

Die Bausteine der Digitalen LST

Die Themen EULYNX, ATO, ETCS & Co. standen im Fokus der 28. Sicherungstechnischen Fachtagung an der TU Dresden



Abb. 1: Blick auf das Auditorium

Quelle: U. Maschek

RICHARD KRETZSCHMAR

Traditionell lädt die Professur für Verkehrssicherungstechnik der Technischen Universität Dresden jährlich im September alle interessierten Fachexperten zur Sicherungstechnischen Fachtagung ein. Am 28. und 29. September 2023 präsentierten die Referenten im Hörsaal des Gerhart-Pothhoff-Baus aktuelle Forschungsergebnisse, Digitalisierungsvorhaben im Schienengekehr und Innovationsprojekte. Fazit: Die Digitalisierung in der Leit- und Sicherungstechnik (LST) erfordert die Transformation der jetzigen Planungsvorgänge, Betriebsabläufe, Beschaffungs- und Instandhaltungsprozesse und technischen Konzepte. Weiterhin ist erkennbar, dass Themen wie beispielsweise Automatic Train Operation (ATO) und Capacity & Traffic Management System (CTMS) zukünftig an Bedeutung gewinnen werden.

Die Fachtagung wurde wie in den vergangenen Jahren in enger Zusammenarbeit der Professur für Verkehrssicherungstechnik und

dem CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik organisiert und durchgeführt. Das hybride Veranstaltungsformat ermöglichte es ca. 50 Online-Teilnehmern, die mit über 200 Präsenzteilnehmern ausgebuchte Veranstaltung dennoch mitzuverfolgen und Fragen im Chat zu stellen. Ein professionelles Technik-Team mit drei Kameras sorgte für eine qualitativ hochwertige Live-Übertragung, sodass sich die Fernteilnehmer „wie im Hörsaal“ fühlen.

Begrüßung und Eröffnung

Die Fachtagung begann mit einem Mittagsimbiss, der erste Gelegenheiten für fachlichen Austausch und das Knüpfen neuer Kontakte bot. Um 12.00 Uhr eröffnete Prof. Jochen Trinckauf, bis Dezember 2022 Inhaber der Professur für Verkehrssicherungstechnik, die Veranstaltung. In seiner Rolle als Moderator stellte er das Tagungsprogramm vor und leitete zum ersten Fachvortrag über.

Betriebliches Zielbild als Ausgangspunkt für die Digitalisierung des Bahnbetriebs

Matthias Kopitzki und Maximilian Webersinn (DB Netz AG) erörterten in ihrem Vortrag, dass

das Betriebliche Zielbild (BZB) zukünftig den Ausgangspunkt für ein durchgängiges Anforderungsmanagement im digitalisierten Bahnbetrieb bildet. Besonders in Bezug auf den Roll-out von digitaler LST (z.B. European Train Control System – ETCS Level 2 ohne Signale, Digitale Stellwerke) soll dieses Zielbild eingesetzt werden. Im zweiten Schritt wird aus dem erstellten BZB das Technische Zielbild (TZB) abgeleitet. Anschließend werden die beiden Zielbilder im Betrieblich-Technischen Zielbild (BTZ) zusammengeführt und darauf basierend ein Technologie- und Entwicklungsplan (TEP) sowie ein Betrieblicher Entwicklungsplan (BEP) erstellt. Im letzten Schritt erfolgt die Umsetzung durch Einarbeitung in Lastenhefte, Herstellervorgaben und Regelwerke. Sollten sich Abweichungen zum ursprünglichen BZB ergeben, wird der iterative Prozess erneut durchlaufen und werden notwendige Anpassungen vorgenommen. Die beiden Vortragenden plädierten dafür, dass die Komplexität des Schienengekehrs systems sinken muss, um die gesteckten betrieblichen Ziele zu erreichen. Ein möglichen Ansatz sehen sie beispielweise darin, die Betriebsregeln anzugeleichen und zu harmonisieren.

ETCS-Entwicklung, wie geht es weiter?

