



09 | 2022

September
www.eurailpress.de/sd
114. Jahrgang

SIGNAL+DRAHT

SIGNALLING & DATACOMMUNICATION



10 **Automatisiertes Fahren
in Niedersachsen**
Automated driving
in Lower Saxony

37 **Die Evolution der mobilen
Kommunikationstechnik**
The evolution of mobile
communications

104 **Die Nutzung zukunfts-
fähiger Datenplattformen**
The use of future-proof
data platforms

BIM-Software für LST-Planung

Automatisch sicherer ans Ziel



Die Highlights von ProVI LST

- **Vollständige Planung der Leit- und Sicherungstechnik:** Weichen, Signale, Gleisfreimeldung, Fahrstraßenlogik, Flankenschutz und punktförmige Zugbeeinflussung
- Automatische Generierung von Achszählpunkten, Gleismagneten und Fahrstraßen
- Integration der Leit- und Sicherungstechnik in den Gesamtkontext der Planung

Noch Fragen? Rufen Sie uns an +49 89 57 99 – 490



// ENTWICKELT VON INGENIEUREN FÜR INGENIEURE



„In der LST-Planung ist oft die Ausnahme die Regel – es gibt selten den einen, einheitlichen Weg. ProVI LST bietet dort, wo es geht, praktische Automatismen an. Das macht die Planung deutlich schneller und ist ein echtes Alleinstellungsmerkmal.“

Matthias Frei, Principal Software Engineer

ProVI
Verkehr und Infrastruktur planen

www.provi-cad.de



Innovationen schneller nutzen

Using innovations more quickly

Die letzten zwei Jahre haben gezeigt: Unser Forschungs- und Innovationssystem kann auch schnell. Zwar bezogen auf die Medizinforschung, gibt dies auch Anlass für Optimismus für andere Sektoren. In der Bahnbranche allerdings lassen sich allerlei Innovationshemmnisse aufzählen: Systemkomplexität, starke Regulierung, lange Lebensdauer von Infrastruktur und Fahrzeugen, hohe Umrüstkosten, Langzeittests und vieles mehr.

Dennoch: Technische Neuerungen für den digitalisierten Schienenverkehr sind vorhanden! Wie können sie sich auf dem Markt durchsetzen? Europäische Standardisierung kann für höhere Stückzahlen sorgen. ETCS-Referenzlabore (European Train Control System, ETCS) synchronisieren sich, sodass sie gleiche Ergebnisse europaweit erzeugen, was unabdingbar für das ETCS-Roll-out ist. Das RailSiTe® beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt hat diesen Prozess schon frühzeitig begleitet und wird erfolgreich genutzt. Branchen- statt Herstellerlösungen können sinnvoll sein, beispielsweise bei der Einführung der digitalen automatischen Kupplung – die Technik ist da. In Ausschreibungen müssen innovative Technologien explizit gefordert werden, um den Blick von kurzfristigen Investitions- hin zu Lebenszykluskosten zu weiten. Testfelder und Erprobungsmöglichkeiten für Innovationen im Realbetrieb mit guten Finanzierungskonzepten sind nötig, um vom Demonstrator-Maßstab in die Anwendung zu kommen. Um langfristig die Innovationspipeline zu füllen, brauchen Wissenschaft und Industrie außerdem ein Förderprogramm für die Schienenforschung, um neue Lösungswege eigenständig zu verfolgen. Um die für 2030 gesetzten Ziele der Verdopplung der Fahrgastzahlen und Erhöhung des Anteils des Schienengüterverkehrs auf 25 % zu erfüllen, müssen die Weichen entsprechend gestellt werden.

The last two years have shown that our research and innovation system can also be fast. Although mainly applicable to medical research, other sectors also have reason to be optimistic. However, there are numerous obstacles to innovation in the rail sector. These include complex systems, tight regulations and long-term testing requirements, as well as the long service life of infrastructure/ vehicles and the high cost of retrofitting.

Nevertheless, technical innovations for more digitalised rail transport do exist. How can these innovations succeed in the market? European standardisation can ensure higher volumes. The European Train Control System (ETCS) reference laboratories have been synchronised so that the same results are produced across Europe. This is essential for the ETCS roll-out. RailSiTe® at the German Aerospace Center has helped guide this process from an early stage and is currently being used successfully. Industry solutions can be useful instead of manufacturer solutions. For example, when introducing a digital automatic coupling. The technology is available. Innovative technology included in tenders has to be explicitly required to broaden the view from short-term investment costs to lifecycle costs. Test fields and testing possibilities for innovations in real operations with good financing concepts are necessary to enable the move from the demonstrator scale to application. If science and industry want to fill the innovation pipeline in the long term, a funding program for rail research will be needed to enable new solutions to be independently pursued. The goals to double the number of passengers and increase the share of rail freight transport to 25 % by 2030 can only be met, if a course is set towards the necessary framework conditions.

Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer, Vorstand für Innovation,
Transfer und wissenschaftliche Infrastrukturen im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer, Executive Board Member for
Energy and Transport at the German Aerospace Center (DLR)



Liebe Leserinnen und Leser,
endlich ist es wieder soweit, die 13. InnoTrans öffnet am 20. September 2022 ihre Tore. Nach coronabedingter Pause und angesichts schwieriger Rahmenbedingungen freuen sich alle Beteiligten auf den persönlichen Austausch in Berlin. InnoTrans ist die größte globale Plattform in der Mobilitätsbranche und präsentiert sich in den fünf Segmenten Railway Technology, Railway Infrastructure, Public Transport, Interiors und Tunnel Construction. Hinzu kommt in diesem Jahr der neue Ausstellungsbereich Mobilität+, hier haben Aussteller die Möglichkeit, ihre verkehrsträgerübergreifenden Produkte vorzustellen. Ein Alleinstellungsmerkmal ist das Gleis- und Freigelände der InnoTrans mit 3500 laufenden Schienenmetern, auf denen rund 100 Fahrzeuge ausgestellt werden. Dazu wecken rund 3000 Aussteller aus 60 Ländern mit 250 Weltneuheiten und ein hochkarätiges Rahmenprogramm unsere Neugierde. Auch die besondere Ausgabe von SIGNAL + DRAHT zur Messe stellt bereits einige Highlights vor und spiegelt einen Teil der technologischen Vielfalt, die uns in Berlin erwartet, wider. Wir berichten über automatisiertes Fahren, die Zertifizierung von SPS, eine moderne Achszählplattform, die besonderen Herausforderungen bei Security-Prognosen und vieles mehr. Freuen Sie sich mit uns auf diese Ausgabe von SIGNAL+DRAHT und erkenntnisreiche Tage in Berlin.

Dear readers,

Finally, the time has come. The 13th InnoTrans opens its doors on 20 September 2022. After a break due to Covid and in view of the difficult general conditions, everyone involved is looking forward to the personal meetings and exchange of information in Berlin. InnoTrans is the largest global platform in the mobility industry and is presented in five segments: Railway Technology, Railway Infrastructure, Public Transport, Interiors and Tunnel Construction. This year a new exhibition segment, Mobility+ will be added. This is where exhibitors will have the opportunity to present their inter-modal products.

A unique feature of InnoTrans is the track and open-air area with 3,500 metres of track, on which around 100 vehicles will be exhibited. In addition, around 3,000 exhibitors from 60 countries with 250 world innovations, and a top-class supporting programme, will arouse our curiosity. The special edition of SIGNAL + DRAHT for the exhibition will present some highlights and reflect some of the technological diversity that awaits us in Berlin.

We report on automated driving, the certification of programmable logic controllers, a modern axle counting platform, the special challenges of security forecasts and much more.

Join us in looking forward to this issue of SIGNAL+DRAHT and to some informative days in Berlin.

Your Editors-in-Chief

August Zierl

Reinhold Hundt

Chefredakteure | Advising Chief Editors



03 Karsten Lemmer

Auf ein Wort: Innovationen schneller nutzen

Statement: Using innovations more quickly

06

InnoTrans: Messevorschau

InnoTrans: Exhibition Preview

10 Felix Specht | Alexander Michels | Frederik-Alexander Adebahr |

Christian Meirich | Raphael Hofstädter | Birgit Milius | Anja Naumann

Automatisiertes Fahren in Niedersachsen – ARTE

Automated driving in Lower Saxony – ARTE

18 Aaron Whittemore

Verbesserung von CBTC-Systemen durch den Einsatz

von Sensor-Fusion-Systemen der nächsten Generation

Improvements to CBTC systems using next-generation

sensor fusion

30 Bert Ritscher | Ralf Salka

Betriebserfahrungen mit dem integrierten Bediensystem iBS

Field experience with the iBS integrated operating system

Internationaler Fachbeirat

Klaus Altehege, 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, SZDC, Prag | Alessandro de Grazia, Hitachi Rail STS Deutschland GmbH, München | Valentin Doytchev, Bulgarische Staatsbahnen, NRIC, Sofia | André Feltz, SN CFL, Luxemburg | Thomas Gehringer, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn | Reto Germann, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern | Bogdan Godziejewski, Mott McDonald, Arnhem | Aki Härkönen, Finnish Transport Infrastructure Agency, Helsinki | Ronald Helder, ProRail, Utrecht | Steffen Henning, Scheidt & Bachmann System Technik GmbH, Kiel | Andreas Hinterschweiger, Westermo Data Communications GmbH, Waghäusel | Dr. István Hrivnák, Tran-SYS Ltd., Budapest | Dirk Isola, ipw Ingenieurgesellschaft, Braunschweig | Steffen Jurtz, Nextrail GmbH, Berlin | 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 | Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer, DLR e.V., Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig | Dr.-Ing. Michael Lenders, Scheidt & Bachmann GmbH, Mönchengladbach | Dietmar Maicz, Hottinger Brüel & Kjaer Austria GmbH, Wien | Dr.-Ing. Matthias Martin, Siemens Mobility AG, Wallisellen | Andreas Medek, Siemens Mobility Austria GmbH, Wien | Dr.-Ing. Daria Menzel, CERRS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik GmbH, Dresden | Peter Mihm, European Union Agency for Railways, Valenciennes | Michael Mikulandra, Kontron



37 **Ciro de Col | Jonathan Friz**
Die Evolution der mobilen Kommunikationstechnik im Bahnwesen
The evolution of mobile communications for railways

42 **Christian Flöter | Fabian Raichle | Thomas Höhne | Johannes Köstlbacher | Nilesch Sane | Michael Sauer | Joachim Schlichting | Philipp Wagner**
Innovationskooperation Fahrzeugausrüstung im Digitalen Knoten Stuttgart
Innovative cooperation for the vehicle equipment at Stuttgart Digital Node

52 **Krzysztof Michalak | René Berger**
Moderne Achszählplattform UniAC[2] – Signaltechniklösungen auf neuestem Niveau
Modern Axle Counting Platform UniAC[2] – bringing signalling solutions to a new level

60 **Andy Lämmerhirt | Max Schubert | Bernd Drapp | Rene Zeilinger**
Fiber Optic Sensing for Railways – Ready to use?!
Fiber Optic Sensing for Railways – Ready to use?!

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 | **Frank Peters**, Zöllner Signal GmbH, Kiel | **Jan Richard**, TÜV Süd Schweiz AG, Zürich | **Marián Roman**, Eisenbahnen der Slowakischen Republik (ŽSR), Bratislava | **Christian Sagmeister**, ÖBB-Infrastruktur AG, Wien | **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 | **Kerstin Schreiber**, Funkwerk Systems GmbH, Kölleda | **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 Sensor Technology Group, St. Marienkirchen | **Péter Tóth**, Prolan Group, Budakalász | **Prof. Dr.-Ing. Jochen Trinckauf**, Technische Universität, Dresden | **Patrick Trost**, BBR Verkehrstechnik GmbH, Braunschweig | **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

70 **Jörg Schütte | Jonas Kley | Alfons Noti**
TrackOps Depot – Schlanke Betriebsprozesse im Depot und Instandhaltung
TrackOps Depot – lean operations in shunting and maintenance

78 **Jens Braband**
Maschinelles Lernen für sicherheitsrelevante Entscheidungen in der Eisenbahnautomatisierung?
Machine learning for safety related decisions in railway automation?

84 **Dominik Strixner | Hendrik Schäbe**
Unabhängige Bewertung und Zertifizierung von SPS für Bahnanwendungen
The independent safety assessment and certification of PLC for railway applications

91 **Florian Wieland | Patrick Winkler**
Umsetzung eines toolgestützten Gefährdungsprotokolls
Implementing a tool-based hazard log

96 **Markus Heinrich | Lukas Iffländer | Dirk Scheuermann | Stefan Katzenbeisser | Simon Unger**
Technologie- und Securityprognose System Bahn – Bedrohungen rechtzeitig erkennen
A technology and security forecast for the railway system – the timely identification of threats

104 **Melanie Kleinpözl | Thomas Hartinger**
Die intelligente Nutzung von Daten als Schlüssel zur erfolgreichen Zukunft des Bahnbetriebs
The intelligent use of data holds the key to a successful future for railway operations

111 **Kurzberichte | Newsflash**

114 **Impressum | Imprint**



Titelbild / Cover

Durch die Weiterentwicklung der Kommunikationssysteme im Bahnwesen können Fahrgäste, Zug- und Bahnbetreiber künftig von einer Reihe neuer Anwendungen profitieren.

As rail communications systems continue to evolve, passengers, train and rail operators are able to benefit from a range of new applications.

Quelle / source: Siemens Mobility GmbH



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.

InnoTrans 2022

Nach einer vierjährigen (Zwangs-)Pause findet vom 20. September bis zum 23. September die 13. InnoTrans statt. Insgesamt präsentieren über 2770 Aussteller aus 56 Ländern in 42 Messehallen ihre neuen Produkte. Rund 250 Weltpremieren sind dabei, die Fachbesucher während der Fachmesse auf dem Berliner Messegelände begutachten können. Eurailpress und SD wünschen Ihnen einen erfolgreichen Messebesuch!

After a four-year (forced) break, the 13th InnoTrans will take place from September 20 to 23. A total of more than 2,770 exhibitors from 56 countries displaying their latest products in 42 exhibition halls. These include around 250 world innovations which trade visitors can inspect during the fair on the Berlin Exhibition Grounds. Eurailpress and SD wish you a successful visit to the trade fair!

Corys: Leichter ETCS-Simulator

Corys aus Frankreich wird auf der diesjährigen InnoTrans seinen ETCS Ultra Light Simulator präsentieren – ein neues System, das alle Software-Schulungsmöglichkeiten eines großen Zugsimulators in einem kompakten, mobilen Format vereint. Er bietet das vollständige Erlebnis des Replica Simulators in einem kompakten, mobilen Format, das sich problemlos transportieren lässt. Dieses neue System beinhaltet eine vereinfachte Version der physischen Elemente eines Replica Simulators, die die realistische mechanische Simulation eines Zuges ermöglichen, und eine authentische 3D-Umgebung mit Gleiskörpern und Signalen.

