologietreiber aus dem Mittelstand für die Bahn in Deutschland und jahrzehntelanger Partner von Eisenbahninfrastrukturunternehmen im In- und Ausland besitzt Pintsch enorm viel Erfahrung und bei vielen Kunden einen sehr guten Ruf auf diesem Gebiet. Daher wurde schon vor einigen Jahren die Entscheidung getroffen, die vorhandene Technik auch für den sogenannten Fahrwegrechner auf einer neuen, digitalen und leistungsfähigen Plattform den heutigen technischen Anforderungen anzupassen. Mit dem Rail-Zertifikat auf einer standardisierten Plattform wurde diese Anforderung noch um einen weiteren wichtigen Punkt ergänzt. Die Pintsch greift in diesem Zusammenhang auf das Produkt eines Anbieters zurück, der ebenfalls jahrzehntelange Erfahrung auf diesem Gebiet besitzt und in vielen Bereichen der LST weltweit ein hohes Ansehen genießt.

1 Introduction

As one of the leading innovative technology drivers in the German railway SME sector and as a partner for railway infrastructure companies both at home and abroad for a number of decades, Pintsch has acquired an enormous amount of experience and a very good reputation with its customers in the field. The decision was therefore made several years ago to upgrade the existing technology, including the route control computer, to a new powerful digital platform in order to meet today's technical requirements. The rail certification for a standardised platform further complemented this effort with a one more important aspect. Pintsch has integrated a PLC product from a supplier that also has decades of experience in the field and enjoys a good international reputation in many areas of control and safety technology. The new networked digital LOP with the new route control computer will be launched into live operations with this PLC-R(ail)

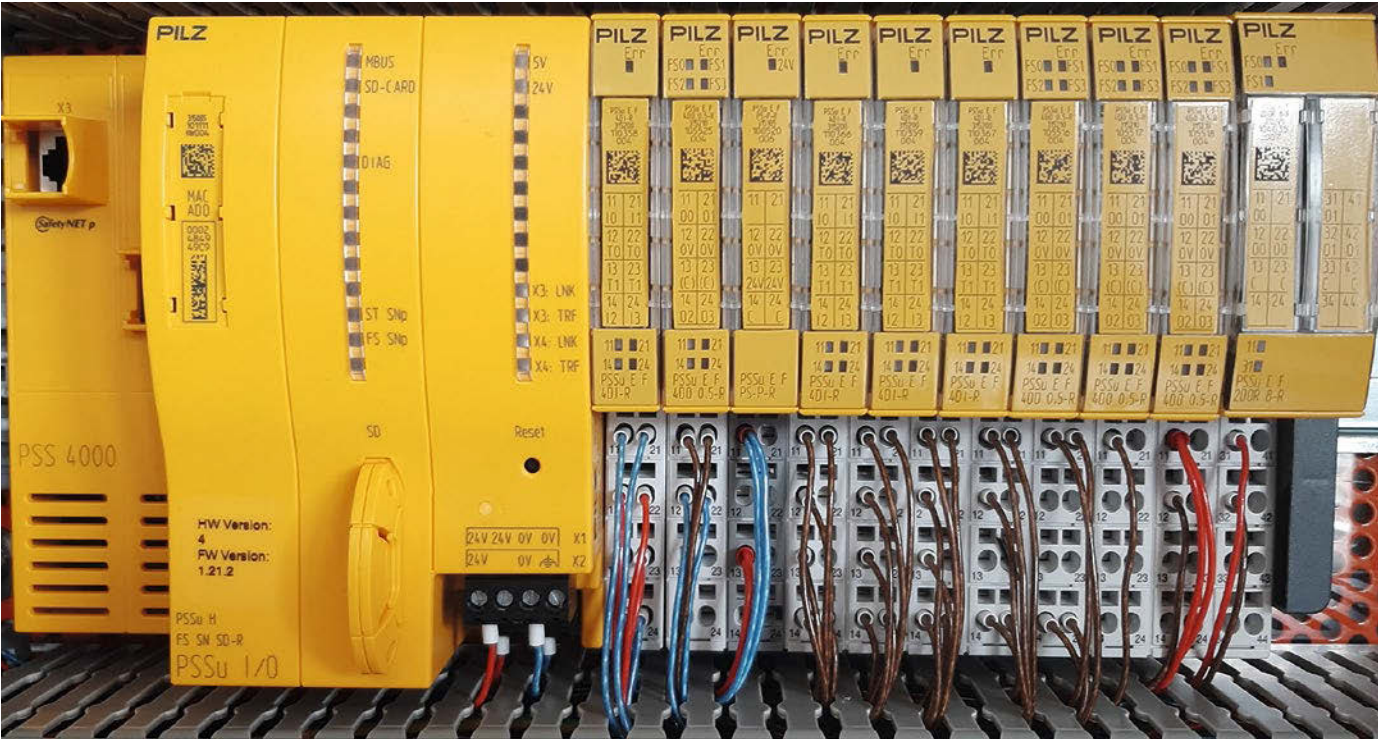


Bild 3: Kernzeile Fahrwegrechner mit Fahrwegspeicher des digitalen EOW-Systems
Fig. 3: The route control computer's core group with the route memory in the digital LOP system