Baseline 4

Frank Leissner (European Union Agency for Railways, ERA) gab in seinem Vortrag Einblicke in die neuesten Weiterentwicklungen von ETCS. Zu diesen zählen ein Automatic Train Protection (ATP)-System für die Single European Railway Area (SERA), Teilstandardisierungen mit dem Schwerpunkt im Bereich Fahrzeugausrüstung und Teilproduktsspezifikationen als gesetzliche Regelung. Sein Vortrag gewährte den Zuhörern Einblicke in die bereits angekündigte Baseline 4, ATO und Future Railway Mobile Communication System (FRMCS). Die Optimierung von ETCS-Bremskurven, hybride Zugortung und der Entfall von Rangiersignalen zählen gleichermaßen zu den gegenwärtigen Bemühungen der ERA.

Reference CCS Architecture goes to System and Innovation Pillar

Eine Kooperation der Infrastrukturbetreiber in Europa hat es sich von 2018 bis 2022 unter dem Titel „Reference CCS Architecture (RCA)“ zum Ziel gesetzt, eine einheitliche streckenseitige LST-Architektur unter Beachtung der Fahrzeugtechnik zu entwickeln. Rolf Pensold (DB Netz) und Martin Woiton (Signon Deutschland) präsentierten die zukünftige Bündelung von RCA gemeinsam mit dem Forschungs- und Innovationsprojekt der ERA „Shift2Rail“ im R&I-Programm „Europe's Rail“. Die neu geschaffenen Instrumente „System Pillar“ und „Innovation Pillar“ sind Teil dieses integrierten Programms. Der „System Pillar“ soll als Wegweiser für ein übergreifendes Betriebskonzept fungieren. Der „Innovation Pillar“ umfasst hingegen den Aufbau von Demonstratoren für die Ideenentwicklung. Im zweiten Teil des Vortrags erfolgte mit der Vorstellung eines innovativen, zugorientierten Ansatzes der LST eine mögliche Anwendung der neuen Instrumente. Die Grundidee beim zugori-

entierten Ansatz besteht darin, die bisherige Anwendung von Fahrstraßen und Blöcken zu überdenken und stattdessen einen Ansatz zu wählen, bei dem der Zug als Sicherungsobjekt im Mittelpunkt steht.

EULYNX – Digitalisierung erfordert Standardisierung

Christian Kis (EULYNX-Konsortium) präsentierte die Vision und Ziele sowie bisherige Arbeitsergebnisse von EULYNX, einem Zusammenschluss von 15 europäischen Beteiligten zur Standardisierung sicherungstechnischer Schnittstellen. Er ging auf die EULYNX-Systemarchitektur ein, die eine Darstellung der Schnittstellentypen umfasst. Zu diesen zählen die Prozessdatenschnittstelle (SCI-XX), Diagnoseschnittstelle (SDI-XX), Wartungsschnittstelle (SMI-XX), Security-Schnittstelle (SSI-XX) und weitere Schnittstellen für die Steuerung, Wartung, Bedienung, Anzeige und Energieversorgung. Abschließend präsentierte Herr Kis den Arbeitsablauf des EULYNX-Konsortiums bei der Erstellung von EULYNX-Dokumenten anhand des V-Modells.

EULYNX Live: Codegenerierung für zulassungsfähige Systeme

Der Vortrag von Robert Schmid (Hasso-Plattner-Institut der Universität Potsdam, HPI) baute direkt auf der erläuterten EULYNX-Systemarchitektur auf und betrachtete dessen praktische Umsetzung. Durch Codegenerierung aus EULYNX-Modellen soll die Entwicklung von zulassungsfähigen Systemen beschleunigt werden. Sein Vortrag begann mit der Erläuterung der EULYNX-Protokollstapel aus informatischer Sicht und dem modelbasierten System-Engineering in EULYNX. Die Zuverlässigkeit von Sicherheitsfunktionen wird für elektrotechnische und programmierbare Systeme mithilfe von Sicherheitsanforderungsstufen (Safety Integrity Level, SIL)

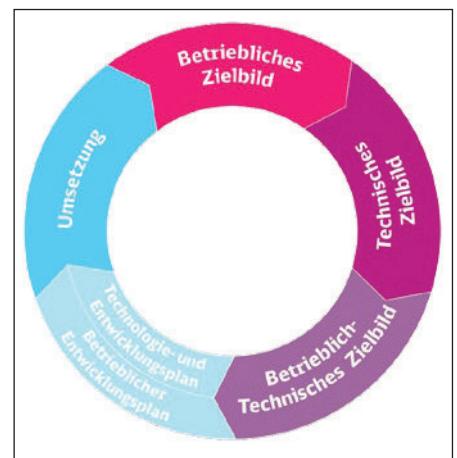


Abb. 2: Das Betriebliche Zielbild bildet den Ausgangspunkt für ein durchgängiges Anforderungsmanagement.