Der Simulator entspricht ERA Baseline 2 (SRS 2.3.0.d) und Baseline 3 (SRS 3.4.0 und 3.6.0) und deckt die Levels 0, 1, 2 und 3 ab. Auch verfügt es über DMI mit einem oder zwei Bildschirmen. Außerdem wird Corys ein Fault Finding Module (Fehlersuche Modul) mit Virtual Reality (VR) vorstellen. Die Leistungsfähigkeit der VR ermöglicht es den Nutzern, eine immersive Umgebung einzurichten und für die Fehlersuche zu benutzen, die den Lerneffekt verbessert. Zudem wird der On-Demand-Simulator präsentiert.

Dank des On-Demand-Zugriffs brauchen Triebfahrzeugführer keinen Schulungsraum mehr zu buchen, um einen Simulator zu nutzen: Sie haben von einem beliebigen Tablet oder Laptop aus Zugriff auf dynamische Simulationen und können überall und jederzeit außerhalb des Unterrichtsraums konkrete Übungen absolvieren.

Corys: Lightweight ETCS simulator

Corys from France will present its ETCS Ultra Light Simulator at this year's InnoTrans – a new system that combines all the software training capabilities of a large train simulator in a compact, mobile format. It offers the full experience of the Replica Simulator in a compact, mobile format that can be easily transported. This new system includes a simplified version of the physical elements of a Replica Simulator, which provide the realistic mechanical simulation of a train, and an authentic 3D environment with track bodies and signals. The simulator complies with ERA

Baseline 2 (SRS 2.3.0.d) and Baseline 3 (SRS 3.4.0 and 3.6.0) and covers levels 0, 1, 2 and 3. It also has DMI with one or two screens.

In addition, Corys will introduce a Fault Finding Module with Virtual Reality (VR). The power of VR allows users to set up and use an immersive environment for troubleshooting, which enhances the learning effect. The on-demand simulator

will also be presented. Thanks to on-demand access, train drivers no longer need to book a training room to use a simulator: They can access dynamic simulations from any tablet or laptop and complete actual exercises anywhere, anytime outside the classroom.



Transportabler Simulator
Transportable simulator

Quelle / Source: Corys

Lütze: Digitaler Signalgenerator für Warnsignale und -meldungen

Lütze Transportation zeigt mit dem SG-200 einen parametrierbaren, zweikanaligen Signalgenerator für die Ausgabe von Warnmeldungen auf Fahrzeugen. Er kann über zwölf bzw. 15 optoentkoppelte Steuereingänge aktiviert werden. Der SG-200 besitzt eine digitale Hochleistungsstufe (Class D) mit 200 W Ausgangsleistung für Warnsignale mit hohen Schalldruckpegeln im Außenbereich. Über eine zweite Leistungsstufe mit 25 W Ausgangsleistung (Class D) können Warnmeldungen im Fahrgastbereich sowie auf dem Führerstand ausgegeben werden. Der SG-200 kann bis zu 16 frei definierbare Warnsignale sowie Sprachansagen wiedergeben. Der interne Speicher ist sehr großzügig dimensioniert, sodass bis zu 512 verschiedene Audiosignale oder Ansagefolgen hinterlegt werden können. Für den SG-200 Signalgenerator sind zwei alternative Montagevarianten vorhanden. Für die Ausgabe der Außenwarnungen wurde eine Tag-und-Nachtabblendung integriert.



Der zweikanalige SG-200 Signalgenerator
The two-channel SG-200 signal generator

Quelle / Source: Lütze

Lütze: Digital signal generator for warning signals and messages

With the SG-200, Lütze Transportation presents a parameterisable, two-channel signal generator for the output of warning messages on vehicles. It can be activated via twelve or 15 opto-decoupled control inputs. The SG-200 has a digital high-performance output stage (Class D) with 200 W output power for warning

signals with high sound pressure levels in the outdoor area. A second power amplifier with 25 W output power (Class D) can be used for warning signals in the passenger area as well as in the driver's cab. The SG-200 can play back up to 16 freely definable warning signals as well as voice announcements. The internal memory is very generously dimensioned, so that up to 512 different audio signals or announcement

sequences can be stored. Two alternative mounting variants are available for the SG-200 signal generator. For the output of external warnings, a day-and-night dimming function has been integrated.

Halle 27/Stand 630
www.luetze.de

Hall 27/Stand 630
www.luetze.de

#nächsterHalt #BerufemitZukunft #WegemitLeidenschaft

WEGE IN DIE ZUKUNFT.

Komplettlösungen im Gleis-, Tief-, Ingenieur- und Kabelbau:

- › Eisenbahnbau, Tram, Metro
- › Gleisbau, Weichenbau, Schienenumbau
- › Erdbau, Kabeltiefbau, Entwässerung
- › Durchlässe, Bahnsteige, Bahnübergänge
- › Ingenieur- und Brückenbau
- › Kommunikations- und Elektrotechnik
- › Videoüberwachungsanlagen
- › LWL-Verkabelungen

„Alles aus einer Hand“



BUG
VERKEHRSBAU SE

Ein Unternehmen der BUG-Gruppe

BUG Verkehrsbau SE
Landsberger Str. 265/Haus M | 12623 Berlin | t +49 30 818 700-0
www.bug-gruppe.de
sowie am Standort Dresden, Chemnitz und Duisburg

NetModule: Konnektivitätslösungen mit 5G – mobil und stationär

Der Kommunikationsspezialist NetModule, jetzt zur Belden-Gruppe gehörend, präsentiert seine Lösungen und Produkte für die Konnektivität von Zügen bis hin zu stationären Fahrkartensystemen und Anzeigetafeln. Zu den diesjährigen Produkt-Highlights zählt der AP3400 Access Point für Schienenfahrzeuge. Er entspricht den Normen EN 50155 und EN 45545 und hält starken Vibrationen und extremen Temperaturen (-40°C bis +70°C) stand. Das Gerät ist mit Dual Radio WiFi 6 für mehr als 200 Clients ausgestattet. Die beiden Funkmodule ermöglichen den gleichzeitigen Betrieb im 2,4 GHz und 5 GHz Band. Darüber hinaus verfügt er über zwei 2,5 Gigabit Ethernet Ports. In Kombination mit dem NB3800 5G Router bietet der Access Point AP3400 nahtlose LTE- und 5G-Konnektivität im gesamten Fahrzeug. Der ES3300 Managed Gigabit Switch macht das Verbinden der Onboard Access Points, CCTV und PIS über PoE+ mit dem Gigabit-Backbone des Fahrzeugs denkbar einfach.

Für stationäre Anwendungen wie Anzeigetafeln oder Fahrkartensystemen sind die Router NB1601 LTE und NB1800 5G Industrial ausgelegt. Der NB1601 LTE bietet dank zweier SIM-Karten für unterschiedliche Provider eine hohe Verfügbarkeit. LAN-seitig können Netzwerkgeräte über den 4-Port Ethernet Switch und optional WLAN IEEE 802.11a/b/g/n (Wi-Fi 4) sowie Bluetooth + Bluetooth Low Energy (BLE) verbunden werden. Der NB1601 ermöglicht dank höherer Bandbreite von 5G eine größere Zuverlässigkeit und sichere Datenübertragung sowie das deterministische Verhalten für echtzeit- und sicherheitsrelevante Anwendungen.

Halle 4.1/Stand 410
www.netmodule.com



AP3400 Access Point
AP3400 Access Point

Quelle / Source: NetModule

NetModule: Connectivity solutions with 5G – mobile and stationary

Communications specialist NetModule, now part of the Belden Group, presents its solutions and products for connectivity from trains to stationary ticket vending machines and display panels. This year's product highlights include the AP3400 Access Point for rail vehicles. It complies with EN 50155 and EN 45545 standards and withstands strong vibrations and extreme temperatures (-40°C to +70°C). The device is equipped with Dual Radio WiFi 6 for more than 200 clients. The two radio modules enable simultaneous operation in the 2.4 GHz and 5 GHz bands. In addition, it has two 2.5 Gigabit Ethernet ports. Combined with the NB3800 5G router, the AP3400 access point provides seamless LTE and 5G connectivity throughout the vehicle. The ES3300 Managed Gigabit Switch makes connecting the onboard access points, CCTV and PIS via PoE+ to the vehicle's Gigabit backbone simple.

For stationary applications such as display boards or ticket vending machines, the NB1601 LTE and NB1800 5G Industrial routers are designed. The NB1601 LTE offers high availability thanks to two SIM cards for different providers. On the LAN side, network devices can be connected via the 4-port Ethernet switch and optionally WLAN IEEE 802.11a/b/g/n (Wi-Fi 4) as well as Bluetooth + Bluetooth Low Energy (BLE). Thanks to the higher bandwidth of 5G, the NB1601 enables greater reliability and secure data transmission, as well as deterministic behaviour for real-time and security-relevant applications.

Hall 4.1/Stand 410
www.netmodule.com

Telent: Neuer Cybersecurity-Service

Telent zeigt ein breites Spektrum an sicheren Digitalisierungsleistungen für die Mobilität der Zukunft. Der Schwerpunkt liegt auf hochverfügbaren IP- und Übertragungsnetzen sowie einem effektiven Schutz gegen Cyberangriffe. Dazu gehört das neue Angebot eines SOC (Security Operations Center), das Verkehrsunternehmen bei der Überwachung und Abwehr von IT-Sicherheitsvorfällen rund um die Uhr unterstützt. Den Messestand von Telent komplettieren drei Schwesterunternehmen, die ebenfalls zur Zech Building gehören: Microsens präsentiert robuste, intelligente Switches für verkehrsrelevante IT-Infrastrukturen, ProElectra zeigt Fahrgastinformationsanlagen, Sicherheitstechnik sowie BOS-Digitalfunkversorgung und ProCom stellt Beschallungs-, Wechselsprech-, Notruf- und Alarmierungsanwendungen vor.

Halle 4.1b/Stand 440
www.telent.de

Telent: New cybersecurity service

Telent shows a wide range of secure digitalisation services for the mobility of the future. The focus is on highly available IP and transmission networks as well as effective protection against cyber attacks. This includes the new offer of a SOC (Security Operations Centre), which supports transport companies in monitoring and defending against IT security incidents around the clock. Completing the Telent stand are three sister companies that are also part of Zech Building: Microsens will present robust, intelligent switches for transport-related IT infrastructures, ProElectra will show passenger information systems, security technology and BOS digital radio coverage, and ProCom will present public address, intercom, emergency call and alarm applications.

Hall 4.1b/Stand 440
www.telent.de

Escha: Konfektionierter und umspritzter Ventilstecker

Escha: Assembled and overmoulded valve connector



Konfektionierter und umspritzter Ventilstecker

Assembled and overmoulded valve connector

Quelle / Source: Escha

Der deutsche Anschluss technikspezialist Escha zeigt auf der InnoTrans eine Weltpremiere: ein konfektionierter und umspritzter Ventilstecker mit durchgängiger Bahnzulassung. Er erfüllt die Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 45545-2 (Brandverhalten) und DIN EN 50155 (Schock, Vibration und mechanische Belastung). Bisher gibt es lediglich konfektionierbare Alternativen oder umspritzte Steckverbinder, bei denen ausschließlich die Leitung für einen Einsatz in der Bahnindustrie zugelassen ist. Escha ist der erste Hersteller, der durchgängig zugelassene umspritzte Ventilstecker für diesen anspruchsvollen Markt anbietet. Diese bieten gegenüber den konfektionierbaren Varianten zudem den Vorteil, dass sie zuverlässiger sowie einfacher und vor allem schneller zu montieren sind. Die Bauformen A, B, BI, C und CI sind standardmäßig mit einem Gewindegriffkörper für die Schutzschlauchmontage ausgestattet. Ein Schutzschlauch schützt die Leitung vor Beschädigungen durch Steinschlag und Verschmutzung im Außenbereich. Darüber hinaus sind die Ventilstecker auch mit LED-Statusanzeige sowie Schutzbeschaltung erhältlich. Verschiedene Leitungsquerschnitte runden das Angebot ab. Alle Varianten erfüllen die Dichtigkeitsanforderungen nach den Schutzklassen IP65, IP67 und IP68.

The German connection technology specialist Escha is presenting a world premiere at InnoTrans: an assembled and overmoulded valve connector with universal railway approval. It meets the safety requirements of DIN EN 45545-2 (fire behaviour) and DIN EN 50155 (shock, vibration and mechanical stress). Up to now, there have only been ready-made alternatives or overmoulded connectors where only the cable is approved for use in the railway industry. Escha is the first manufacturer to offer fully approved overmoulded valve connectors for this demanding market. Compared to the ready-to-assemble versions, these also offer the advantage of being more reliable as well as easier and, above all, faster to assemble. Types A, B, BI, C and CI are equipped as standard with a threaded grip body for protective conduit assembly. A protective hose protects the line from damage caused by stone chipping and dirt in the outdoor area. In addition, the valve connectors are also available with LED status display as well as protective circuitry. Different cable cross-sections round off the range. All variants meet the sealing requirements of protection classes IP65, IP67 and IP68.

Halle 12/Stand 250
www.escha.net

Hall 12/Stand 250
www.escha.net

Automatisiertes Fahren in Niedersachsen – ARTE

Automated driving in Lower Saxony – ARTE

Felix Specht | Alexander Michels | Frederik-Alexander Adebahr | Christian Meirich | Raphael Hofstädter | Birgit Milius | Anja Naumann

In der Geschichte der Eisenbahn steht ein neues Zeitalter bevor, das dem Sektor viele Vorteile bringt: die Automatisierung des Schienenverkehrs. Alstom bringt dieses Ziel nun gemeinsam mit den wissenschaftlichen Partnern Technische Universität Berlin (TU Berlin) und dem Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR) ein Stück näher. Mit dem Vorhaben „Automatisiert fahrende Regionalzüge in Niedersachsen“, kurz ARTE, beginnt in Niedersachsen ein Forschungsvorhaben, das das automatisierte Fahren auf Basis von optischer Signal- und Hinderniserkennung in den Fokus stellt. Damit verbundene Ziele, wie die drastische Reduzierung der Emissionen des Verkehrssektors oder die Steigerung der Effizienz und Zuverlässigkeit, werden greifbar.

1 Ausgangslage

In dem Pilotprojekt „Train Fret Autonome“ von der SNCF sammelte Alstom bereits wichtige Erfahrung. Das Projekt widmet sich dem fahrerlosen Güterverkehr. Außerdem leitete Alstom die entsprechende ATO-Initiative (Automatic Train Operation) von Shift2Rail. Das Projekt ARTE baut zum Teil auf den gesammelten Erkenntnissen auf und wird diese weiter vertiefen.