Quelle / Source: Pintsch GmbH

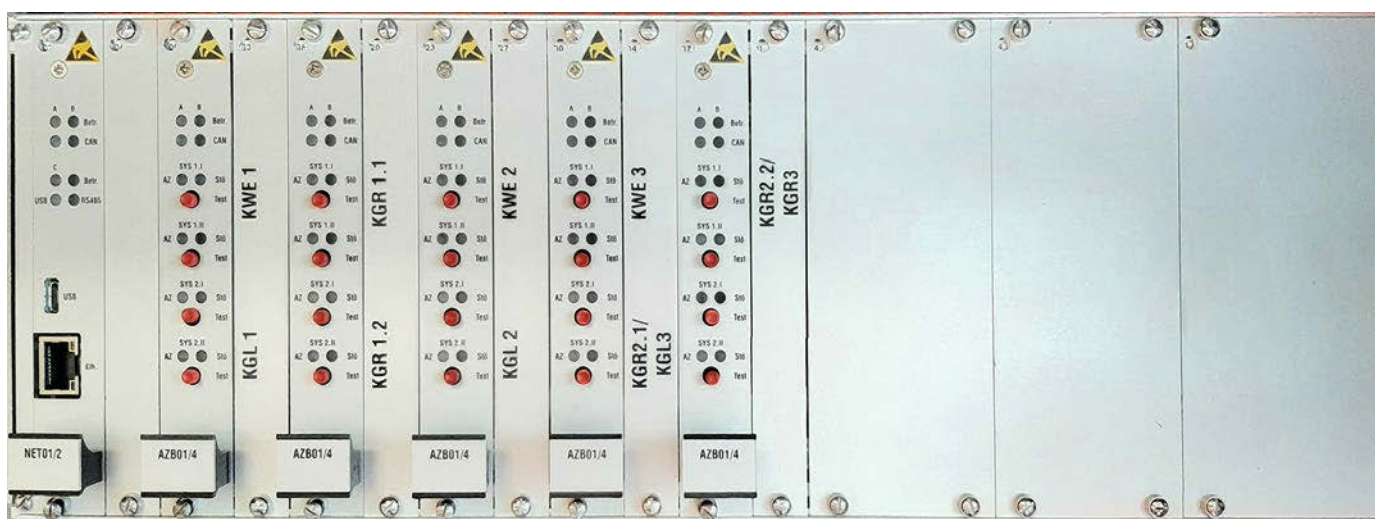


Bild 4: Kernzeile Rechnersystem AZ 2.0 des digitalen EOW-Systems

Fig. 4: The AZ 2.0 computer system's core group in the digital LOP system

Quelle / Source: Pintsch GmbH



Bild 5: Kernzeile Rechnersystem Weichensteuerung des digitalen EOW-Systems

Fig. 5: The points control computer system's core group in the digital LOP system

Quelle / Source: Pintsch GmbH

In einem ersten Projekt wird die neue vernetzte digitale EOW mit dem neuen Fahrwegrechner mit diesem SPS-R(ail) Rechnersystem bei einem Industriekunden im realen Betrieb eingesetzt (Bild 3).

Die Aufgabe des Fahrwegrechners besteht darin, Fahrwege durch die Betätigungen verschiedenster Eingabemedien ((Bedien-)Tastenpult, alphanumerisches Pult, Fahrwegtafel) automatisch ablaufen zu lassen. Die Softwarestruktur des Systems ist nach CENELEC SIL 2 (CENELEC – Comité Européen de Normalisation Electrotechnique, SIL – Safety Integrity Level) prozessual aufgebaut. Die Rechnerplattform selbst ist ein SPS-R(ail) und nach CENELEC SIL 3 entwickelt.

Die zweite Kernkomponente der digitalen EOW ist die AZ 2.x. Dieses Produkt ist nach CENELEC SIL 4 entwickelt und wird auch zur Überwachung der Gleiskreise in den Rangierstellwerken von Pintsch eingesetzt (Bild 4).

Die Weichen der digitalen EOW, mit oder ohne Fahrwegrechner, werden über die proprietäre Steuerung, die auch in anderen Systemen der Pintsch eingesetzt wird, umgestellt (Bild 5).

Bei dieser Anlage handelt es sich um vier einzelne EOW, die über eine Netzwerkverbindung (Ethernet) gekoppelt sind und einzeln bedient werden können.

computer system at an industrial customer's site in the first project (fig. 3).

The route control computer's task is to automatically set the routes given by the various input media (the operating button panel, the alphanumeric panel, the route board). The system's software structure is process-oriented according to CENELEC SIL 2 (CENELEC – Comité Européen de Normalisation Electrotechnique, SIL – Safety Integrity Level). The computer platform itself is PLC-R(ail)-based and has been developed to comply with CENELEC SIL 3.

The second core component of the digital LOP is the AZ 2.x axle counting system. This product has been developed according to CENELEC SIL 4 and is also used to monitor track occupation in Pintsch shunting interlocking systems (fig. 4).

The sets of points commanded by the digital LOP, either with or without the route control computer, are set by the proprietary control system which is also used in other Pintsch systems (fig. 5).

This system consists of four individual LOPs that are linked via a network connection (Ethernet) and can be operated individually. The points can be controlled and set in various combinations and sequence structures as routes that are networked via the route

Über ein (Bedien)-Tastenpult sind die Weichen in verschiedenen Kombinationen und Ablaufstrukturen als Fahrwege über den Fahrwegrechner (Industriekomponente) vernetzt steuerbar.

2 Vorteil der neuen digitalen EOW mit Fahrwegrechner

Die neue digitale Technik ist ein hochverfügbares System und dank modularer Hardware- und Softwarestruktur aus Industrie- und eigenentwickelten Rechnerkomponenten sehr flexibel, sicher und zuverlässig. Es verfügt über standardisierte und leistungsfähige Schnittstellen. Mit dem Einsatz von integrierten Baugruppen für die Ansteuerung der Außenkomponenten ist der Raumbedarf deutlich geringer als in konventionellen Systemen dieser Technik.

2.1 Sicherheit

Die neue Generation der „Digitalen Elektrisch Ortsgestellten Weiche (DEOW)“ erfüllt die Anforderungen nach SIL 2 CENELEC. Dieser Sicherheitslevel wird durch die Einhaltung folgender Prinzipien erreicht:

- Mehrkanaligkeit
 - Achszählsystem AZ 2.0 (SIL 4) (eigenes Rechnersystem!)
 - DEOW-System (SIL 2) (eigenes Rechnersystem!)
- Fahrwegrechner (Industrierechner für Rail!)
 - SPS-System Rail (SIL 3)
- Sicherheitsprozess bei Fehler
- zyklische Prüfungen
- Verfolgung eines Entwicklungsprozesses nach CENELEC SIL 2 Vorgaben

Zusätzlich wird die Sicherheit dadurch gewährleistet, dass alle übrigen Komponenten ebenfalls nach den Anforderungen der CENELEC entwickelt wurden.

2.2 Wirtschaftlichkeit

Der Einsatz der neuen digitalen EOW bietet dem Betreiber viele Vorteile:

- einfache Nutzung von Komponenten und Subsystemen, die auf einem gemeinsamen Standard aufbauen
- störungssichere Nutzung von Komponenten und Subsystemen, die eine hohe Verfügbarkeits- und Zuverlässigkeitsanforderung besitzen
- Der kompakte Aufbau führt zur Senkung der Kosten für den Betreiber.
- Der modulare Aufbau bietet Flexibilität bei der Realisierung.
- Durch die integrierte Wartungsunterstützung mithilfe von entsprechenden Diagnoseeinrichtungen wird der Instandhaltungsprozess optimiert.