Quelle: [1]

beurteilt. Die Herausforderung bei der Codegenerierung ist, dass Software selbst keine Ausfallrate hat und deshalb spezielle Maßnahmen getroffen werden müssen, um die geforderten SIL4-Qualifikationen zu erreichen. Dazu zählt die Anwendung eines nachvollziehbaren Softwareentwicklungsprozesses (V-Modell), der in Bezug auf die Codegenerierung und -verifikation präsentiert wurde. Weiter wurde auf bestehende Unterschiede zwischen den EULYNX-Verhaltensmodellen hingewiesen, die sich beispielsweise durch die Art der Semantik unterscheiden. Abschließend unterbreitete der Referent einen Verbesserungsvorschlag für die Formalisierung der EULYNX-Modelle.

Automatische Planung und Betriebssteuerung mit CTMS

Dr. Michael Küpper (Digitale Schiene Deutschland) erläuterte in seinem Referat das CTMS. Hauptaufgabe von CTMS ist es, die Fahrplanung und Disposition über alle Zeit-

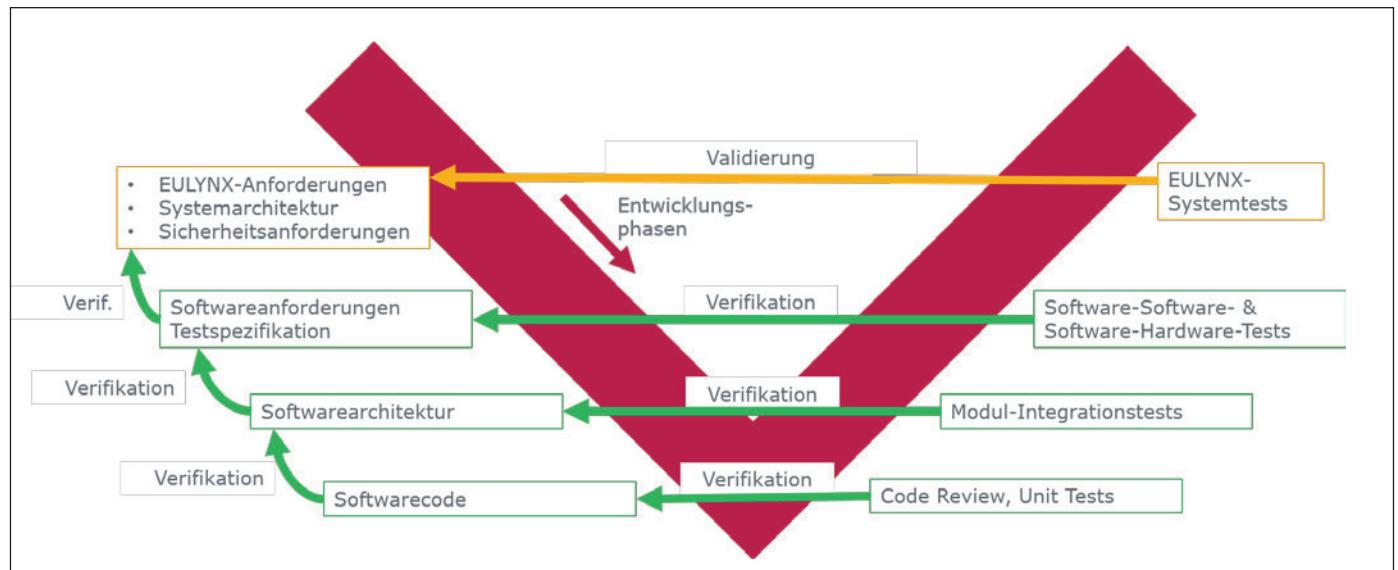


Abb. 3: Nachvollziehbarer Entwicklungsprozess im „V-Modell“

Quelle: [2]



Abb. 4: Außentests bei der HVLE – Erprobung der Perception unter realitätsnahen Bedingungen