1.1 Umrüstung mit ETCS am Lint41 der LNVG

Für das ARTE-Vorhaben werden zwei Lint41 der Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen (LNVG) mit ETCS (European Train Control System) ausgerüstet, als technische Basis für die ATO-Anwendung. Die Nachrüstung wird von Alstoms Berliner Standort aus koordiniert und entspricht weitgehend einem üblichen Retrofit. Die physische Nachrüstung soll im Frühjahr 2024 bei Alstom in Salzgitter durchgeführt werden. Die ETCS-Lösung von Alstom wird nach Abschluss des ARTE-Projekts im Fahrzeug verbleiben. Es ist vorgesehen, dass sie nach der streckenseitigen ETCS-Ausrüstung regulär im Lint41 zum Fahren unter ETCS eingesetzt

In the evolution of railway, a new era is about to start that will provide many benefits: the automation of rail transport. Alstom is bringing this goal a step closer, together with its scientific partners Technical University of Berlin (TU Berlin) and the German Aerospace Center e.V. (DLR). The research project “Automated driven Regional Trains in Lower Saxony”, ARTE, takes place in Lower Saxony and focuses on automated driving based on optical signal and obstacle detection. Related goals, such as the drastic reduction of emissions or the increase in efficiency and reliability in the transport sector, are becoming tangible.

1 Current situation

Alstom has already gained important experience in the SNCF’s “Train Fret Autonome” pilot project. The project is dedicated to driverless freight transport. Alstom also led the corresponding ATO initiative of Shift2Rail. The ARTE project builds on the knowledge gained and will further deepen it.

1.1 Retrofitting with ETCS on LNVG’s Lint41

For the ARTE project, two Lint41 of Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen (LNVG) will be equipped with ETCS (European Train Control System) as a technical basis for the ATO application. The retrofit will be coordinated from Alstom’s Berlin site and largely corresponds to a standard retrofit. The physical retrofit is to be carried out at Alstom in Salzgitter in spring 2024. Alstom’s ETCS solution will remain in the vehicle after completion of the ARTE project. It is planned that it will be used regularly in the Lint41 for driving under ETCS after the trackside ETCS installation is completed. The experience gained in the project will be useful for the retrofit of all Lint41 as part of the German Rollout with ETCS.



Bild 1: Zwei Lint41-Fahrzeuge der LNVG werden im ARTE-Projekt mit ETCS und ATO ausgerüstet.

Fig. 1: Two Lint41 vehicles of LNVG are equipped with ETCS and ATO in the ARTE project.

wird. Die Erfahrung in der Nachrüstung des Lint41 wird im Rahmen des German Roll-out mit ETCS für sämtliche Lint41 nutzbar sein.

1.2 Verwendete ETCS-On-Bordtechnik EVC3

Im Versuchsfahrzeug wird Alstoms neuester ETCS-Rechner zum Einsatz kommen: der European Vital Computer 3 (EVC3). Die für das Forschungsvorhaben benötigte ATO-Lösung ist modular in den EVC3 integriert. Der EVC bietet eine ideale technische Grundlage für das Projekt. In der über 20-jährigen Evolution des EVC konnte eine extrem hohe Zuverlässigkeit erreicht werden. Alstom setzt beim EVC auf seine hochredundante „Two out of Three 2oo3“-Architektur. Neue Funktionen, wie das kommende europäische Funksystem FRMCS (Future Rail Mobile Communication System) sind im EVC3 skalierbar vorbereitet. Außerdem konnte mit der neuesten EVC-Generation eine äußerst kompakte Einbaugröße erreicht werden, für die sich leicht ein geeigneter Einbauplatz in allen denkbaren Fahrzeugen finden lässt.

2 Die Zielsetzung

Die Emissionen im Verkehrssektor sollen drastisch reduziert werden. Zu diesem Ziel trägt die voranschreitende Digitalisierung der Leit- und Sicherungstechnik bei. Flächendeckend soll Deutschland mit ETCS ausgestattet werden. Das energiesparende und vorausschauende Fahren wird dadurch enorm erleichtert. Auch ATO wird durch die Ausstattung mit ETCS in der Breite Einzug erhalten, wie es bereits im Leuchtturmprojekt Digitaler Knoten Stuttgart (DKS) der Fall ist. Hier wird das sogenannte „ATO über ETCS“ angewendet, welches im Automatisierungsgrad (Grade of Automation) GoA 2 die benötigten Signalinformationen über ETCS erhält. Das ATO-Modul ist bei der Lösung von Alstom stets im ETCS-Zentralrechner funktional integriert. Eine erhebliche Energieeinsparung ist beim Fahren unter ATO möglich [1]. Eine Ersparnis, die sich auch für die Betreiber bemerkbar machen wird. Doch bis zu einem flächendeckenden Roll-out mit ETCS, nach dem Vorbild des (DKS), wird es noch viele Jahre dauern. Alstom möchte die Vorteile des automatisierten Fahrens schon vor dem vollständigen Roll-out greifbar machen. Dies wird durch den bei ARTE gewählten Ansatz zur optischen Signal- und Hinderniserkennung ermöglicht. Hierbei kann auf bereits bestehende streckenseitige Signale zurückgegriffen werden, die durch optische Systeme erfasst und mithilfe der ATO-Technik von Alstom ausgewertet werden. Ebenso werden mögliche Hindernisse durch Sensorik erkannt. Da die weniger stark frequentierten Nebenstrecken erst später mit ETCS ausgestattet werden sollen, ist der gewählte Ansatz insbesondere für den hier verkehrenden Regionalverkehr interessant.

Ein weiterer wichtiger Aspekt von ARTE widmet sich der Abnahme und Zertifizierung von automatisiert verkehrenden Fahrzeugen. Zusammen mit den Forschungspartnern wird untersucht, welche Schritte zu einer Abnahme durch die Zertifizierungsstellen notwendig sind. Im Vorhaben sollen Bereitstellungsfahrten mit dem höchsten Automatisierungsgrad GoA 4 ermöglicht werden. Auf der freien Strecke wird GoA 3 angestrebt. In dem verfolgten Ansatz wird weiterhin fest auf Personal im Fahrzeug gesetzt, das eventuelle Störungen beheben kann. Der für den Sektor bedenklichen Entwicklung des Personalmangels im Fahrdienst kann durch eine flexiblere Einsatzbarkeit entgegengewirkt werden. Der Serviceaspekt wird eine zentralere Rolle einnehmen.

Durch die Umsetzungsziele im Projekt ARTE wird, wie bis hierhin beschrieben, mittelfristig ein klimafreundliches, zuverlässiges, hochfrequentes und komfortables Bahnangebot ermöglicht.

Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Programm „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“ gefördert und ist für einen Zeitraum von drei Jahren geplant. In einem ersten Schritt werden Anforderungen definiert, bevor im zweiten Jahr die Teilsysteme für die Erprobung entwickelt werden. Nach der

1.2 ETCS On-board technology EVC3 used

Alstom's latest ETCS computer will be used in the test vehicle: The European Vital Computer 3 (EVC3). The ATO solution required for the research project is modularly integrated into the EVC3. The EVC provides an ideal technical basis for the project. In the more than 20-year evolution of the EVC, an extremely high level of reliability has been achieved. Alstom relies on its „Two out of Three 2oo3“ architecture for the EVC, which is highly redundant. New functions, such as the upcoming European radio system „Future Rail Mobile Communication System“ (FRMCS) are scalable prepared in the EVC3. In addition, the latest EVC generation has achieved a highly compact size, for which a suitable installation location can easily be found in all conceivable vehicles.

2 The objective

Emissions in the transport sector are to be drastically reduced. The advancing digitalisation of control and safety technology contributes to this goal. Germany is to be equipped with ETCS nationwide. This will make energy-saving and anticipatory driving much easier. ATO will also be introduced across the board by equipping with ETCS, as is already the case in the project Digitaler Knoten Stuttgart (DKS, digital node in Stuttgart). Here, the so-called „ATO via ETCS“ is used, which receives the required signal information via ETCS at the Grade of Automation (GoA) 2 level of automation. In Alstom's solution, the ATO module is functionally integrated in the ETCS central computer. Considerable energy savings are possible when driving under ATO [1]. A saving that will also be noticeable for the operators. But it will still take many years until completion of a nationwide rollout with ETCS, following the example of the DKS. Alstom wants to make the advantages of automated driving tangible even before the full rollout. This is made possible by the approach chosen in ARTE for optical signal and obstacle detection. Here, existing signals on the trackside can be used, which are detected by optical systems and evaluated with the help of Alstom's ATO technology. Obstacles on track are also detected by sensors. Since the less heavily frequented branch lines will only be equipped with ETCS at a later date, the chosen approach is particularly interesting for the regional service operating here.

Another important aspect of ARTE is dedicated to the certification of automated vehicles. Together with the research partners, it is being investigated which steps are necessary for acceptance by the certification authorities. In the project, provisioning journeys with the highest degree of automation GoA 4 are to be made possible. On the service operation itself, the aim is GoA 3. The approach pursued continues to rely firmly on staff in the vehicle who can rectify any malfunctions. The increasing lack of personnel in the driving service, which is a cause for concern for the rail sector, can be counteracted by more flexible deployment. The implementation goals in the ARTE project, as described up to this point, will enable a climate-friendly, reliable, high-frequency and comfortable rail service in the medium term.

The project is funded by the Federal Ministry of Economics and Climate Protection (BMWK) in the programme „New Vehicle and System Technologies“ and is planned for a period of three years. In a first step, requirements will be defined before the subsystems for testing are developed in the second year. After vehicle integration, test operation is planned for 2024 in Lower Saxony. Finally, the results will be evaluated by the research partners.

Fahrzeugintegration ist der Testbetrieb für das Jahr 2024 in Niedersachsen geplant. Abschließend erfolgt die Ergebnisauswertung durch die Forschungspartner.

3 Das Projektkonsortium

Mehr als 70 % der in Deutschland verkehrenden Hochgeschwindigkeitszüge sind mit ETCS-Signaltechniklösungen von Alstom ausgestattet. Als Ausrüster der ETCS-Systeme, Entwickler vom ATO und Hersteller der Schienenfahrzeuge ist das Unternehmen Konsortialführer des Forschungsprojektes. Alstom übernimmt die Integration und Anpassung der Systemkomponenten, den Entwurf und die Umsetzung einer Lösung für den Fernsteuerbetrieb, die technische Versuchsleitung des ATO-Testbetriebs als auch, in Zusammenarbeit mit der TU Berlin, die technische Spezifikation.

Die wissenschaftliche Begleitung und die Auswertung des Projekts durch das DLR und die TU Berlin sind ein wichtiger Bestandteil des Vorhabens. Sowohl die Lehre an der TU Berlin als auch die Labore und Teststände beider Einrichtungen sollen von dem neu gewonnenen Wissensstand profitieren.

Das Institut für Verkehrssystemtechnik des DLR analysiert gemeinsam mit der TU Berlin das Betriebskonzept auf der Teststrecke und leitet notwendige Voraussetzungen an die betriebliche und technische Umsetzung ab.

Das Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur (BBI) der TU Berlin leistet einen wichtigen Beitrag für die Umsetzung von Testbetrieb und Zulassungsvorbereitung, indem es neben der Erstellung der Spezifikationen die Themenfelder der Risiko- und Sicherheitsanalyse im Projekt leitet und durchführt.

Die LNVG unterstützt das Projekt als assoziierter Partner und stellt die beiden Fahrzeuge zur Verfügung, die mit dem ATO-System ausgerüstet werden.

4 Forschungs- und Projektfelder

4.1 Hindernis- und Signalerkennung

Im ARTE-Projekt soll nicht nur der Regionalverkehrsbetrieb mit ATO getestet werden, sondern auch der Einsatz von Sensorik, welche Hindernisse und Signale erkennt. Dabei sind die Teilsysteme der Hinderniserkennung, der Re-Lokalisierung und der Signalerkennung im Besonderen zu untersuchen. Es gibt derzeit einige Herausforderungen, die das System in Zukunft selbstständig lösen soll. Diese reichen von schlechten Sichtverhältnissen (Nebel, Regen, Nacht) bis hin zur korrekten Fahrwegserkennung in Bahnhofsvorfeldern und möglichen Hindernissen.

Ab der Automatisierungsstufe GoA 3 muss das ATO-System in der Lage sein, Hindernisse vor dem Zug und im Lichtraumprofil des Zuges zu erkennen. Das Hinderniserkennungssystem ist dafür verantwortlich, diese Hindernisse wahrzunehmen und das ATO-System mit den Daten zu versorgen. Es wird in der Lage sein, Hindernisse mit einer Fläche von 0.25 m² in einer Entfernung von 300 m sicher zu erkennen. Mit größer werdender Entfernung steigt die Schwierigkeit, ein Objekt und dessen genaue Position richtig zu erfassen.

Im automatisierten Bahnbetrieb wird die Signalerkennung vom System übernommen. Die Besonderheit im ARTE-Projekt ist die Zielsetzung, den GoA 3-Verkehr auf einer Strecke durchzuführen, die nicht über die benötigte Streckeninfrastruktur verfügt, sondern nur mit Lichtsignalanlagen ausgestattet ist. Es wird also ein System benötigt, das diese Signale erkennen und interpretieren kann. Ähnlich der Hinderniserkennung liegen Herausforderungen in schlechten Wetterbedingungen oder bei der richtigen Erkennung an unüber-

3 The project consortium

More than 70 % of the high-speed trains running in Germany are equipped with ETCS signalling solutions from Alstom. As the supplier of the ETCS systems, developer of the ATO and manufacturer of the rolling stock, the company is the consortium leader of the research project. Alstom is responsible for the integration and adaptation of the system components, the design and implementation of a solution for remote control operation, the technical test management of the ATO test operation and, in cooperation with the TU Berlin, the technical specification.

The scientific monitoring and evaluation of the project by DLR and TU Berlin are an important part of the project. Both the teaching at the TU Berlin and the laboratories and test stands of both institutions should benefit from the newly acquired knowledge.

Together with the TU Berlin, DLR's Institute of Transport Systems is analysing the operating concept on the test track and deriving the necessary requirements for operational and technical implementation.

The Department of Railway Operation and Infrastructure (Bahnbetrieb und Infrastruktur, BBI) at the TU Berlin is making an important contribution to the implementation of test operation and preparation for approval by leading and carrying out the risk and safety analysis in the project, in addition to drawing up the specifications.

The LNVG supports the project as an associated partner and provides the two vehicles that will be equipped with the ATO system.

4 Research and project fields

4.1 Obstacle and signal detection

The ARTE project will not only test regional transport operations with ATO, but also the use of sensors that detect obstacles and signals. The subsystems of obstacle detection, re-localisation and signal detection in particular are to be investigated. There are currently a number of challenges that the system is expected to solve autonomously in the future. These range from poor visibility conditions (fog, rain, night) to correct route recognition at track junctions and possible obstacles. From automation level GoA 3, the ATO system must be able to detect obstacles in front of the train and in the train's clearance gauge. The obstacle detection system is responsible for perceiving these obstacles and providing the ATO system with the data. It will be able to safely detect obstacles with an area of 0.25 m² at a distance of 300 metres. As the distance increases, the difficulty of correctly detecting an object and its exact position increases.