2.3 Modularisierung

Durch die flexible Auslegung des neuen EOW-Systems lassen sich Anlagen schneller den Anforderungen der jeweiligen Betreiber anpassen. Mithilfe des Einsatzes eines Fahrwegrechners können digitalisierte EOW-Systeme mit mehr als 400 Fahrwegen realisiert werden. Je Fahrweg lassen sich mehr als 20 Weichen sowohl vernetzt (gekoppelt) als auch nicht vernetzt betreiben.

Auf Besonderheiten bei Umbauten sowie Erweiterungen kann mit dem neuen EOW-System wesentlich flexibler reagiert werden.

2.3.1 Möglichkeiten der Konfiguration

Durch die modulare Struktur, die neu entwickelte Software und auch durch neue Hardwarekomponenten ist es möglich, einzelne Weichen sowie große Rangierbereiche mit einfachen und doppelten Kreuzungsweichen einzeln oder vernetzt mit einem Fahrwegrechner zu

control computer (a standard industrial component) using the button operating panel.

2 The benefits of the new digital LOP with the route control computer

This new digital technology is a system with a high level of availability that is flexible, secure and reliable thanks to its modular hardware and software structure consisting of industrial and proprietary computer components, including standardised, highly efficient interfaces. The use of integrated assemblies to control the external components means that the space requirement is significantly lower than that of conventional systems.

2.1 Safety

The new generation of “Digital Locally Operated Points (DLOP)” fulfils the requirements of CENELEC SIL 2. This safety level has been achieved through the adherence to the following principles:

- multi-channel
 - the AZ 2.0 axle counting system (SIL 4) (a proprietary computer system!)
 - the DLOP system (SIL 2) (a proprietary computer system!)
- the route control computer (a standard industrial computer for rail!)
 - the PLC Rail system (SIL 3)
- safety processes in the case of any malfunctions
- cyclic tests
- the execution of a development process according to the CENELEC SIL 2 specifications

In addition, all the other components have also been developed to meet CENELEC requirements, so safety is ensured.

2.2 Cost-effectiveness

The new digital LOP provides operators with many benefits, including:

- the easy use of components and subsystems built to a common standard.
- the fail-safe use of components and subsystems that meet high availability and reliability requirements.
- the compact design results in reduced costs for the operator.
- the modular design provides flexibility during project realisation.
- maintenance has been optimised by means of integrated maintenance support in addition to the appropriate diagnostic equipment.

2.3 Modularisation

The flexible design of the new LOP system means that installations can be adapted more quickly to the requirements of their respective operators. Digital LOP systems with a capacity of over 400 routes can be realised with the help of a route control computer. More than 20 points per track can be operated in both network (coupled) and non-networked modes.

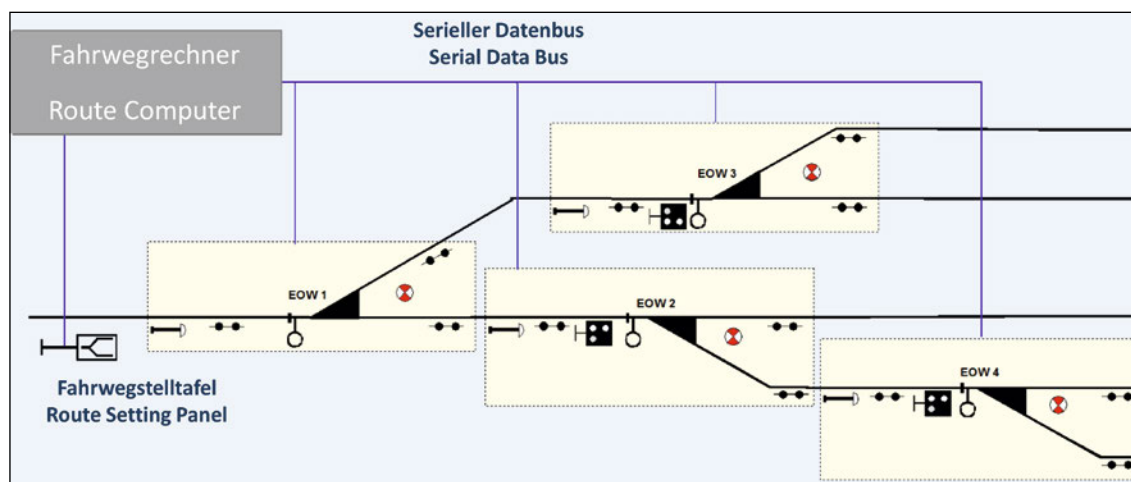
The new LOP system can be configured to meet special requirements much more flexibly during both conversion and extension projects.

2.3.1 Configuration options

The modular structure, new software and new hardware components make it possible to use a route control computer to control anything ranging from individual sets of points to large shunting yards, including single and double crossing

Bild 6: Systemkonzept vernetzte EOW gesteuert über einen Fahrwegstellrechner

Fig. 6: The system concept for networked LOPs controlled by a route control computer
Quelle / Source: Pintsch GmbH



steuern. Dieser ist auf einer eisenbahnzugelassenen Industriepattform entwickelt und erfüllt hardwareseitig CENELEC SIL 3. Die im Lastenheft der DB Netz AG definierten Anforderungen ermöglichen dem Planungsingenieur, die Umsetzung der Anlagenkonfiguration unter Berücksichtigung der Planungshinweise schnell zu realisieren.

Das neue System bietet zudem Möglichkeiten, die heutige EOW-Systeme nicht erfüllen können, da sowohl die Hardware als auch die Software noch nicht diesen Reifegrad besitzen.

2.4 Projektierung

Die Projektierung der Hard- und Software wird mithilfe von Softwaretoolketten unterstützt, die flexibel an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden können und dadurch die Umbau-/Erweiterungszeiten von neuen EOW-Systemen verkürzen und somit ebenfalls zur Kostenersparnis beitragen.