Quelle: [3]

horizonte hinweg zu ermöglichen. In Bezug auf die Planung von Zugfahrten und Bau-fenstern ist das angestrebte Ziel, auftretende Konflikte im Vorfeld besser und frühzeitig zu erkennen und entsprechende Änderungen vornehmen zu können. Ergänzend verfolgt das CTMS einen dispositiven Ansatz, mit dem zukünftig besser auf betriebliche Störungen reagiert werden soll. Das CTMS hat die primäre Aufgabe, die Verspätungsminuten zu minimieren, indem es auf einer aktuellen Datenbasis Zugreihenfolgen und Geschwindigkeitsprofile ändert, alternative Routen ermittelt sowie Haltänderungen und Umpla-

nungen vorschlägt. CTMS setzt auf eine vollständig digitalisierte Schieneninfrastruktur und einen reibungslosen Datenaustausch zwischen EIU, EVU, ATO-Fahrzeugdaten, APS- oder ETCS/DSTW-Daten und dem Störfallsystem. Die Funktionalität des Systems wird aktuell anhand von modellierten Knoten und mittelgroßen Netzkorridoren entwickelt, erprobt und getestet und soll ab 2030 den Zugbetrieb im Knoten Stuttgart steuern.

Laborführung und Abendessen

Nach den Vorträgen des ersten Tages bestand für die Präsenzteilnehmer die Möglichkeit, an

einer der sechs Laborführungen teilzunehmen. Zur Auswahl standen das Eisenbahnbetriebslabor, das Sicherungstechnische Labor, das Systemlabor Elektrische Bahnen, die Oberbauausstellung, das Leitzentralen-Labor der Verkehrsprozessautomatisierung oder eine Führung durch das Carbonbetongebäude CUBE. Die zahlreiche Beteiligung an den angebotenen Besichtigungen führte zu einer regen Interaktion. Der erste Tag schloss mit einem gemeinsamen Abendessen im Wenzel Prager Bierstuben, das den Teilnehmern erneut Gelegenheit bot, sich in entspannter Atmosphäre auszutauschen.

Aktuelle ATO-Projekte

ATO ist längst fester Bestandteil in veröffentlichten Spezifikationen der TSI CCS und wird in aktuellen Schieneninfrastrukturprojekten bereits umgesetzt. Dr. Volker Knollmann (Siemens) startete den Vortragsblock des zweiten Tages und beleuchtete in seinem Redebeitrag aktuelle Projekte und den Fortschritt in diesem Bereich. Der Einzug von ATO in die Praxis zeigt sich beispielsweise in der Beauftragung von Siemens durch die Deutsche Bahn AG. Im Vortrag wurden mit der Umrüstung der ETCS-Ersatzflotte Baden-Württemberg (EEBW) für geplante ATO-Betriebe und die Beschaffung von Neufahrzeugen für die S-Bahn München mit einer GoA 4-Vorrüstung zwei konkrete Fahrzeugprojekte vorgestellt. Ziel der Umrüstung ist es, eine mehrmalige Umrüstung innerhalb der nächsten Jahre während der geplanten Betriebsdauer zu vermeiden und die Fahrzeuge effizient auf den Strecken einzusetzen. Dr. Knollmann verwies in diesem Zusammenhang darauf, dass eine leistungsfähige Streckeninfrastruktur die Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen ATO-Einsatz sei. Siemens hat mit dem Projekt „AutomatedTrain“ die Ambition, eine modulare GoA 4-Architektur inklusive Sensorik, Vorfallsprävention und Automatisierung bereitzustellen, die durch zwei Referenzimplementierungen verglichen werden soll. Die ersten Perception-Außenversuche sollen Anfang 2024 mit der Havelländischen Eisenbahn (HVLE) beginnen.

Automatischer Betrieb – eine migrationsermögliche Architektur

Pierre le Maguet (Ground Transportation Systems, ehemals Thales) stellte in seinem Vortrag das EU-Projekt „R2DATO“ vor. Hierzu erfolgte die Darstellung eines „Bottom-up“-Ansatzes in der x2Rail Architektur für einen automatisierten Betrieb. Zu den benötigten Modulen zählen die On-Board Automation, die Erkennung von Hindernissen und Signalen, die Zug-Automatisierung und Mitwirkungsmöglichkeiten von Zugbegleiter und Fahrgäst. Die automatisierte Hindernis- und Signalerkennung sowie die Integration dieser Systeme in die Bestandsfahrzeuge und Streckeninfrastruktur ist Bestandteil der aktuellen Entwicklungsprojekte. Das Projekt „R2DATO“ beschäftigt sich mit der