In automated railway operation, signal detection is taken over by the system. The special feature of the ARTE project is the objective of carrying out GoA 3 traffic on a line that does not have the required signaling infrastructure, but is only equipped with traffic lights. A system is therefore needed that can recognise and interpret these signals. Similar to obstacle detection, challenges lie in bad weather conditions or in the correct detection at blind spots, e.g. on sections of track with a dense signal sequence of parallel tracks.

4.2 Re-localisation

Another open question, which is dealt with in the project, is how the re-localisation of the vehicle on a conventional line can be technically solved without the installation of additional



GROSSER BAHNHOF FÜR DIE ZUKUNFT DER MOBILITÄT

Eisenbahnen schonen das Klima. Seit 80 Jahren baut Stadler deswegen Bahnfahrzeuge, welche den Schienenverkehr attraktiver, wettbewerbsfähiger und nachhaltiger machen. Damit sich noch mehr Fahrgäste für die Bahn entscheiden. Damit noch mehr Güter auf die Bahn gelangen. Damit die Verkehrswende gelingt.

Auf der InnoTrans 2022 zeigen wir Ihnen die Technologien, die schon heute massgeblich dazu beitragen: Digitale Vernetzung von Zügen und Strecken, nachhaltige Elektro-, Batterie- oder Wasserstoffantriebe. Kurz gesagt: Fahrzeuge mit maximalen Komfort. Wir bereiten der Zukunft der Mobilität einen grossen Bahnhof. Besuchen Sie uns und erfahren Sie mehr auf der InnoTrans 2022.

www.stadlerrail.com

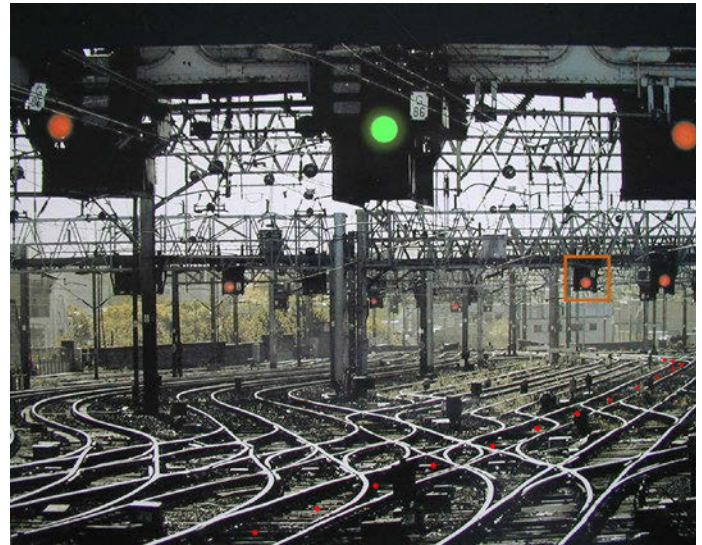
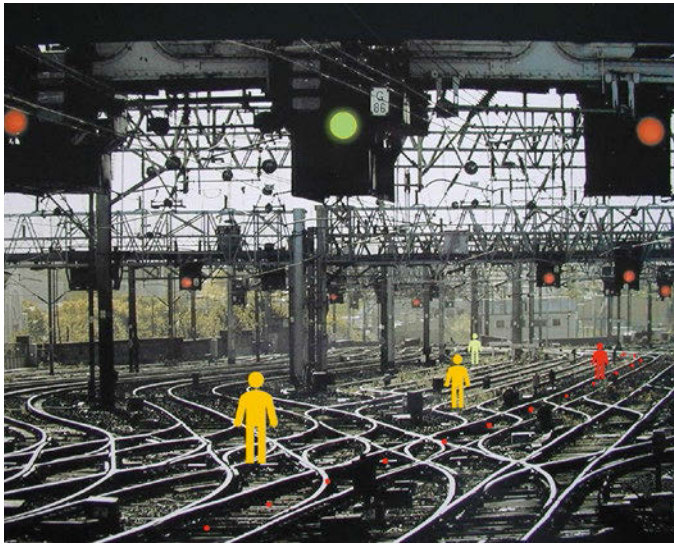


Bild 2: Die zu lösenden Probleme des automatischen Systems: Erkennung von Hindernissen im Fahrweg (links) und Lesen des relevanten Signals (rechts) – auch an unübersichtlichen Stellen

Fig. 2: The problems to be solved by the automatic system: detection of obstacles in the track (left) and reading the relevant signal (right) – even in unclear places

sichtlichen Stellen, z.B. an Streckenabschnitten mit dichter Signalabfolge parallel verlaufender Gleise.

4.2 Re-Lokalisierung

Eine weitere offene Fragestellung, die im Projekt behandelt wird, ist, wie die Re-Lokalisierung des Fahrzeugs auf einer konventionellen Strecke technisch gelöst werden kann, ohne den Einbau zusätzlicher streckenseitiger Infrastruktur. Während des Projektes werden Lösungen erarbeitet, die eine Re-Lokalisierung des Zuges sicherstellen. Im Rahmen des Projektes soll auch geprüft werden, ob es alternative Lösungen gibt, die genaue Positionsbestimmung zu erreichen, etwa durch Hilfe der Sensorik für die Signalerkennung.

4.3 Differenzanalyse und Betrieb

Neben der Systemdefinition setzt das BBI der TU Berlin das betriebliche Lastenheft um. Hierbei werden Fragestellungen bei der Umsetzung von ATO im Regelbetrieb und in der Rückfallebene beachtet. Gemeinsam mit den Partnern wird eine detaillierte Differenzanalyse zu Betrieb, Technik und Rollen im Vergleich zu dem heutigen Betrieb erarbeitet und auf Anforderungen für Mensch und für Technik aufgeteilt. Es werden Berufsbilder und Qualifizierungsansätze für das Betriebspersonal definiert und die entsprechenden Schulungen für den fahrerlosen Betrieb begleitet.

4.4 Fernsteuerbetrieb

Ein besonderer Schwerpunkt des BBI ist der Fernsteuerbetrieb, dessen technische Umsetzung im Vergleich zu der heutigen Ausrüstung eines Triebfahrzeugführers (Tf) deutlich vereinfacht ausgeführt wird. Geplant ist, die Aufgaben mittels eines Tablets oder vereinfachten Führerstandes ausführen zu lassen. Auch eine Übernahme der Betriebsverantwortung des Zugbegleiters wird im Projekt untersucht und praktisch erprobt. Bei Nutzung abgewandelter Ein- und Ausgabegeräte werden diverse Fragestellung zu Betriebsablauf, Sicherheit und Übersichtlichkeit der dargestellten Informationen gemeinsam mit den Partnern erörtert und erprobt. Geplant ist eine intensive Diskussion mit beteiligten Aufsichtsbehörden, um deren Sichtweise in Bezug auf den Genehmigungsprozess zu berücksichtigen und um gemeinsam eine Zulassungs-

trackside infrastructure. During the project, solutions will be developed to ensure the re-localisation of the train. The project will also examine whether there are alternative solutions to achieve accurate positioning, for example by using sensor technology for signal detection.

4.3 Difference analysis and operation

In addition to the system definition, the BBI at the TU Berlin is implementing the operational specifications. In this process, questions concerning the implementation of ATO in the control operation and in the fallback level are taken into account. Together with the partners, a detailed analysis of the differences in operation, technology and roles compared to today's operation service is developed and divided into requirements for people and technology. Job descriptions and qualification approaches for the operating personnel will be defined and the corresponding training for driverless operation will be accompanied.

4.4 Remote control operation

A special focus of the BBI is remote control operation, the technical implementation of which will be significantly simplified compared to the current equipment of a train driver. It is planned to have the tasks carried out by means of a tablet or simplified driver's cab. Taking over the operational responsibility of the train attendant is also being investigated and tested in practice in the project. With the use of modified input and output devices, various questions concerning the operational procedure, safety and clarity of the information displayed will be discussed and tested together with the partners. An intensive discussion with the supervisory authorities involved is planned in order to take into account their point of view with regard to the approval process and to jointly work out an approval strategy. At the end of the development of the specifications and prior to the test runs, safety assessment reports will be prepared by the independent body ERC Rail. For this purpose, safety considerations are carried out and all work steps, from design and installation to test runs, are accompanied. A roadmap for subsequent generic approval of the

strategie zu erarbeiten. Hierbei werden am Ende der Erarbeitung der Lastenhefte und vor den Testfahrten Sicherheitsbewertungsberichte durch die unabhängige Stelle ERC Rail erstellt. Hierfür werden sicherheitstechnische Betrachtungen durchgeführt und alle Arbeitsschritte, vom Design über den Einbau bis hin zu den Testfahrten begleitet. Eine Roadmap für eine spätere generische Zulassung der neu entwickelten Komponenten wird nach Abschluss der Testfahrten erarbeitet und unabhängig geprüft.

4.5 Systemdefinition

Das Institut für Verkehrssystemtechnik des DLR erarbeitet gemeinsam mit den Projektpartnern das notwendige Zielbild hinsichtlich des automatisierten Fahrens für einen Regionalverkehr in Niedersachsen. Dabei liegt der Fokus zu Beginn des Projektes auf der betrieblichen Analyse der heutigen (manuellen) Aufgaben innerhalb des Bahnbetriebs, wie die Bereitstellung des Fahrzeugs und der damit verbundenen Tätigkeiten des Tf. In einem nächsten Schritt können so, mittels einer entsprechenden Systemdefinition, die Voraussetzungen für das automatisierte Fahren nach GoA 3 bzw. GoA 4 erstellt werden. Es wird also mittels Differentialanalysen untersucht, welche Aufgaben zukünftig durch die Automation übernommen werden und wie diese im Projekt ARTE umgesetzt und erprobt werden können.

Weiter sind auf Basis der theoretischen Grundlagen und der Ergebnisse der Versuchsfahrten Betriebskonzepte für die Automatisierung und die entsprechenden Rückfallebenen, insbesondere für die definierte Versuchsstrecke, zu erarbeiten. Dabei werden auch die vor- und nachgelagerten Prozesse berücksichtigt. Es wird eine gesamtheitliche Bewertungsmethodik erarbeitet, mit der sowohl die Auswirkungen auf den Betrieb, die Wirtschaftlichkeit als auch auf das Personal analysiert werden kann.

4.6 Human Factors

Parallel zu den technischen und betrieblichen Versuchen sollen die Auswirkungen der Automatisierung auf die Mitarbeitenden untersucht werden. Das DLR analysiert dabei, wie sich die Aufgaben des Betriebspersonals verändern und welche neuen Rollen gegebenenfalls entstehen. Dabei wird insbesondere betrachtet und beschrieben

newly developed components will be drawn up and independently verified after the test runs have been completed.

4.5 System definition

Together with the project partners, the Institute of Transport Systems at DLR is developing the necessary target with regard to automated driving for a regional transport system in Lower Saxony. At the beginning of the project, the focus is on the operational analysis of the current (manual) tasks within railway operations, such as the provision of the vehicle and the associated activities of the driver. In a next step, the prerequisites for automated driving according to GoA 3 or GoA 4 can be created by means of a corresponding system definition. Thus, differential analyses are used to investigate which tasks will be taken over by automation in the future and how these can be implemented and tested in the ARTE project.

Furthermore, operating concepts for the automation and the corresponding fallback levels, in particular for the defined test section, are to be developed on the basis of the theoretical principles and the results of the test runs. The upstream and downstream processes are also taken into account. A holistic evaluation methodology will be developed to analyse the effects on operation, economic efficiency and personnel.

4.6 Human Factors

Parallel to the technical and operational tests, the effects of automation on employees will be investigated. The DLR will analyse how the tasks of the operating personnel will change and what new roles may arise. In particular, it will be considered and described which remaining, non-automated tasks of the train driver can potentially be taken over by a remote controller, a train attendant and the preparatory and follow-up staff. From this description of roles and tasks, recommendations for the design of workplaces can be derived. With its expertise from many years of research work in the field of rail human factors, DLR supports the research partners in developing and testing the requirements for user-friendly simplified remote control in the event of disruptions.

Finally, recommendations for action are formulated which apply the knowledge gained from the ARTE project and the evaluation methodology developed from an operational, economic and human factors perspective to other lines (segments), degrees of automation or applications from an operational, economic and human factors perspective.

5 Outlook

In the coming years, ETCS will be installed nationwide in Germany, both on the lineside and in the vehicles. The goal is to replace the national safety technology with ETCS by 2035. This results in a great need to equip both new and existing vehicles. The European programmes for this have been running since 2015, such as Shift2Rail.

The approach pursued in this research project is to make ATO applicable earlier in regional transport. The developments of the ARTE research project are in line with the developments at European level. The research results should be integrated into the European railway system, interoperable and applicable throughout Europe.

The use of ATO has numerous advantages for the operator, since in addition to significant energy savings, a more stable operation can be guaranteed and up to 30 % more capacity can

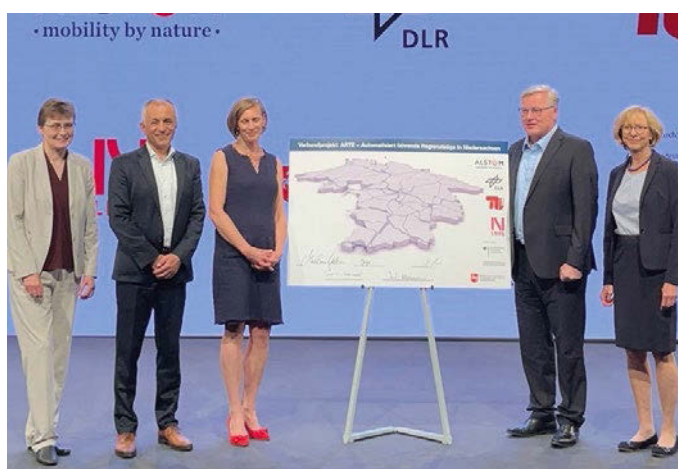


Bild 3 : Vorstellung des Projektes in Hannover mit Vertretern der Projektpartner

Fig. 3 : Presentation of the project in Hanover with representatives of the project partners

von links nach rechts / from left to right: Carmen Schwabl (LNVG), Müslüm Yakisan (Alstom), Prof. Dr Birgit Milius (TU Berlin), Dr Bernd Althusmann (Minister of Transport of Lower Saxony), Dr Bärbel Jäger (DLR)

ben, welche verbleibenden, nicht automatisierten Aufgaben des Tf jeweils potenziell ein Fernsteuerer, ein Zugbegleiter und das vor- und nachbereitende Personal übernehmen kann. Aus dieser Rollen- und Aufgabenbeschreibung können wiederum Empfehlungen für die Gestaltung der Arbeitsplätze abgeleitet werden. Mit der Expertise aus langjährigen Forschungsarbeiten im Bereich Rail Human Factors unterstützt das DLR die Forschungspartner dabei, die Anforderungen an eine nutzergerechte vereinfachte Fernsteuerung für den Störfall zu erarbeiten und zu erproben.