3 Systembausteine der digitalen EOW mit Fahrwegrechner

3.1 Digitale EOW-Schnittstelle

Eines der Ziele für die neue digitale EOW lag darin, den Aufwand an Kupferkabeln wesentlich zu verringern und durch vernetzte Strukturen zu ersetzen. Dieses ist Pintsch im vollen Umfang gelungen. Die digitale EOW-Schnittstelle ermöglicht die Verbindung einzelner DEOW (inklusive der im großen WLM) über eine Ethernet-Schnittstelle, wodurch die Kupferverkabelung enorm reduziert wird.

3.2 Fahrwegstellrechner-Schnittstelle

Wie schon zuvor beschrieben, wurde auch der Fahrwegrechner im Zuge der Digitalisierung des Systems neu aufgesetzt. Dieser wird auf der Grundlage einer modernen Industriepattform mit den Erfahrungen, die in den vergangenen Jahrzehnten mit der Herstellung von EOW-Systemen gesammelt wurden, nach den neuesten Anforderungen entwickelt.

Die Anbindung des Fahrwegrechners an rechnergesteuerte Systeme anderer Infrastruktureinrichtungen eines Kunden kann in herkömmlicher Art über eine sogenannte diskrete parallele Kupferschnittstelle realisiert werden. Die zweite Möglichkeit besteht über eine standardisierte Ethernet-Schnittstelle an verschiedenste Rechnerplattformen. (Bild 6)

3.3 Diagnose-Schnittstelle

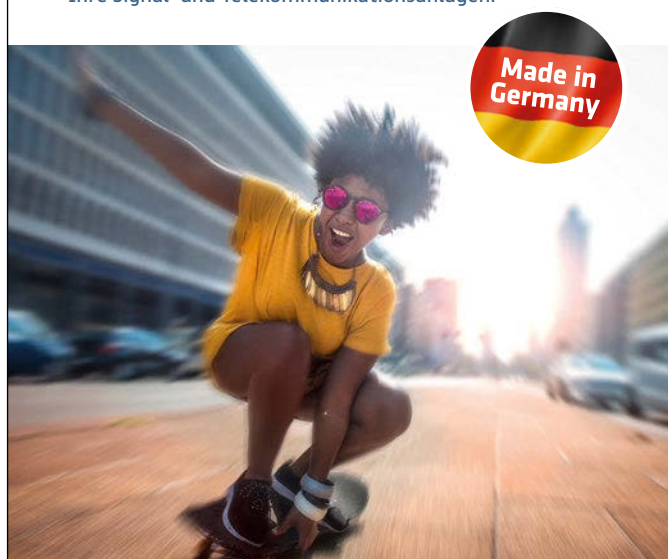
Durch die Entwicklung einer einheitlichen Diagnose für alle Systeme der LST setzt das Unternehmen seinen innovativen Ansatz

points, individually or networked. The route control computer has been developed on a standard industrial platform that is approved for railway applications; the hardware complies with CENELEC SIL 3.

The planning engineer is thus able to quickly realise the implementation of the system configuration with the requirements defined in the DB Netz AG specifications, while taking into account any planning notes.

Let's roll!

Bereit für das Licht am Ende des Tunnels? Wir unterstützen Sie gern mit den gewohnt besten Kabeln und Leitungen für Ihre Signal- und Telekommunikationsanlagen.



Wir informieren Sie gerne ausführlich:

Tel: +49 (0) 30 3675 40

E-Mail: kontakt@prysmiangroup.com

www.prysmiangroup.de

Prysmian
Group

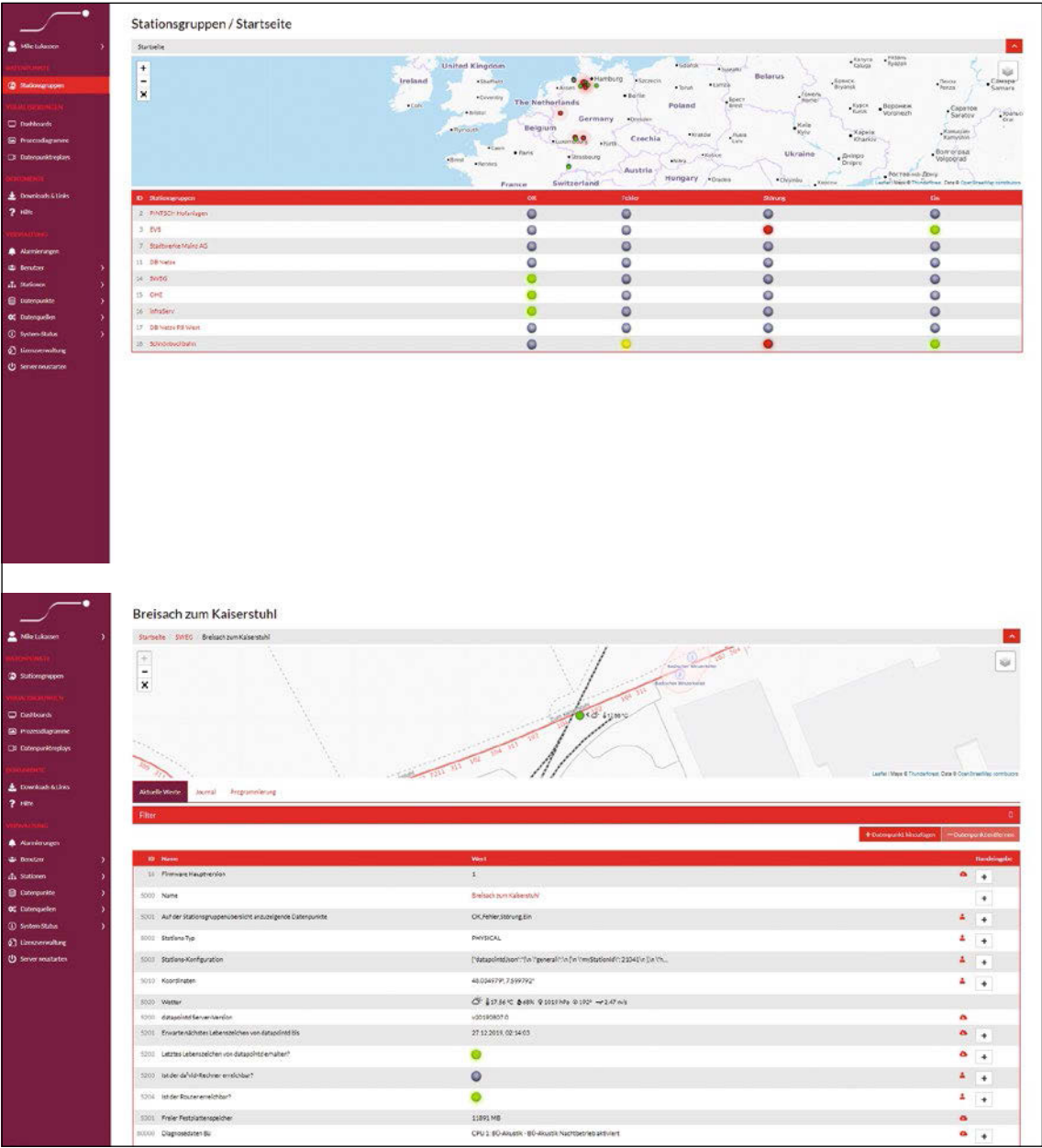


Bild 7: Prinzipielle Monitordarstellung des web-basierten Diagnosesystems

Fig. 7: An example of the web-based diagnostic system's monitor display Quelle / Source: Pintsch GmbH

auch auf diesem Gebiet fort und bringt damit zukünftig auch Synergien, die in anderen Sparten gehoben werden, in dieses System ein. Über eine Datenverbindung wird die Diagnose an die jeweilige LST-Infrastruktur angepasst. Dadurch ist gesichert, dass sich Verbesserungen der Diagnose allen Systemen der LST der Firma zur Verfügung stellen lassen. Das gilt auch für die Hardware des Diagnosesystems. (Bild 7)

4 Projektentwicklung der digitalen EOW mit Fahrwegrechner

4.1 Planung, Aufbau und Inbetriebnahme

Die Planung der Rangierbereiche mit einem Fahrwegrechner wird federführend durch die Pintsch gesteuert und in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden flexibel und zeitnah durchgeführt. Unterstützt werden die Projekte durch die Vertriebsbereiche des Unternehmens. Durch die enge Zusammenarbeit aller beteiligten Organisationseinheiten (intern/extern) können die Durchlaufzeiten vom Projekteingang bis zur Inbetriebnahme kleingehalten werden.

The new system also offers options that contemporary LOP systems cannot provide, because the conventional hardware and software have not yet attained the necessary levels of maturity.

2.4 Project planning

Hardware and software project planning is supported by software tool chains that can be flexibly adapted to the respective requirements, thus shortening the conversion or expansion times of any new LOP systems and contributing to cost savings.

3 The digital LOP with the route control computer – system components

3.1 The digital LOP interface

One of the goals of the new digital LOP has been to significantly reduce the quantity of required copper cables and to replace them with networked structures. Pintsch has succeed-

5 Zusammenfassung und Ausblick

Wie auch auf anderen Gebieten der LST setzen sich im Bereich der EOW immer mehr die Trends zur Digitalisierung, Standardisierung und optimalen Ausnutzung der Infrastruktur durch präventive Wartungskonzepte durch. Die Weiterentwicklung der Systeme ermöglicht eine bessere Einbindung in die vorhandene Infrastruktur des Bahnbetriebes sowie eine effiziente Auslastung der neuen Infrastruktur.

Die neuen digitalen Systeme sind ferner energie- und platzsparender als die heutigen Systeme. Dieser Trend wird sich auch in Zukunft fortsetzen und zu einer noch größeren Konzentration der Steuerungen von Infrastruktur führen. Auch die Pintsch GmbH wird sich an diesem Wandel aktiv beteiligen; deren Entwicklung digitaler Gleisinfrastuktursysteme macht deutlich, wie sehr mittelständische Industrieunternehmen als Technologie-Enabler und Technologiebeschleuniger den Bahnmarkt durch innovative Entwicklung und Anwendungen nach vorne bringen. ■

ed magnificently in this regard. The digital LOP interface enables the connection of individual DLOPs (including those contained in large points monitoring systems) via an Ethernet interface, which reduces the need for copper cabling enormously.

3.2 The route control computer interface

As described above, the route control computer has also been re-worked and placed on a new footing as part of the digitalisation of the system. It has been developed on the basis of a modern industrial platform that complies with the latest requirements and it has benefited from the experience that the company has gained over the past decades from the production of LOP systems.

The connection of the route control computer to customers' computer-controlled systems for other infrastructure facilities has been realised conventionally using a discrete parallel copper interface. Alternately, a standardised Ethernet interface can also connect to various other computer platforms (fig. 6).

3.3 The diagnostic interface

Pintsch has extended its innovative approach into the field of diagnostics by developing a uniform diagnostic system for all the control and safety systems and in doing so has also introduced future synergies, which will be achieved in other areas, into the system.

The diagnostic system is adapted to the given rail control and safety infrastructure via a data connection. This ensures that any diagnostic improvements can be made available to all the systems included in the company's control and security technology. The same also applies to the diagnostic system hardware (fig. 7).

4 The project management of the digital LOP with the route control computer

4.1 Planning, installation and commissioning

The planning of shunting yards with a route control computer is managed and overseen by Pintsch and carried out flexibly and promptly in close cooperation with the customer. The projects are supported by the company's sales divisions. The close cooperation of all the involved organisational units (both internal and external) enables the throughput time from the project submission to commissioning to be kept to a minimum.

5 Summary and outlook

As in other areas of control and safety technology, the trend towards digitalisation, standardisation and the optimal utilisation of infrastructure through preventive maintenance is becoming increasingly widespread in the LOP sector. The further development of these systems has resulted in improved integration into the existing railway infrastructure, as well as the efficient utilisation of the new infrastructure.