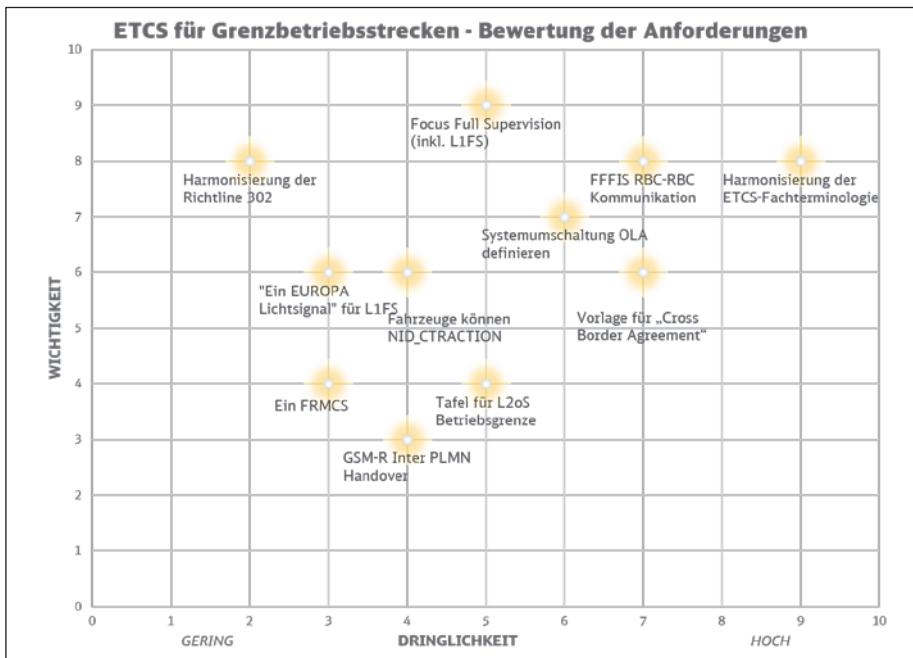


Abb. 5: Matrix mit aktuellen Problemstellungen im Zusammenhang mit ETCS für Grenzbetriebsstrecken

Quelle: [4]

Anpassung der Betriebsabläufe an den automatisierten Betrieb, die vielfach nicht sinnvoll und effizient eins zu eins aus den bestehenden Betriebsregeln übertragbar sind. Beispielsweise wurde die Fragestellung diskutiert, welche Betriebsprozesse nach dem Halt eines Fahrzeugs, ausgelöst durch eine automatische Bremsung, sinnvollerweise im automatisierten Betrieb zu folgen haben. Ein möglicher, vorgestellter Ansatz ist der Einsatz eines Supervisors in einer Betriebszentrale, der über eine Remoteverbindung auf die Kamerasyteme des Zuges zugreifen und entsprechende Folgehandlungen als „Remote-Triebfahrzeugführer“ durchführen kann.

Die LST Fachplanung – Veränderung ist die einzige Konstante

Max-Leonhard von Schaper (DB Engineering & Consulting) sprach in seinem Vortrag über die bisher gewonnenen Erfahrungen aus dem Digitalen Knoten Stuttgart (DKS) in seiner Funktion als Pilotknoten der Digitalen Schiene Deutschland (DSD) und leitete daraus zukünftige Herausforderungen ab. Im DKS werden im Bereich LST zahlreiche neue Technologien, Software, Schnittstellen und Methodiken in ihrer gesamten Komplexität

eingesetzt. Zu diesen neuen Technologien zählen beispielsweise der DSTW-Neubau und entsprechende Schnittstellen zu bestehenden ESTW/RSTW, der Einsatz von ETCS Level 2 ohne Signale bzw. Level 3 Hybrid und ATO-fähigen Fahrzeugen, die mit FRMCS ausgerüstet sind, der Betrieb eines bahnbetrieblichen IP-Netzes und der geplante Einsatz von CTMS. Moderne Software soll den Automatisierungsgrad bei der LST-Planung erhöhen und den Anteil manueller Arbeiten minimieren. Zu dieser Vision gehört, dass zukünftig die verschiedenen Gewerke bei geplanten Baumaßnahmen in gemeinsamen 3D BIM-Modellen arbeiten und planen, um Kollisionen frühzeitig zu erkennen. Zusätzlich nutzt die DB für die LST-Fachplanung die Software M365 Sharepoint. Sie bietet eine Plattform, mit der alle Dokumente mit Metadaten abgelegt und bearbeitet werden können. Diese gemeinsame Plattform vereinfacht die gewerkeübergreifende Planung und den fachlichen Austausch, wodurch die Zusammenarbeit für den Projekterfolg weiter an Bedeutung gewinnt. Es ist ein erster Schritt zur skizzierten Vision des gewerkeübergreifenden Arbeitens in einem Modell.