Abschließend werden Handlungsempfehlungen formuliert, welche die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Projekt ARTE und die entwickelte Bewertungsmethodik aus betrieblicher, wirtschaftlicher und Human-Factors-Sicht auf andere Strecken(-segmente), Automatisierungsgrade oder Anwendungsgebiete übertragbar machen.

5 Ausblick

In den kommenden Jahren wird ETCS in Deutschland, sowohl streckenseitig als auch in den Fahrzeugen, flächendeckend eingerichtet. Das Ziel ist, bis zum Jahr 2035 die nationale Sicherungstechnik abzulösen und durch ETCS zu ersetzen. Daraus resultiert ein großer Ausrüstungsbedarf sowohl von Neu- als auch von Bestandsfahrzeugen. Die europäischen Programme dazu laufen seit 2015, wie Shift2Rail.

Der in diesem Forschungsprojekt verfolgte Ansatz ist es, ATO schon früher im Regionalverkehr anwendbar zu machen. Die Entwicklungen des ARTE-Forschungsprojektes stehen in Einklang mit den Entwicklungen auf europäischer Ebene. Die Forschungsergebnisse sollen im europäischen Bahnsystem aufgehen, interoperabel und europaweit einsetzbar sein.

Der Einsatz von ATO hat zahlreiche Vorteile für den Betreiber, da neben einer signifikanten Energieeinsparung, ein stabilerer Betrieb gewährleistet werden kann und bis zu 30 % mehr Kapazität erreicht wird [2]. Der im ARTE-Projekt geplante vollautomatische Betrieb mit Bordpersonal (GoA 3) erlaubt eine erhöhte Flexibilität, da Züge variabel eingesetzt werden können. Der Kunde profitiert in Zukunft von einem verbesserten Angebot und einem guten Service durch das Bordpersonal.

Das Projektkonsortium betritt im ARTE-Projekt Neuland für automatisierten Betrieb im Regionalverkehr, mit dem übergeordnetem Ziel, den Bahnverkehr sowohl technisch als auch betrieblich zukunftsreif zu machen. ■

be achieved [2]. The fully automated operation with on-board personnel (GoA 3) planned in the ARTE project allows for increased flexibility, as trains can be deployed variably. In the future, the customer will benefit from an improved offer and a good service by the on-board staff.

In the ARTE project, the project consortium is breaking new ground for automated operation in regional transport, with the overarching goal of making rail transport technically and operationally ready for the future. ■

AUTOREN | AUTHORS

Felix Specht, M. Sc.

Business Development Manager
Alstom

Anschrift / Address: Joachimsthaler Straße 12, D-10719 Berlin
E-Mail: felix.specht@alstomgroup.com

Alexander Michels

ADM Engineering
Alstom

Anschrift / Address: Joachimsthaler Straße 12, D-10719 Berlin
E-Mail: alexander.michels@alstomgroup.com

Frederik-Alexander Adebahr, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur /
Research Assistant of Chair for Railway Operations and Infrastructure
TU Berlin

Anschrift / Address: Salzufer 17-19, D-10587 Berlin
E-Mail: f.adebahr@tu-berlin.de

Dr. Christian Meirich

Gruppenleiter: Bahnbetrieb /
Research Associate and Team Leader: Rail Operation
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institution of Transport Systems*
Anschrift / Address: Lilienthalplatz 7, D-38108 Braunschweig
E-Mail: christian.meirich@dlr.de

Dr. Raphael Hofstädter

Patentmanager und Innovation Champion /
Patent Manager and Innovation Champion
Alstom

Anschrift / Address: Linke-Hofmann-Busch-Straße 1, D-38239 Salzgitter
E-Mail: Raphael.Hofstaedter@alstomgroup.com

Prof. Dr. Birgit Milius

Leiterin des Fachgebietes Bahnbetrieb und Infrastruktur /
Head of Chair for Railway Operations and Infrastructure
TU Berlin

Anschrift / Address: Salzufer 17-19, D-10587 Berlin
E-Mail: birgit.milius@tu-berlin.de

Dr. Anja Naumann

Wissenschaftliche Mitarbeiterin: Mensch-Technik-Organisation /
Research Associate: Human-Technology-Organisation
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institution of Transport Systems*
Anschrift / Address: Rutherfordstraße 2, D-12489 Berlin
E-Mail: anja.naumann@dlr.de

LITERATUR | LITERATURE

[1] <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/aktuell/autonomes-fahren-auf-der-schiene/>

[2] Autonomous mobility: The future of rail is automated | Alstom

WISSEN, WAS BAHNEN BEWEGT

Besuchen Sie uns
auf der **InnoTrans 2022**
in **Halle 4.2 | Stand 335**



Entdecken Sie
attraktive Messeangebote
an Fachzeitschriften und
Rail-Fachbüchern und
nehmen Sie an unserem
Gewinnspiel teil!

www.eurailpress.de/innotrans22

Verbesserung von CBTC-Systemen durch den Einsatz von Sensor-Fusion-Systemen der nächsten Generation

Improvements to CBTC systems using next-generation sensor fusion

Aaron Whittemore

Zugsteuerung mittels Communication Based Train Control (CBTC) gibt es seit über zwei Jahrzehnten und ist nach wie vor die führende Technologie für städtische Verkehrssysteme zur Erhöhung der Kapazität, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit sowie zur Automatisierung des Betriebs. Verkehrsbetreiber fordern jedoch mehr Streckenkapazität, höhere Verfügbarkeit, niedrigere Kosten und eine schnellere Einführung. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über eine Sensor-Fusion-Odometrielösung der nächsten Generation, mit der diese Verbesserungen erreicht werden können, sowie über die Ergebnisse von Versuchen mit einer Humatics-Positionierungslösung, die herkömmliche CBTC-Odometrielösungen ersetzen soll.

1 Sensor-Fusion-Positionierung und Zugsteuerungssysteme

Herkömmliche CBTC-Systeme stützen sich auf eine Vielzahl von Sensoren, um genaue Positions-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdaten zu liefern, die für Zugsteuerungsmaßnahmen wie Fahrterlaubnisse, sichere Bremswege und Geschwindigkeitsänderungen verwendet werden. Diese Sensoren können Transponder oder Balisen, einachsige Beschleunigungsmesser und Radtachometer umfassen. Jeder dieser Sensoren liefert Daten, die von der Lokalisierungsfunktion des Zuges zusammenge-

Communications based train control (CBTC) has existed for over two decades and remains the leading technology for urban transport systems in relation to increased capacity, reliability, availability and automated train operations. However, transport operators demand more trains per hour, higher availability, lower costs and faster deployment. This article provides an overview of a next-generation sensor fusion odometry solution that provides these improvements and the results from trials using a Humatics positioning solution to replace traditional CBTC odometry solutions.

1 Sensor fusion positioning and train control systems

Traditional CBTC systems rely on a diverse set of sensors to provide the accurate position, speed and acceleration data used for train control actions such as movement authorities, safe braking distances and speed changes. These sensors may include transponders or balises, single axis accelerometers and wheel tachometers. Each of these sensors provides data that is fused together and processed by the train localisation function in order to determine a train's position, speed, acceleration and heading.

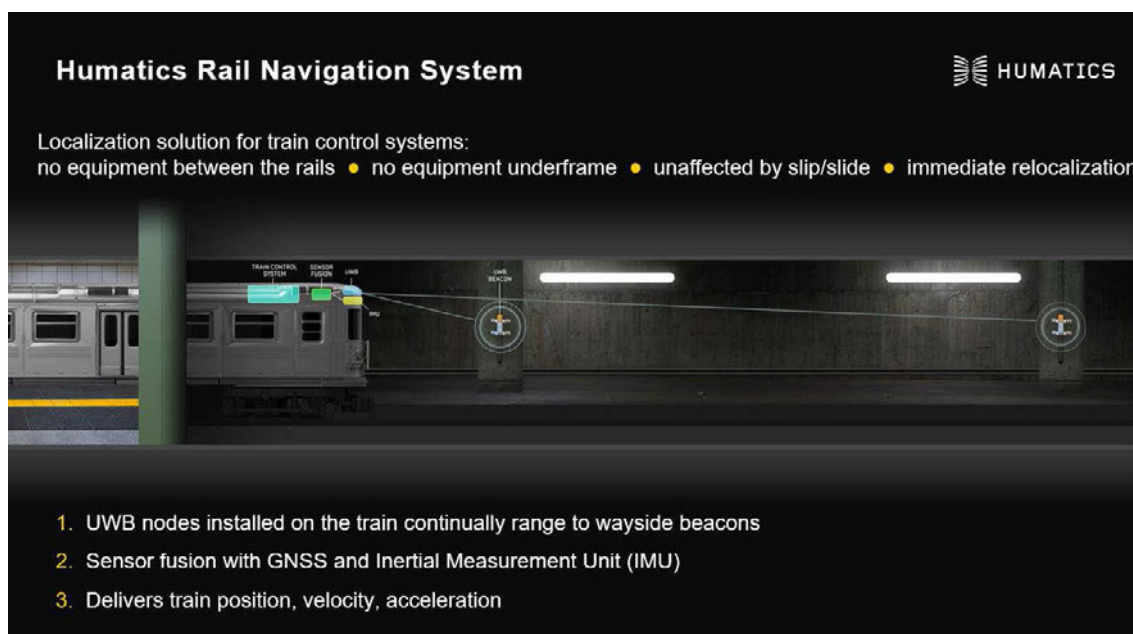


Bild 1: Konzeptuelle Darstellung einer Sensor-Fusion Odometrielösung mit Einsatz von UWB

Fig. 1: Conceptual representation of a sensor-fusion odometry solution using UWB

führt und verarbeitet werden, um die Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung und den Kurs des Zuges zu bestimmen.

Jeder Sensor wurde für ein ganz bestimmtes Einsatzfeld entwickelt. Transponder oder Balisen sind präzise Punkte auf dem Gleis, die für eine sichere Positionsbestimmung sorgen. In hochpräzisen Bereichen wie Bahnhöfen, Weichen und Rangierbahnhöfen müssen viele Transponder installiert werden, um eine sichere Positionsbestimmung zu gewährleisten. Darüber hinaus erfordern Transponder sperrige Übertragungsmodule, die sich an schwer zugänglichen und umweltbelastenden Stellen unter dem Zug befinden. Radtachometer sind klassische Sensoren, die seit Jahrzehnten als zuverlässige Methode zur Bereitstellung von Fahrzeuggeschwindigkeit und -beschleunigung verwendet werden. Leider können die Daten von Radtachometern aufgrund von Änderungen des Raddurchmessers, die durch normalen Verschleiß verursacht werden, ungenau sein und unterliegen Phänomenen, die als Radschlupf und -rutschen bekannt sind, wenn Haftungsprobleme auftreten. Wenn diese Fehler nicht kompensiert werden, fließen sie in die Lokalisierungsfunktion ein und können zu nachteiligen Notbremsungen oder einer künstlichen Erhöhung der Fahrterlaubnisse führen. Dadurch wird die Streckenkapazität unnötig eingeschränkt. Einachsige Beschleunigungssensoren helfen bei der Bestimmung von Beschleunigungen entlang der Strecke und können zur Erkennung von Schlupf- und Rutschereignissen eingesetzt werden, um das Problem zu erkennen, wenn es auftritt. Diese Beschleunigungsmesser werden häufig an schwer zugänglichen Stellen im oder unter dem Fahrzeug installiert. Beschleunigungssensoren können auch anfällig für eine Verklebung sein, bei der der Sensor effektiv in einer Position feststeckt, wodurch die Funktionstüchtigkeit des Geräts beeinträchtigt wird. Alle oben beschriebenen Sensoren können in einem CBTC-System durch eine auf Sensor-Fusion basierte Odometrielösung unter Verwendung von Ultrabreitband (Ultra Wideband – UWB), Trägheitsmesssensoren (Inertial Measurement Unit Sensors – IMU) und wenn vorhanden, Satellitennavigationssystemen (Global Navigation Satellite Systems – GNSS), eliminiert werden [1].

UWB ist eine Punkt-zu-Punkt-Entfernungsmessung, die eine Messung im Zentimeterbereich berechnet. Mit UWB-Entfernungsdä-

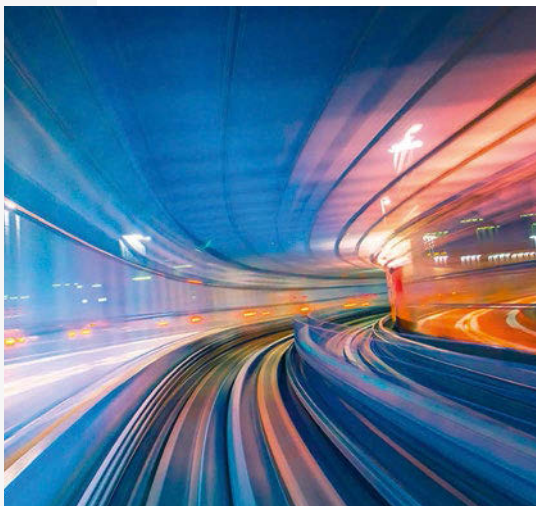
Each sensor has been developed for a very specific task. Transponders or balises are precise points on the track used to ensure positional certainty. High precision areas such as station stops, switch locations and yard / depots require many transponders to be installed in order to maintain positional certainty. Additionally, transponders also require bulky transmission modules located in difficult to access and environmentally unfriendly locations under the train. Wheel tachometers are classic sensors that have been used for decades as a reliable method of providing a steady pulse of speed and acceleration information. Unfortunately, wheel tachometer data can be inaccurate due to wheel diameter changes caused by normal wear and tear and is subject to a phenomenon known as wheel slip and slide when adhesion issues are encountered. If not compensated for, these errors are entered into the localisation function and can lead to detrimental emergency braking or to an artificial increase in movement authorities, thereby unnecessarily limiting the system's overall capacity. Single axis accelerometers are used to help determine acceleration along the track and can be used to detect slip and slide events providing awareness of the issue when it occurs. These accelerometers are often installed in difficult to access locations in or under the train. Accelerometers can also be susceptible to pegging, where the sensor is effectively stuck in a position, thus eliminating the usefulness of the device.

All the sensors described above can be eliminated from a CBTC system using a sensor fusion based odometry solution using Ultra Wideband (UWB) nodes, inertial measurement unit sensors (IMU) and Global Navigation Satellite Systems (GNSS) where available [1].

UWB is a point-to-point ranging technology that calculates a distance measurement in terms of centimetres. Positional and speed estimates can be calculated using UWB range data. In this sensor suite, UWB serves as a positional coverage blanket that can span hundreds of metres replacing the need for transponders and providing higher levels of positional certainty that can increase system capacity. In high precision areas, UWB beacons can be thought of as terrestrial GNSS satellites



www.signon-group.com



SIGNON – Schiene.Mobilität.Zukunft.

SIGNON leistet als Premium Kompetenzzentrum einen entscheidenden Beitrag für die Digitalisierung der Deutschen Bahn.

Sie möchten mit unseren Experten ins Gespräch kommen?
Dann treffen Sie uns.

Auf der **InnoTrans** in der Messe Berlin!