Furthermore, these new digital systems are more efficient in terms of energy and required space than today's systems. This trend is set to continue in the future and will lead to an even greater concentration of infrastructure control. Pintsch GmbH is actively participating in these advances and its development of digital track infrastructure systems underlines the extent to which medium-sized industrial companies, in their capacity as technology enablers and accelerators, are driving the railway market forward with their innovative developments and applications. ■

AUTOR | AUTHOR

Detlef John

Stellvertretender Entwicklungsleiter / Deputy Head of Development

Pintsch GmbH

Anschrift/Address: Hünxer Straße 149, D-46537 Dinslaken

E-Mail: detlef.john@Pintsch.net

Kurzberichte | Newsflash

Thales: Hitachi Rail übernimmt Ground Transportation Systems

Was zunächst ein Gerücht war, hat sich am 4. August 2021 bestätigt: Hitachi Rail hat die Übernahme des Geschäftsbereichs Ground Transportation Systems (GTS) von Thales angekündigt. Der Abschluss der Übernahme für einen Unternehmenswert von 1,66 Mrd. EUR (215 Mrd. JPY) wird für Ende des Geschäftsjahres 2022 erwartet. Mit der Übernahme von GTS will Hitachi Rail bis 2026 einen Umsatz von ca. 7,7 Mrd. EUR (1 Trn. JPY) erreichen. Der Geschäftsbereich GTS von Thales beinhaltet die Segmente Eisenbahnsignal- und Zugsteuerungssysteme, Telekommunikations- und Überwachungssysteme sowie Lösungen für das Fahrgeldmanagement. Der französische Rüstungskonzern Thales will sich nach dem Verkauf von GTS auf seine drei Kernsparten Luftfahrt, Verteidigung und Sicherheitstechnik konzentrieren. (jsh)

Thales: Hitachi Rail acquires Ground Transportation Systems

What was initially a rumour was confirmed on 4 August 2021: Hitachi Rail announced the acquisition of Thales' Ground Transportation Systems (GTS) business. Completion of the acquisition for an enterprise value of EUR 1.66 billion (JPY 215 billion) is expected by the end of the 2022 financial year.

With the acquisition of GTS, Hitachi Rail aims to achieve revenues of approximately EUR7.7bn (JPY1 trn) by 2026. Thales' GTS business includes the segments of railway signalling and train control systems, telecommunication and supervision systems, and fare collection solutions segments.

Following the sale of GTS, the French defence group Thales intends to focus on its three core divisions: aeronautics, defence and security. (jsh)

EurailJobs

Karrieremarkt der Bahnbranche



Eisenbahn-Bundesamt

Das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) sucht für das Referat 21, Sachbereich 2 der Außenstelle Berlin zum nächstmöglichen Zeitpunkt, unbefristet, eine/einen

Bauingenieurin/Bauingenieur (m/w/d) (FH-Diplom/Bachelor) für die Eisenbahn- und Bauaufsicht über Anlagen der Eisenbahnen in den Fachgebieten Oberbau und Ingenieurbau

Der Dienort ist Berlin.

Referenzcode der Ausschreibung 20211186_9617

Fühlen Sie sich angesprochen?

Dann bewerben Sie sich bitte bis zum 07.09.2021 über das Elektronische Bewerbungsverfahren (EBV) auf der Einstiegsseite <http://www.bav.bund.de/Einstieg-EBV>. Hier geben Sie bitte den oben genannten Referenzcode ein.

Bei Fragen steht Ihnen das Team der Personalgewinnung des Eisenbahn-Bundesamtes gerne zur Verfügung. Bitte richten Sie evtl. Fragen unter Angabe des Referenzcodes aus der Ausschreibung an: personalgewinnung@eba.bund.de

Den vollständigen Ausschreibungstext mit ausführlichen Informationen zu dem Aufgabengebiet und den Anforderungen erhalten Sie über das Internet unter

<http://www.eisenbahn-bundesamt.de> <http://www.bav.bund.de>



Mit mehr als 300 elektrischen Triebwagen und 100 Bussen erbringen wir mit über 2.500 Mitarbeitern an 5 Standorten gemeinsam Nahverkehrsleistungen in Karlsruhe und Umgebung. Hierbei stellen wir als Gründer und Erfinder des „Karlsruher Modells“ den reibungslosen operativen Betrieb unserer Eisenbahn- und Stadtbahnleistungen in unserem rund 600 km großen Schienennetz sicher. Über 170 Mio. Kunden nutzen jährlich unsere Dienstleistungen.

Wir suchen zum nächstmöglichen Zeitpunkt in Vollzeit eine engagierte Persönlichkeit, die gemeinsam mit einem motivierten Team die Weichen für die Zukunft des Unternehmens stellt.

Dozent für die AVG I Akademie (m/w/d)

Referenznummer: 070621_2

Das Anforderungsprofil und die Aufgaben finden Sie unter: <https://www.avg.info/unternehmen/karriere/offene-stellen.html>

Finden Sie sich in diesem Anforderungsprofil wieder und möchten Sie die Chance bei einem modernen Verkehrsunternehmen nutzen, dann freuen wir uns auf Ihre Bewerbung bis zum 31.08.2021 unter Angabe der Referenznummer an die folgende Adresse: bewerbung@avg.karlsruhe.de.

Weitere Infos über unser Unternehmen finden Sie auf www.avg.info. Für weitere Auskünfte steht Ihnen Herr Oswald unter 0721 6107-6500 gerne zur Verfügung. Wir setzen uns für Chancengleichheit ein.

AVG. Bewegt alle.



CAF Signalling: Zertifizierung für ETCS Baseline 3, Release 2

Die On-Board ETCS Baseline 3 Release 2-Lösung von CAF Signalling wurde gemäß der neuesten TSI 2019/776 zertifiziert. Das Auriga genannte System ist in dem von Plasser & Theurer in Zusammenarbeit mit AZD Praha hergestellten Messwagen EM100 eingebaut. Von der nationalen Sicherheitsbehörde wurde es auch für den Betrieb in Tschechien zugelassen. In der On-Board-Lösung ist ein weiteres Klasse-B-System integriert: Das LS-System, das derzeit in Tschechien in Kombination mit ETCS eingesetzt wird. (jsh)

CAF Signalling receives ETCS Baseline 3 Release 2 certification

CAF Signalling's on-board ETCS Baseline 3 Release 2 solution has been certified according to the latest TSI 2019/776. The system, called Auriga, is installed in the EM100 gauge wagon manufactured by Plasser & Theurer in cooperation with AZD Praha. It has also been approved by the national safety authority for operation in Czechia. In addition, CAF Signalling has integrated another Class B system into its on-board solution: The LS system, which is currently used in combination with ETCS in Czechia. (jsh)

EurailJobs

Karrieremarkt der Bahnbranche



Wir sind eine 100%ige Tochter der SWEG Südwestdeutsche Landesverkehrs-AG und für die Unterhaltung der Infrastruktur von Eisenbahnstrecken zuständig.