ETCS-Streckenausrüstung an Landesgrenzen

Die Implementierung von ETCS an Landesgrenzen stellt die EIU weiterhin vor betriebliche und technische Herausforderungen. Lars Brune (DB Netz) erörterte in seinem Vortrag anhand von ausgewählten Beispielen welche Hindernisse beseitigt werden müssen, um interoperable ETCS-Lösungen an Landesgrenzen bereitzustellen. Anhand der Spielwelt der Karambolage war es dem Auditorium zunächst möglich, die komplexen Zusammenhänge zwischen ETCS, Bahnbetrieb, Bahnstromsystem, Recht, Daten- und Sprachfunk auf Grenzbetriebsstrecken nachzuvollziehen. Eine Matrix stellte aktuelle Problemstellungen im Zusammenhang mit ETCS für Grenzbetriebsstrecken in Abhängigkeit von ihrer Wichtigkeit und Dringlichkeit dar. Die Harmonisierung der übersetzten ETCS-Fachbegriffe ist eine wichtige Problemstellung von ETCS. Die harmonisierte Übersetzung von ETCS-Fachbegriffen mit technischen Hilfsmitteln, wie „DigiForm“, dem „Künstliche Intelligenz Translation Tool (KITT)“, „Translate4Rail“, oder die ausschließliche Benutzung der englischen Fachbegriffe ist unumgänglich. Zudem erläuterte der Vortragende ein Schichtenmodell

Wir sind dort, wo Ihre Kunden sind.

1. Halbjahr 2024

EI
DER
EISENBAHN
INGENIEUR

Heft Nr. 3/24

- **12.03.2024**
65. VDEI Oberbaufachtagung, Darmstadt
- **20.03. – 21.03.2024**
VDEI Tagung Flächenmanagement, Fulda

**FEBRUAR
2024**

**MÄRZ
2024**

**APRIL
2024**

**MÄI
2024**

**JUNI
2024**

Heft Nr. 5/24

- **14.05. 16.05.24**
IT-Trans, Karlsruhe
- **10.06. - 12.06.24**
VDV-Jahrestagung, Düsseldorf

Heft Nr. 2/24

- **14.02. – 15.02.24**
14. VDEI Tiefbau-Fachtagung, Radebeul
- **22.02. – 23.02.24**
26. Jahresfachtagung der Eisenbahnsachverständigen, Fulda
- **06.03. – 07.03.24**
8. Symposium Eisenbahnbrücken und KIB, München

Heft Nr. 4/24

- **17.04. – 18.04.24**
Railway Diagnostic and Monitoring Conference, Köln

Heft Nr. 6/24

- **17.06. - 18.06.24**
VDEI Eisenbahntage, Chemnitz
- **25.06.24**
7.Eurailpress-Forum Alternative Antriebe im SPNV, Hamburg

Weitere Infos: Silke Härtel · Telefon: 040/23714-227 · silke.haertel@dvvmmedia.com

Änderungen vorbehalten.

**Abb. 6:** Modulgebäude eines Gleisfeldkonzentrators

Quelle: [5]

für eine sichere Fahrzeugbewegung über eine Landesgrenze für ETCS L2, in dem auf technische und betriebliche Kommunikationsschnittstellen zwischen den beteiligten Stellen eingegangen wurde.