Sie finden uns vom **20.–23.09.2022** im Gemeinschaftsstand
Berlin Brandenburg im **City Cube Halle B / Stand 320!**

Wir freuen uns auf Sie!

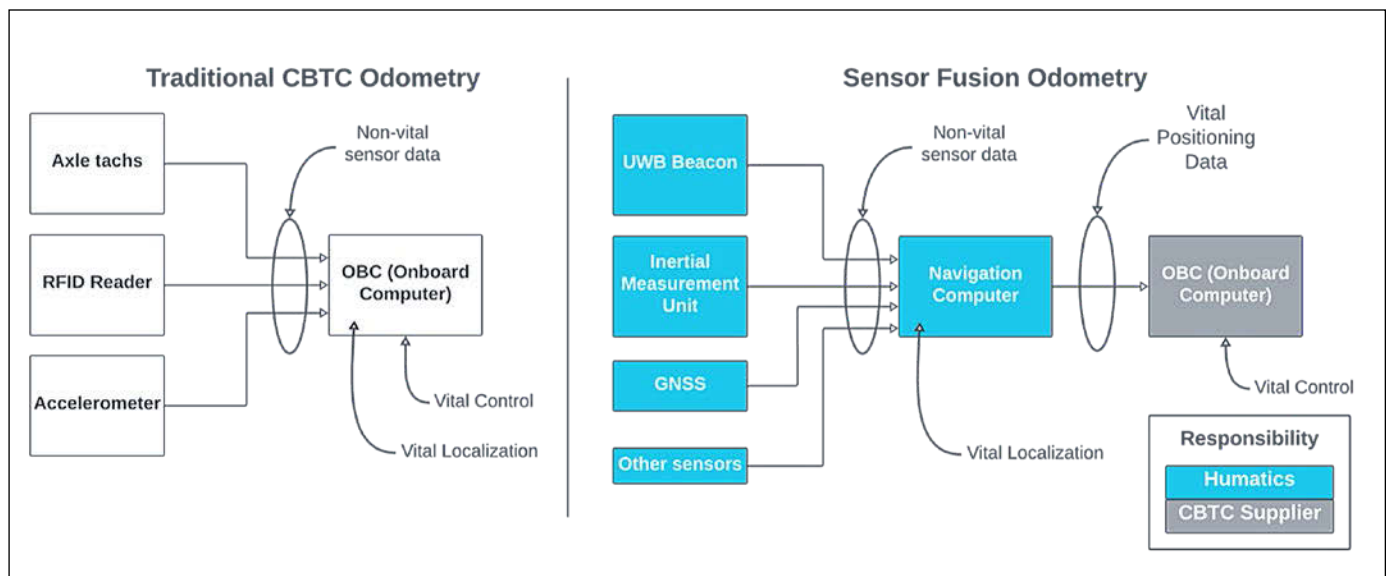


Bild 2: Vergleich zwischen traditioneller CBTC-Odometrie und Sensor-Fusion-Odometrie

Fig. 2: A comparative view of traditional CBTC odometry vs. sensor fusion odometry

ten können Positions- und Geschwindigkeitsschätzungen berechnet werden. In dieser Sensorreihe dient UWB als flächendeckende Positionsabdeckung, die sich über Hunderte von Metern erstrecken kann und Transponder überflüssig macht. Diese bietet ein höheres Maß an Positionssicherheit, was die Streckenkapazität erhöhen kann. In Hochpräzisionsbereichen können UWB-Ortungsgeräte als terrestrische GNSS-Satelliten betrachtet werden, wobei die Positionsabdeckung umso besser ist, je mehr Ortungsgeräte in Sichtweite sind. Wo früher Dutzende von Transpondern an einer Haltestelle erforderlich waren, genügen nun einige wenige UWB-Ortungsgeräte, um eine Positionierung im Zentimeterbereich zu ermöglichen. Ein Beispiel für ein UWB-basiertes Sensor-Fusion-Odometriesystem, das Humatics Rail Navigation System (HRNS), ist in Bild 1 dargestellt.

Die eingebauten IMU-Sensoren messen Fahrzeugbeschleunigungen und Winkelgeschwindigkeiten, die mit bewährten Navigationsalgorithmen kombiniert werden können, um die Fahrzeugorientierung und relative Änderungen von Geschwindigkeit und Position zu berechnen. Jüngste Fortschritte in der IMU-Technologie bieten im Vergleich zu einachsigen Beschleunigungsmessern eine überlegene Leistung und Messungen mit mehreren Achsen bei geringen Kosten und kleinem Formfaktor.

In Umgebungen mit offenem Himmel kann GNSS verwendet werden, um eine Lösung mit geringer Infrastruktur und daher geringeren Kosten zu bieten. Diese Lösungen setzen GNSS dort ein, wo die Positionsunsicherheit wachsen kann, z. B. zwischen Haltestellen, während die Positionsgenauigkeit in kritischen Bereichen wie Haltestellen oder Weichen mit UWB verbessert wird.

Robuste Lösungen müssen daher die Sensordiversität mit hochentwickelten Sensor-Fusion-Algorithmen nutzen, die Daten von mehreren Sensoren kombinieren, um präzise Lokalisierungsschätzungen zu berechnen. Die Verwendung mehrerer Sensoreingänge verringert die Gesamtunsicherheit, da die Schwächen eines Sensortyps durch die Stärken eines anderen ausgeglichen werden können. Der Vorteil dieses Ansatzes ist eine geringere Gesamtunsicherheit der Lokalisierungsschätzungen und ein höheres Maß an Robustheit und Verfügbarkeit, da das System den Betrieb auch bei Ausfall oder Fehlfunktion eines einzelnen Sensors aufrechterhalten kann. Solche Lösungen werden sowohl von etablierten An-

where the more beacons in view the better the positional coverage. In places where tens of transponders may have previously been necessary at a station stop, only a few UWB beacons are required to provide centimetre-precise positioning. An example of a UWB-based sensor-fusion odometry system, the Humatics Rail Navigation System (HRNS), is shown in fig. 1.

The onboard IMU measures vehicle acceleration and angular velocities which can be paired with tested navigation algorithms to calculate the vehicle's orientation and any relative changes in its velocity and position. Recent advances in IMU technology are providing superior performance and multiple axis measurements at a low cost and a small form factor when compared with single axis accelerometers.

GNSS can be used in open sky environments to provide a low infrastructure, and therefore a lower cost, solution. These solutions leverage GNSS in those places where positional uncertainty can grow, such as between station stops, while augmenting the positional precision with UWB in critical areas such as station stops or switches.

Robust solutions therefore have to use sensor diversity with sophisticated sensor fusion algorithms that combine data from multiple sensors in order to formulate precise localisation estimates. The use of multiple sensor inputs reduces the overall uncertainty, allowing for any shortcomings in one sensor type to be mitigated by the strengths in another. The advantage of this approach lies in the smaller overall uncertainty of the localisation estimates and the higher level of robustness and availability, as the system can maintain its operations when faced with an individual sensor failure or malfunction. These solutions are being developed by established signalling providers [2] as well as by start-ups looking to break into the rail industry.

As fig. 2 illustrates, traditional CBTC and UWB-based odometry solutions both rely on the same safety premise – sensor diversity. Each technique uses multiple non-vital sensors to create checks and balances among inputs and sensor data in order to determine that the data and calculations are valid (do they make sense and is the data trustworthy) and that all the sensors are operating and providing the expected data.

biern von Signaltechniksystemen [2] als auch von Start-ups entwickelt, die in der Bahnindustrie Fuß fassen wollen.

Wie Bild 2 zeigt, beruhen sowohl die traditionellen CBTC- als auch die UWB-basierten Odometrielösungen auf der gleichen Sicherheitsprämisse – der Sensordiversität. Jede Technik verwendet mehrere nicht lebenswichtige Sensoren, um die Sensoreingänge und -daten zu überprüfen und festzustellen, ob die Daten und Berechnungen gültig sind. Das heißt: ob die Daten Sinn ergeben und vertrauenswürdig sind, und letztlich, ob alle Sensoren funktionieren und die erwarteten Daten liefern.

2 Systemarchitektur

Die UWB-basierte Sensor-Fusion-Odometrielösung kann als aus zwei verschiedenen Teilsystemen bestehend betrachtet werden, das streckenseitige und das fahrzeugseitige, die zusammen eine Gesamtlösung bilden.

Das streckenseitige Teilsystem besteht aus UWB-Ortungsgeräten, die entlang der Strecke in einer Höhe von etwa 1,5 bis 1,8 m angebracht sind und von einer 12–48-V-Gleichstromquelle gespeist werden. Die präzise vermessene Position der Ortungsgeräte wird in einen Referenzrahmen entlang der Strecke übersetzt und in einer streckenseitigen Datenbank gespeichert. Die Anzahl der Ortungsgeräte und der Abstand zwischen ihnen variiert je nach Gleisgeometrie, Umgebung (Tunnel, Freiland) und den Anforderungen an die Zielposition.

Das fahrzeugseitige Teilsystem besteht aus UWB-Knoten, die die streckenseitigen Ortungsgeräte entlang der Strecke anpeilen, einem IMU-Sensor, der zur Erstellung eines Trägheitsnavigationssystems und einer Rückkopplungsschleife verwendet wird, sowie einem GNSS-Empfänger (sofern vorhanden). Diese Sensoren sind in der Regel im Inneren des Fahrzeugs installiert, vor Umwelteinflüssen geschützt und leicht zugänglich. Eine fahrzeuginterne Recheneinheit beinhaltet die Algorithmen für die Sensor-Fusion und bildet die Schnittstelle zum Zugsteuerungssystem.

Während der Zug das Gleis befährt, liefert jeder Sensor Daten an die Schienenlokalisierungs-Engine, einen Software-Algorithmus

2 The system architecture

The UWB-based sensor fusion odometry solution can be viewed as two distinct subsystems, trackside and train-borne, that work together to form an overall solution.

The trackside subsystem consists of UWB beacons mounted along the trackside approximately 1.5–1.8 metres high and powered by a 12–48 volt Direct Current (DC) power source. The precisely surveyed beacon positions are translated into a reference framework along the track and stored in a trackside database. The number of and distance between the beacons varies depending on the track geometry, environment (tunnel, open air) and the targeted positional performance requirements.

The train-borne subsystem consists of UWB nodes that range to the trackside beacons along the track, an IMU that is used to create an inertial navigation system and a feedback loop and a GNSS receiver (where applicable). These sensors are typically installed inside the vehicle, protected from the environment and readily accessible. An onboard computing unit hosts the sensor fusion algorithms and interfaces with the train's control system.

As the train traverses the track, each sensor provides data to the rail localisation engine, a sensor fusion software algorithm that processes the data and provides position, speed, acceleration, heading and the other estimated information required by train control systems.

3 CBTC integration

CBTC integration begins with devising the correct architecture to meet the operating requirements. Typically the architecture is either 2-out-of-2 (2oo2) or 2-out-of-3 (2oo3). A 2oo2 architecture consists of two independent instances of UWB-based odometry solutions feeding an onboard computer for arbitration and consistency checks. A 2oo3 has three instances feeding the onboard computer. Here, the trade-off is

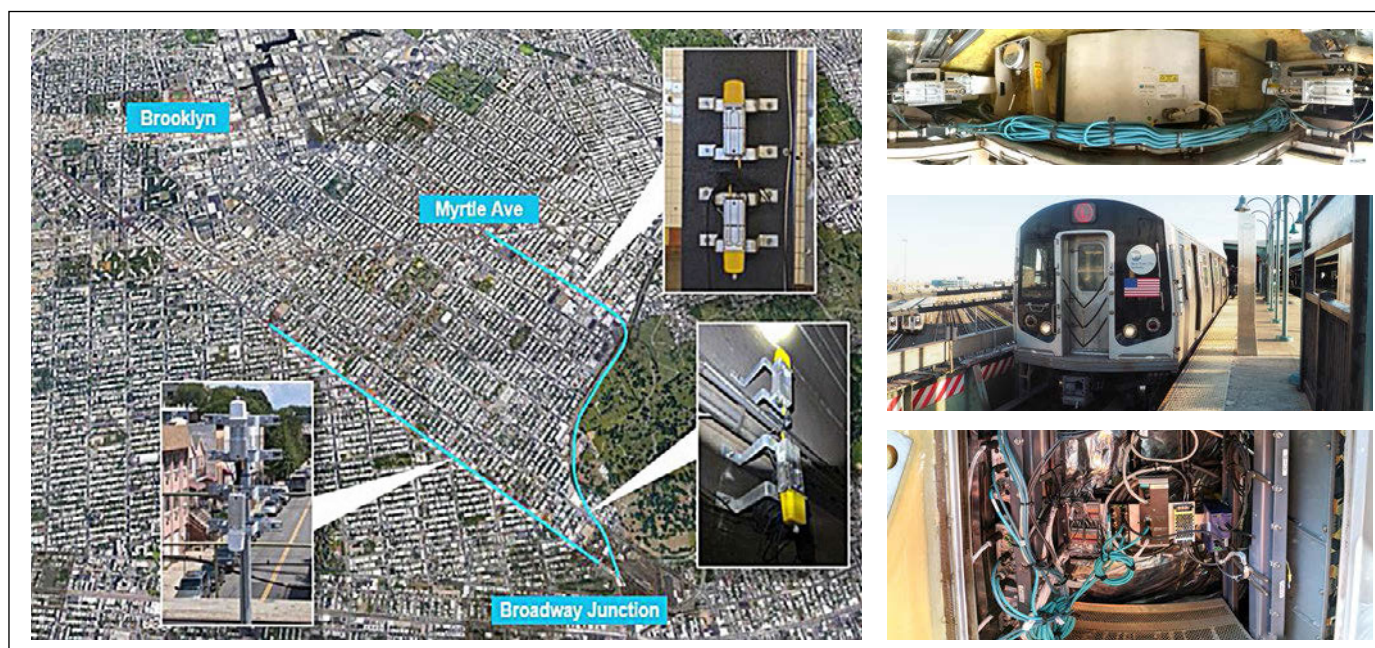


Bild 3: Einsatzgebiet New York City, fahrzeug- und streckenseitige Installationen

Fig. 3: The New York City deployment area, trackside and train-borne installations

zur Sensor-Fusion, der die Daten verarbeitet und Schätzungen zu Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kurs und anderen von den Zugsteuerungssystemen benötigten Informationen liefert.

3 CBTC-Integration

Die CBTC-Integration beginnt mit der Entwicklung der richtigen Architektur, um die betrieblichen Anforderungen zu erfüllen. In der Regel handelt es sich dabei entweder um eine 2 aus 2 (2-out-of-2 – 2oo2)- oder 2 aus 3 (2oo3)-Architektur. Eine 2oo2-Architektur besteht aus zwei unabhängigen Instanzen der UWB-basierten Odometrielösungen, die einem Bordcomputer für die Arbitrierung und Konsistenzprüfung unabhängige Daten liefern. Ein 2oo3 hat drei Instanzen, die einem Bordcomputer unabhängige Daten liefern. Hier besteht ein Kompromiss zwischen Kosten und Verfügbarkeit, wobei 2oo2 eine kostengünstigere Lösung darstellt, während ein 2oo3-System eine höhere Verfügbarkeit bietet.