Verstärken Sie unser Team als

Meister/Techniker der Elektrotechnik (m/w/d) oder Elektriker/Elektroniker (m/w/d)

in unserer Signalmeisterei Gammertingen oder Hechingen

Das erwartet Sie bei uns

- Interessanter, sicherer Arbeitsplatz in einem motivierten Team
- Bezahlung nach Tarifvertrag, Sonderzuwendung, Treueprämie, zusätzliche Altersversorgung und weitere soziale Leistungen
- Gründliche Einarbeitung

Ihr Profil

- Ausbildung im Elektrohandwerk oder im Fernmeldewesen und entsprechende Berufspraxis

Sind Sie dabei?

Dann senden Sie Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen per E-Mail an unsere Personalabteilung, personal@sweg.de. Ihre Fragen beantwortet Ihnen vorab gerne Herr Markus Rimmel unter Tel. 07821/2702-70.

Ihre Aufgaben

- Wartung, Instandhaltung und Entstörung von Bahnübergängen, Anlagen, Streckensicherungsanlagen sowie Stellwerken
- Fehlersuche an elektrischen/elektronischen Baugruppen anhand von Schaltplänen mittels Diagnosegeräten
- Überwachung von Auftragnehmern bei der Errichtung oder bei Umbauten von Bahnübergangssicherungsanlagen

SWEG SCHIENENWEGE GMBH

SWEG Schienenwege GmbH
Bahnhofstraße 21
72379 Hechingen

www.sweg.de

Termine 2021



Wir sind dort, wo Ihre Kunden sind.

HEFT 7+8/21

7. Railway Forum, 07.09. – 08.09.21, Berlin

HEFT 9/21

Hypermotion 21, 14.09. – 16.09.21, Frankfurt

HEFT 11/21

ITS World Congress, 11.10. – 15.10.21, Hamburg

18. Internationale Schienenfahrzeugtagung, 22.09. – 24.09.21, Dresden

21. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress, 11.11. – 12.11.21, Fulda

Weitere Infos:

Silke Härtel

040/237 14-227

silke.haertel@dvvmmedia.com

Änderungen vorbehalten

Impressum | Imprint



Gegründet 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@dvvmmedia.com
Ing. August Zierl
august.zierl.extern@dvvmmedia.com

Freie Fachredaktion | Advising Specialist Editors

Dipl.-Ing. Roland F. Albert
rf.albert.extern@dvvmmedia.com
Dipl.-Ing. Helmut Steindl
helmut.steindl.extern@dvvmmedia.com

Verlagsredaktion | Staff Editors

Dipl.-Journ. (FH) Jennifer Schacha
(Redaktionsleitung / Managing Editor)
Tel.: +49 40 23714-281, jennifer.schacha@dvvmmedia.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
Geschäftsführer | CEO: Martin Weber
Verlagsleiter | Publishing director: Manuel Bosch
Tel.: +49 40 23714-155 | manuel.bosch@dvvmmedia.com

Anzeigen | Advertisements

Anzeigenleitung | Advertising mgt. Eurailpress: Silke Härtel
Tel.: +49 40 23714-227, silke.haertel@dvvmmedia.com
Anzeigenverkauf | Advertising sales: Silvia Sander
Tel.: +49 40 23714-171, silvia.sander@dvvmmedia.com
Anzeigentechnik | Ad Administration: Pascal Hofer
Tel.: +49 40 23714-130, pascal.hofer@dvvmmedia.com

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 54 vom 1. Januar 2021.
The valid advertisements price list is no. 54 of 1 January 2021.

Vertrieb | Distribution

Leiter Marketing & Vertrieb |
Marketing and distribution manager: Markus Kukuk
Tel.: +49 40 23714-291 | markus.kukuk@dvvmmedia.com
Unternehmenslizenzen Digital / Print |
Enterprise licences digital / print:
lizenzen@dvvmmedia.com

Leser- und Abonnenten-Service | Reader and subscriber service

Tel.: +49 40 23714-260 | Fax +49 40 23714-243
kundenservice@dvvmmedia.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 238,00 EUR inkl. Porto zzgl. MwSt.
Subscription Domestic EUR 238,00 for one year incl. P&P plus VAT.
Abonnement Ausland jährlich 275,00 EUR inkl. Porto
Abroad with a VAT number EUR 275,00 incl. P&P

Das Abonnement beinhaltet die jeweiligen Ausgaben gedruckt und digital sowie den Zugang zum Archiv.

The subscription includes each individual issue in printed, digital forms and also access to the archive.

Einzelheft 28,10 EUR inkl. MwSt. | Single issue 28,10 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.

Layout | Layout

TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf

Druck | Printing company

Silber Druck oHG, Lohfelden

INSENTENVERZEICHNIS | DIRECTORY OF ADVERTISERS

Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH, Karlsruhe	84
DVV Media Group GmbH, Hamburg	U2, 11, 21, 36, 75, 86, U3, U4
Eisenbahn-Bundesamt, Bonn	84
PRYSMIAN Kabel und Systeme GmbH, Berlin	81
Scheidt & Bachmann GmbH, Mönchengladbach	73
SWEG Schienenwege GmbH, Hechingen	85

In dieser Ausgabe finden Sie eine Beilage der

DVV Media Group GmbH, Hamburg.

Wir bitten um freundliche Beachtung.

In this issue you will find supplements of DVV Media Group GmbH, Hamburg. We kindly ask for your attention.

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
ISSN 0037-4997





Lassen Sie sich
unverbindlich
beraten!

DIGITALE SONDER|DRUCKE

Onlinemarketing mit Ihrem Fachartikel zur
Nutzung in Ihren digitalen Kanälen

**Werben Sie mir Ihrem maßgeschneiderten
digitalen Sonderdruck!**

Wir finden mit Ihnen die beste Ergänzung
zu Ihrem Onlinemarketingmix, sodass Sie
Ihre digitale Reichweite optimal ausnutzen
können.