ETCS-Grenztransitionen in einer Simulationsumgebung am Beispiel der Neubaustrecke Dresden – Prag

Aufbauend auf dem vorangegangenen Vortrag präsentierte Richard Kretzschmar (Deutsches Zentrum für Schienengehverkehrs-forschung, DZSF) eine mögliche ETCS Level 2 – Level 2 Grenztransition der geplanten Neubaustrecke (NBS) Dresden – Prag, die in Zusammenarbeit mit dem Projektteam der DB Netz erstellt wurde. Die NBS Dresden – Prag soll Bestandteil des Transeuropäischen Verkehrsnetzes (TEN-V) Korridor Orient/Östliches Mittelmeer werden und zukünftig einen hochwassersicheren Eisenbahnverkehr außerhalb des Elbtals ermöglichen. Im Rahmen der Vorplanung wurde ein funktionales ETCS-Konzept erarbeitet, das die geplante Trassierung und baulichen Besonderheiten beachtet und einen Vorschlag für die Anordnung und Konfiguration der ETCS-Komponenten unterbreitet. Im zweiten Teil der Präsentation folgte die Vorstellung der ETCS-Simulationsumgebung beim DZSF, bei der in einem Video der Aufbau und die Funktionsweise einer Software vorgestellt wurden, die das ETCS nahezu in seiner Gesamtheit simulieren kann. Die Simulationsumgebung bietet darüber hinaus

physische Schnittstellen für den Anschluss industrieller Hardwarekomponenten, eine 3D Visualisierung und ermöglicht Fahrten im vereinfachten Führerstand. Mithilfe der Software war es möglich, die ETCS Level 2 – Level 2 Grenztransition zu modellieren, zu simulieren und die Funktionsfähigkeit des Entwurfs nachzuweisen.

Anwendung im Digitalen Knoten Stuttgart

Im letzten Fachvortrag gaben Thomas Vogel (Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg) und Peter Reinhart (DB Netz) einen Einblick in die Planung, Konzeption und Realisierung des DKS. Herr Reinhart erläuterte den Zuhörern zu Beginn, dass die geplanten Arbeiten weit über das Projekt Stuttgart 21 hinausreichen und insgesamt den Neu- und Ausbau von rund 500 km Schieneninfrastruktur umfassen. Die Modernisierungsarbeiten umfassen den Bau von Bedienstandorten (BSO) und Technikstandorten (TSO), DSTW mit modularen Gleisfeldkonzentratoren, gedoppelten Achszählpunkten und vollständiger ETCS-Ausrüstung. Aufgrund der parallel stattfindenden DSD-Fahrzeugausrüstung für den Kern des DKS muss die Streckeninfrastruktur zusätzlich automatisiertes Fahren mit ATO GoA 2 ermöglichen. Die DSD-Fahrzeugausrüstung mit der neusten ETCS Baseline, ATO GoA 2, ETCS Level 3 mit Zugintegritätsüberwachung (TIMS), FRMCS und vielen weiteren Komponenten und Schnittstellen wurde von Herrn Vogel vorgestellt. Besonders eindrucksvoll waren die

Einblicke in die bereits angelaufene DSD-Fahrzeognachrüstung von Regionaltriebzügen, da der organisatorische und logistische Aufwand für die Umrüstung einer Fahrzeugflotte mit insgesamt 333 Triebzügen enorm ist.

Verabschiedung

Die Fachtagung schloss mit der Verabschiedung durch Dr. Ulrich Maschek (kommissarischer Leiter der Professur für Verkehrssicherungstechnik), seinem ausgesprochenen Dank für die vorgetragenen Beiträge und die aktive Teilnahme. Die 29. Sicherungstechnische Fachtagung findet am 19./20. September 2024 an der Technischen Universität Dresden statt. ■

QUELLEN

- [1] Kopitzki, M.; Webersinn, M.: Das Betriebliche Zielbild als Ausgangspunkt für die Digitalisierung des Bahnbetriebs, Folie 5
- [2] Schmid, R.: Codemodularisierung für zulassungsfähige Systeme, Folie 9
- [3] Knolmann, V.: Aktuelle ATO-Projekte – Standardanwendungen und Innovationen, Folie 10
- [4] Brune, L.: Interoperable Lösungen für die ETCS-Streckenausrüstung an Landesgrenzen, Folie 20
- [5] Reinhart, P.; Vogel, T.: Eindrücke aus Planung, Konzeption und Realisierung des Digitalen Knoten Stuttgart

**Dipl.-Ing. (FH) Richard Kretzschmar**

Doktorand

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Technische Universität Dresden und
Deutsches Zentrum für Schienengehverkehrs-forschung (DZSF), Dresden
richard.kretzschmar@tu-dresden.de