Mit dem Zugsteuerungsanbieter wird ein detailliertes Ethernet-basiertes Schnittstellenkontrolldokument (Interface Control Document – ICD) definiert, das genau festlegt, welche Lokalisierungsdaten zwischen den Systemen übertragen werden müssen und in welchem Format die Informationen für eine ordnungsgemäße Kommunikation vorliegen sollten. Zu den typischen Daten, die ausgetauscht werden, gehören Schätzungen von Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Richtung und Kurs des Fahrzeugs, Streckendatenbank- und Segmentinformationen sowie Zustands- und Statusmeldungen.

Einer der kritischen Punkte für eine ordnungsgemäße Integration ist die Sicherstellung, dass die Lokalisierungsdaten mit einer ausreichend hohen Frequenz bereitgestellt werden, um nützlich und aktuell zu sein. UWB-basierte Systeme können eine Aktualisierungsfrequenz von bis zu 40 Hz liefern.

4 Bewährte Ergebnisse

Als Beispiel für die Praxistauglichkeit von UWB-basierten Odometrielösungen für CBTC- und Fernverkehrsnetzwerke wird die

between cost and availability in that 2oo2 is a lower cost solution, while a 2oo3 system provides superior availability.

A detailed Ethernet-based interface control document (ICD) is defined with the train's control provider to establish exactly what localisation information needs to be transferred between the systems and what format the information should be in for proper communication. Typical data exchanges include estimates of the vehicle's position, speed, acceleration, heading & direction, the track database & segment information and the health & status messages.

One of the critical metrics for proper integration involves ensuring that the localisation data is provided at a high enough rate to be useful and fresh. UWB-based systems can provide update rates of up to 40 Hz.

4 Proven results

As an example of the real-world suitability of UWB-based odometry solutions for CBTC and mainline applications, the HRNS odometry platform using UWB, IMU and GNSS is being trialled by three signalling suppliers in North America and Italy, all showing very positive results thus far.

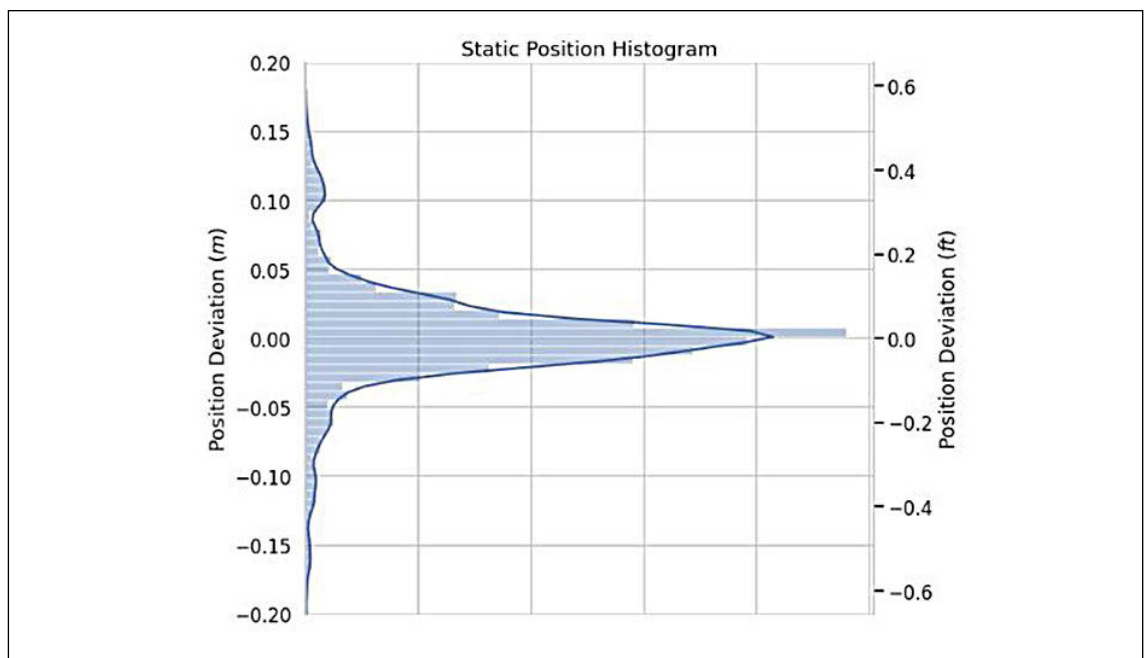
4.1 New York City, USA

In the United States, New York City has been exploring UWB positioning as a means of speeding up traditional CBTC deployments and reducing the total operating costs for such systems [3, 4].

Since 2019, an HRNS with UWB and IMU has been deployed on more than 8.8 km of track encompassing all environments (a tunnel, ground level and elevated sections) operating in a shadow mode collecting over 15 Terabytes (TB) of data (fig. 3). The deployed system consists of a 2oo3 architecture in order to mimic a safe and robust architecture that would satisfy the safety, reliability and availability requirements for commercial operations. Three independent HRNS sensor suites were linked to an on-board control computer for arbitration and consistency checks. The HRNS has additionally successfully passed all the train control functional tests covering all CBTC operating modes – Au-

Bild 4: Erreichte statische Positionierung beim Einsatz in New York

Fig. 4: The static position performance achieved in the New York deployment



Odometrieplattform des (HRNS, die UWB, IMU und GNSS nutzt, von drei Signaltechnikern in Nordamerika und Italien getestet.

4.1 New York City, Vereinigte Staaten

In den Vereinigten Staaten hat die Stadt New York die UWB-Positionierung als Mittel zur Beschleunigung der herkömmlichen CBTC-Einführung und zur Senkung der Gesamtbetriebskosten solcher Systeme erforscht [3, 4].

Seit 2019 wurde das HRNS mit UWB und IMU auf über 8,8 km Gleis in allen Umgebungen (Tunnel, ebenerdige und aufgeständerte Abschnitte) im Schattenmodus eingesetzt und sammelte über 15 Terabyte (TB) an Daten (Bild 3). Das eingesetzte System besteht aus einer 2oo3-Architektur, um eine sichere und robuste Architektur zu imitieren, die den Anforderungen an die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Verkehrsdienstes entspricht. Drei unabhängige HRNS-Sensorsätze wurden zur Arbitrierung und Konsistenzprüfung an einen fahrzeugseitigen Steuerrechner weitergeleitet.

Darüber hinaus bestand das HRNS erfolgreich alle Funktionstests für die Zugsteuerung, die alle CBTC-Betriebsarten abdeckten – automatischer Zugbetrieb (Automatic Train Operation – ATO), automatische Zugüberwachung (Automatic Train Supervision – ATS) und automatische Zugsicherung (Automatic Train Protection – ATP).

Die Leistungsanforderungen des Kunden lagen bei ± 15 cm beim Halt im Bahnhof und ± 30 cm bei der dynamischen Positionierung. Das HRNS übertraf die Leistungsanforderungen und erreichte eine statische Positionierung von ± 5 cm (Bild 4) und eine dynamische Positionierung von ± 20 cm während des gesamten Versuchs. Die Erwartungen an die Verfügbarkeit wurden erfüllt. Das HRNS erwies sich als robust, indem es den IMU-Sensor zur Aufrechterhaltung der Lokalisierung in UWB-Blackout-Bereichen nutzte. Die 2oo3-Architektur und die Integration in das Zugsteuersystem wurden schließlich von dem von New York City beauftragten unabhängigen Sicherheitsgutachter (Independent Safety Assessor – ISA) als sicherheitszertifizierbar eingestuft [5].

Zu den betrieblichen Vorteilen gehörten die schnelle Nachrüstung von Fahrzeugen mit UWB-Odometern innerhalb von zwei Tagen und der Nachweis der einfachen Wartung des Systems durch den Austausch von streckenseitigen Ortungsgeräten innerhalb von durchschnittlich 7 Minuten – ohne dass der Zugverkehr unterbrochen werden musste. Da sich die Geräte nicht unter dem Zug befinden müssen, konnten die fahrzeugseitigen Geräte innerhalb von 15 Minuten in einer Rangierumgebung ausgetauscht werden, ohne dass der Zugang zu den Wartungshallen erforderlich war.

4.2 Italien

In Italien wurde das HRNS auf der Teststrecke eines Signaltechnikners eingesetzt, um festzustellen, ob die technische Leistung den Basisanforderungen entspricht: ± 30 cm dynamische Positionsgenauigkeit und ± 2 km/h Geschwindigkeitsgenauigkeit, <25 cm und $\pm 0,5$ km/h stationäre Genauigkeit sowohl für UWB- als auch GNSS-Primärmodi. Darüber hinaus wurde ein Stresstest durchgeführt, um die Leistung des Systems mit einer reduzierten Anzahl an Ortungsgeräten am Wegesrand zu prüfen (Bild 5).

Die HRNS-Positions- und Geschwindigkeitsschätzungen wurden anhand einer präzisen Bodenwahrheit bewertet, die aus einem GNSS-gestützten Trägheitsnavigationssystem mit einer Genauigkeit von 1 cm und einem berührungslosen optischen Sensor mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$ km/h bestand. Eine grafische Benutzeroberfläche (Graphical User Interface – GUI), die in Bild 6 zu sehen ist, wurde erstellt, um eine ordnungsgemäße Integration des HRNS-Systems

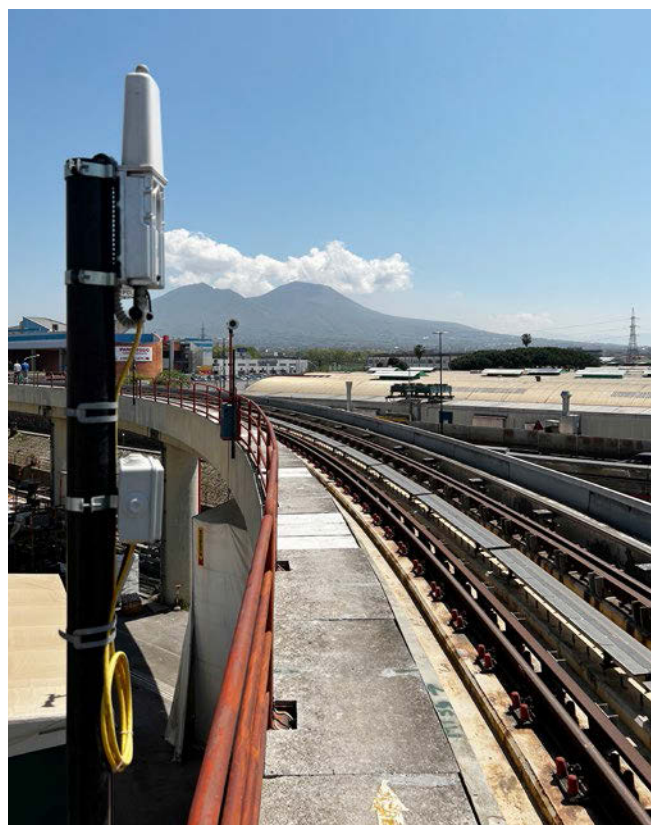


Bild 5: Italien – Anlage am Wegesrand

Fig. 5: The trackside installation in Italy

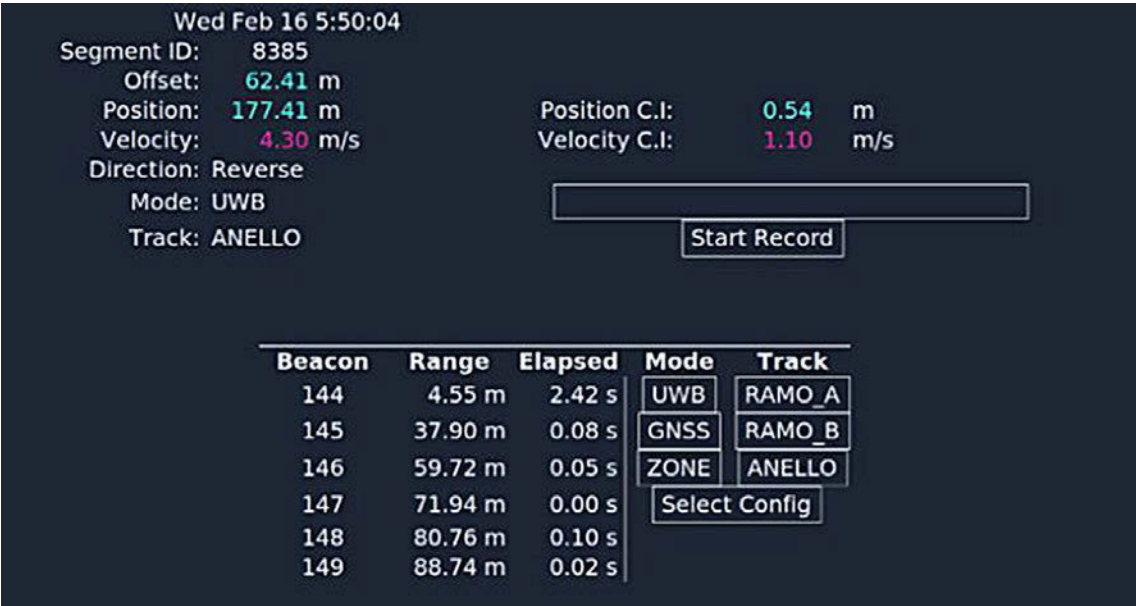
Automatic Train Operation (ATO), Automatic Train Supervision (ATS) and Automatic Train Protection (ATP).

The customer performance requirements were ± 15 centimetres (cm) at the station stop and ± 30 cm dynamic positioning. The HRNS exceeded the performance requirements achieving ± 5 cm static positioning (as can be seen in fig. 4) and ± 20 cm dynamic positioning throughout the trial. Availability expectations were met as the HRNS proved robust when using the IMU sensor in order to maintain localisation through the UWB blackout areas. The 2oo3 architecture and its integration with the train control system were ultimately deemed safety certifiable by New York City's contracted Independent Safety Assessor (ISA) [5].

Operating benefits have been realised, including the ability to retrofit trains with UWB odometry within two days and the demonstration of the system's simple maintenance by means of the replacement of trackside beacons within an average of 7 minutes without needing to halt commercial operations. Given that no equipment is required under the train, the train-borne equipment can also be replaced within 15 minutes in a yard environment without requiring any access to maintenance bays.

4.2 Italy

The HRNS has been deployed in Italy on a train control provider's test track in order to determine whether the technical performance meets the baseline requirements of ± 30 cm dynamic positional accuracy and ± 2 kilometres per hour (km/h) speed accuracy, <25 cm and ± 0.5 km/h stationary accuracy for both the UWB and GNSS primary modes. Additionally, a stress test has also been performed in order to determine the performance of the system when reduced trackside beacons are available to the system (fig. 5).