IHRE VORTEILE IM ÜBERBLICK:

- › Kostengünstige und individuelle Content Marketing Inhalte
- › Zielgruppenspezifisches Werben durch einen nachhaltigen Kommunikationsverstärker
- › Unterstützung Ihrer digitalen Kanäle durch hochwertige Fachbeiträge
- › Für Online-Kongresse, Messen oder Symposien
- › Individuelle Erweiterung durch zusätzliche Inhalte

Für mehr Informationen besuchen Sie www.eurailpress.de/digitale-sonderdrucke

Interesse? Ihre Ansprechpartnerin: **Martina Hennig**

@ lizenzen@dvvmedia.com | ☎ 040 237 14 139

✉ DVV Media Group GmbH, Heidenkampsweg 73–79, 20097 Hamburg



Eurail
press

Archiv

Ohne Umwege zu Ihren Fachartikeln

Abonnenten
erhalten bis zu
**50 %
Rabatt**

-  35.000 Beiträge
-  laufende Aktualisierung
-  individuelle Suchoptionen
-  Volltextsuche
-  Sofort-Download

EI
DER
EISENBAHN
INGENIEUR

ETR
EISENBAUTECHNISCHE
RUNDschau

EIK
EISENBAHN-INGENIEUR
KOMPENDIUM

SIGNAL-ORBIT

Rail
BUSINESS

GUTERBAHNEN
POLITIK & MARKT & TECHNIK

DER NAHVERKEHR
Öffentliche Personennahverkehr & Stadt- und Region

Eurail
press

Archiv

www.eurailpress.de/archiv-abonnenten

WISSEN, WAS BAHNEN BEWEGT

**Jetzt
testen!**

Rail
BUSINESS



Fachinformationen für Top-Manager der Bahnbranche

EI
DER
EISENBAHN
INGENIEUR



Aktuelles Wissen für alle Ingenieure und Führungskräfte

ETR
EISENBAHNTECHNISCHE RUNDSCHAU



Informationen rund um Technik, Betrieb, Wissenschaft und Forschung im Bahnsektor


SIGNAL + DRAHT



Das weltweit führende Fachmedium für Führungskräfte der Bereiche Signal-, Leit- und Sicherungstechnik

**Eurail
press**
Archiv



Übergreifendes Fachwissen für den gesamten Schienenverkehr aus allen Eurailpress-Titel

bahn manager



Das Wirtschaftsmagazin für den Schienensektor

**Jetzt
testen!**

ÜBERZEUGEN SIE SICH SELBST!



EI – DER EISENBAHNINGENIEUR

- Ihr Marktführer im deutschsprachigen Raum für bahntechnisches Fachwissen
- Fachautoren aus Redaktionen und Branche sichern die hohe fachliche Qualität

MEDIENPAKET

- **Print:** 12x jährlich auf Ihrem Schreibtisch
- **E-Paper:** bereits vorab informiert mit der PDF-Ausgabe
- **Archiv:** Zugriff auf alle EI-Inhalte ab dem Jahr 2000 im Eurailpress-Archiv
- **App für Smartphone und Tablet:** alle Ausgaben sind auf Ihren mobilen Geräten verfügbar

► **Jahresabo: EUR 238,- zzgl. MwSt. inkl. Porto**



ETR – Eisenbahntechnische Rundschau

- seit über 60 Jahren der Impulsgeber für das System Bahn
- fundierte Fachbeiträge aus Wissenschaft und Praxis – ergänzt um Aktuelles und Meinungen aus Politik und Branche

MEDIENPAKET

- **Print:** 10x jährlich auf Ihrem Schreibtisch
- **E-Paper:** bereits vorab informiert mit der PDF-Ausgabe
- **Archiv:** Zugriff auf alle ETR-Inhalte ab dem Jahr 2000 im Eurailpress-Archiv
- **App für Smartphone und Tablet:** alle Ausgaben sind auf Ihren mobilen Geräten verfügbar

► **Jahresabo: EUR 304,- zzgl. MwSt. inkl. Porto**



SIGNAL+DRAHT

- das einzige Fachmedium weltweit speziell für Leit- und Sicherungstechnik in Deutsch und Englisch
- Fachautoren liefern klare Fokussierung auf LST und Datenkommunikation

MEDIENPAKET

- **Print:** 10x jährlich in Deutsch und Englisch auf Ihrem Schreibtisch
- **E-Paper:** bereits vorab informiert mit der PDF-Ausgabe
- **Archiv:** Zugriff auf alle SIGNAL+DRAHT-Inhalte ab dem Jahr 2000 im Eurailpress-Archiv
- **App für Smartphone und Tablet:** alle Ausgaben sind auf Ihren mobilen Geräten verfügbar

► **Jahresabo: EUR 238,- zzgl. MwSt. inkl. Porto**



Rail Business

- wöchentlicher Branchenreport mit Hintergründen und Analysen
- tagesaktuelle Informationen fachkundig recherchiert und aufbereitet

MEDIENPAKET

- **E-Paper:** wöchentlich freitags informiert mit der PDF-Ausgabe
- **Online:** Zugriff auf erweiterte Rail Business-Inhalte auf www.eurailpress.de
- **Rail Business Daily:** der tägliche Nachrichtenservice per E-Mail
- **Archiv:** Zugriff auf alle Rail Business-Inhalte ab dem Jahr 2008 im Eurailpress-Archiv
- **App für Smartphone und Tablet:** alle Ausgaben sind auf Ihren mobilen Geräten verfügbar

► **Jahresabo: EUR 598,- zzgl. MwSt.**



Bahn Manager

- das Wirtschaftsmagazin für den Schienensektor
- exklusive Berichte, Interviews und Analysen aus dem Schienensektor

MEDIENPAKET

- **Print:** 6x jährlich auf Ihrem Schreibtisch
- 120 bis 140 Seiten geballte Branchen-Insights pro Ausgabe
- **E-Paper:** bereits vorab informiert mit der PDF-Ausgabe und zusätzlichen Multimedialen-Inhalten (Videos, interaktive Grafiken u.a.)
- **Archiv:** Zugriff auf alle bahn manager Ausgaben + Meldungen im Eurailpress-Archiv

► **Jahresabo: EUR 160,- zzgl. MwSt. inkl. Porto**



EURAILPRESS-ARCHIV

- Fachartikelarchiv mit über 35.000 Beiträgen aus dem gesamten Bahnsektor
- bietet Ihnen eine einfache Volltextsuche über verschiedene Publikationen und Jahrgänge hinweg
- Sofort-Download aller Beiträge im Originallayout und mit fester URL möglich

- **Jahresabo: Basic-Zugang: EUR 411,84 zzgl. MwSt.**
- **Premium-Zugang: EUR 598,- zzgl. MwSt.**
- **30 Tage Premium-Zugang: 95,- inkl. MwSt.**

@ kundenservice@dvvmedia.com | ☎ 040 237 14 240

✉ DVV Media Group GmbH, Heidenkampsweg 73–79, 20097 Hamburg