**Bild 6: Echtzeit
Humatics GUI**
Fig. 6: The Humatics
real-time GUI

mit einem simulierten CBTC-System sicherzustellen. Die GUI wurde zur Bewertung des gesamten Systembetriebs und der Echtzeitleistung verwendet.

Ein Beispiel für die geschätzte Position und den Positionsfehler im Vergleich zur präzisen Bodenwahrheit ist in Bild 7a und 7b für einen Rundfahrt-Testlauf dargestellt. Die Positionsschätzung zeigte eine kontinuierliche Lokalisierung des Fahrzeugs entlang der gesamten Strecke und blieb innerhalb der Spezifikation.

Formale Leistungsbewertungstests zeigten, dass das HRNS alle erwarteten Leistungsanforderungen erfüllt und die Leistung und Verfügbarkeit beibehält, während 30 % der Baken am Wegesrand entfernt wurden. Diese formalen Tests bestätigten, dass Sensor-Fusion-Positionierungssysteme die CBTC-Leistungsanforderungen erfüllen und gleichzeitig die Infrastruktur am Wegesrand minimieren können, wodurch ein hochpräzises Positionierungssystem zu geringeren Kosten als die herkömmliche Odometrie entsteht [6]. Anwendungen, die über die herkömmliche Signalisierung hinausgehen, werden derzeit unter Verwendung derselben Sensorplattform evaluiert, wobei Tests zur Validierung der Systemleistung und der Integration mit der Bahnsteigtürpositionierung laufen.

5 Vorteile und Herausforderungen von Sensor-Fusion-basierten Positionierungssystemen

5.1 Vorteile

Signaltechnikanbieter und öffentliche Verkehrsbetriebe evaluieren UWB-basierte Positionierungssysteme, um klassische CBTC-Ortungstechnologien zu ersetzen. Zu den am häufigsten genannten Vorteilen gehören:

- Deutlich verbesserte Positionierungsgenauigkeit
- Eliminierung von Geschwindigkeitssensoreinstellungen, Beschleunigungsmesserprüfungen und -abgleiche, Balisen-Kommunikationsprüfungen und Raddurchmesserkalibrierungen und -einstellungen
- Senkung der Investitions- und Betriebskosten für die Infrastruktur dank einfacherer, besser geschützter und widerstandsfähigerer Installationspunkte für Ortungsgeräte
- Schnellere und effizientere Installation und Wartung der fahzeugseitigen Ausrüstung

The HRNS position and speed estimates were evaluated against a precise ground truth consisting of a GNSS-aided inertial navigation system with a 1 cm accuracy and a non-contact optical sensor with an accuracy of ± 0.1 km/h. A Graphical User Interface (GUI), which can be seen in fig. 6, has been created in order to ensure the proper integration of the HRNS system into the simulated CBTC system. The GUI has been used to evaluate the overall system operations and its real time performance.

Fig. 7a and 7b illustrate a sample set of the estimated position and positional error compared to the precise ground truth in one round-trip test run. The position estimate proved the continuous localisation of the vehicle along the entirety of the track and stayed within the specifications.

Formal performance evaluation testing proved that the HRNS has met all the expected performance requirements and maintained performance and availability, while removing 30 % of the trackside beacons. These formal tests have confirmed that sensor fusion positioning systems can meet CBTC performance requirements while minimising trackside infrastructure, thereby creating a high precision positioning system at a lower cost than traditional odometry [6]. Applications beyond traditional signalling are being evaluated using the same sensor platform with testing underway in order to the validate system performance and integration with platform screen door positioning.

5 The benefits and challenges of sensor fusion based positioning systems

5.1 The benefits

Signalling providers and public transport authorities are evaluating UWB-based positioning systems as a replacement for classic CBTC positioning technologies. The most frequently mentioned benefits include:

- greatly improved positioning precision;
- the elimination of speed sensor adjustments, accelerometer checks and balances, balise communication checks and wheel diameter calibration and adjustments;
- the reduction of infrastructure capital and operating expenses (CAPEX and OPEX) thanks to simpler, more protected and more resilient beacon installation points;

- Einheitlichkeit der Haltepositionen für verschiedene Zugklassen
- Beseitigung von Fehlern und betrieblichen Problemen im Zusammenhang mit Radschlupf und -rutschen
- Zukunftssicherheit für fortschrittliche Funktionen wie virtuelles Kuppeln, automatische Zugrettung und Integration von Bahnsteigtüren.

Es gibt noch viele weitere Vorteile, die dank der UWB-Technologie geerntet werden können, einschließlich der Ermöglichung von Sensor-Fusion-Ansätzen der nächsten Generation, die umfassendere, kostengünstigere und sicherere Signaltechniklösungen schaffen. Diese Lösungen würden UWB-, GNSS-, LiDAR-, Radar- und Bildverarbeitungssysteme mit herkömmlicher Ortung verbinden, damit die Wartung einfacher und effizienter machen und gleichzeitig die Systemsicherheit dank Redundanz verbessern.

5.2 Herausforderungen

Um eine breitere Akzeptanz in der Branche zu erreichen, müssen einige Probleme gelöst werden. So erfordert die Lösung für den Betrieb der streckenseitigen Ortungsgeräte eine Stromversorgung und Verkabelung, was zusätzliche Kosten verursacht, die bei herkömmlichen CBTC-Transpondern nicht anfallen. Diese zusätzlichen Kosten halten sich in Grenzen, da die Reichweite von UWB in Verbindung mit anderen Sensoreingängen die Installation von Ortungsgeräten am Wegesrand nur dort ermöglicht, wo Strom leicht verfügbar ist, wie z. B. an Bahnhöfen, oder wo bereits stromversorgte Geräte am Wegesrand vorhanden sind, wie z. B. an Standorten des Digital Communication System (DCS). In Zukunft könnte UWB über leicht zugängliche Beleuchtungsanlagen mit Strom versorgt werden.

Außerdem ist UWB eine Sichtlinientechnologie, was bedeutet, dass zwei Funkgeräte für einen ordnungsgemäßen Betrieb in Sichtweite zueinander sein müssen. So stellen beispielsweise Tunnelkurven eine Herausforderung dar, wenn es darum geht, die Sichtlinie auf-

- faster and more efficient installations and maintenance of train-borne equipment,
- uniform stopping positions for different train classes;
- the elimination of errors and operating problems associated with wheel slip and slide;
- future-proofing for advanced features, such as virtual coupling, automated train rescue and platform screen door integration.

There are many more benefits that can be reaped thanks to UWB technology, including permitting next generation sensor fusion approaches that will build more complete, cost effective, safer and more secure signalling solutions. These solutions would incorporate UWB, GNSS, LiDAR, Radar and vision systems with traditional positioning, thus making maintenance simpler and more efficient, while improving system safety thanks to redundancy.

5.2 The challenges

Challenges exist that must be mitigated in order to ensure broader industry adoption. For example, the solution requires power and cabling for the operation of the trackside beacons, thereby adding a cost that does not exist with traditional CBTC transponders. This additional cost is limited, as the range of UWB combined with other sensor inputs allows trackside beacons to only be installed where power is readily available, such as at stations and where powered equipment already exists on the trackside such as Digital Communication System (DCS) locations. In the future, UWB could be powered by easily accessible lighting fixtures.

In addition, UWB is a line-of-sight technology meaning that two radios need to be visible to one another for proper operations. For example, tunnel curves pose a challenge when trying to maintain the line of sight as the walls obstruct the radio's field of view. This challenge must be overcome by using additional sensors to off-

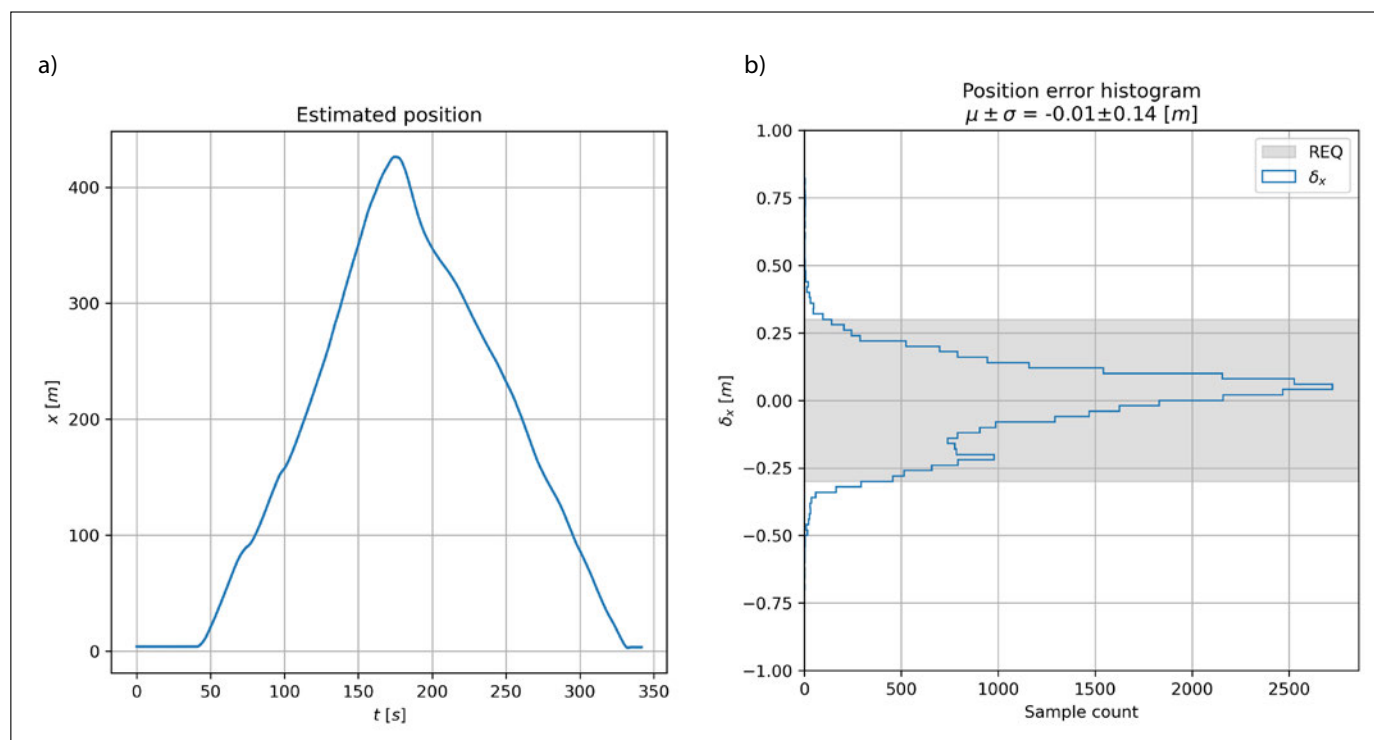


Bild 7: Italien a) geschätzte dynamische Position b) Positionsfehler

Fig. 7: Italy a) The estimated dynamic position b) The positional error

rechtzuerhalten, da die Wände das Sichtfeld der Funkgeräte behindern. Dieses Problem muss durch den Einsatz zusätzlicher Sensoren gelöst werden, um etwaige UWB-Abdeckungsprobleme auszugleichen. Typische Sensoren wie IMU können zur Unterstützung der Positionierung in Bereichen verwendet werden, in denen UWB nicht verfügbar ist, oder bewährte Sensoren wie GNSS können als primäre Positionsmodalität in offenen Umgebungen verwendet werden, wodurch sich die Notwendigkeit einer übermäßig dichten Aufstellung am Wegesrand verringert.

6 Aktueller Stand der Entwicklung und Einführung

UWB-basierte Odometrielösungen sind marktreif und werden von CBTC-Anbietern und Verkehrsbehörden erprobt, die praktische Erfahrungen mit dieser neuen Technologie sammeln wollen, bevor sie zum Industriestandard wird. In Kanada, den Vereinigten Staaten und Europa werden derzeit Versuche durchgeführt, um den Betrieb aufzunehmen. Die letzten Entwicklungsphasen bestehen in der Erstellung integrierter Sicherheitskonzepte mit Signaltechnikern und UWB-Lieferanten. UWB-basierte Odometrielösungen werden innerhalb eines Jahres für den Einsatz im Linienverkehr bereit sein.

In naher Zukunft werden weitere Sensoren in eine Sensor-Fusion-Plattform integriert, die es ermöglicht, den richtigen Sensor zur Lösung des richtigen Problems zum richtigen Kostenpunkt einzusetzen. Die Nutzung von Fortschritten in anderen Branchen wie autonomen Fahrzeugen wird die Sensorkosten weiter senken und wertvolle Techniken und Algorithmen der Bahnindustrie bereitstellen [7].

7 Andere Anwendungen von UWB in Bahn- und U-Bahn-Systemen

Das Versprechen von UWB-basierten Sensor-Fusion-Technologien ist klar, und es werden Anwendungen jenseits der CBTC-Signalisierung erforscht. Der logischste nächste Schritt ist der Einsatz von UWB in GNSS-basierten Signalisierungsanwendungen wie dem European Rail Traffic Management System (ERTMS) oder der Positive Train Control (PTC), um die GNSS-Positionierung in ungünstigen Umgebungen wie städtischen Gebieten mit hohen Gebäuden, dichten Wäldern oder Tunneln zu verbessern. Es gibt noch weitere Anwendungen, die weiteres Automatisierungspotenzial erschließen, wie z. B. die Verwendung präziser UWB-Entfernungsmessungen zur Unterstützung virtueller Kupplungen oder Zugsicherungsanwendungen, bei denen die Abstände ständig eingehalten und überwacht werden müssen.

8 Abschluss

Technologien der nächsten Generation revolutionieren den Schienenverkehr, wobei sicherheitskritische Systeme als letzte von disruptiven Entwicklungen betroffen sind. Sensor-Fusion-Plattformen sind bereit für den kommerziellen Betrieb und werden den öffentlichen Verkehrsbehörden betriebliche Verbesserungen, Kapazitätssteigerungen und Einsparungen bei der Wartung bringen. Gleichzeitig bieten sie denjenigen Signaltechnikern, die sich der technologischen Innovation verschrieben haben, einen Wettbewerbsvorteil. ■

set any UWB coverage issues. Typical sensors such as IMU can be used to aid positioning in any areas that lack UWB or proven sensors like GNSS can be used as the primary positioning modality in open-air environments, thereby reducing the need for overly dense trackside deployments.

6 The current development and deployment status

UWB-based odometry solutions are market ready and being piloted by CBTC suppliers and transport authorities seeking hands-on experience with this new technology before it becomes the industry standard. Ongoing trials moving toward commercial operations are currently in progress in Canada, the United States, and Europe. The final stages of development consist of creating integrated safety cases with train control providers and UWB suppliers. UWB-based odometry solutions will be ready for deployment in commercial operations within a year.

In the near future, additional sensors will be integrated into the sensor fusion platform allowing the right sensor to solve the right problem at the right cost point. Leveraging the advancements made in other industries, such as autonomous vehicles, will continue to drive down sensor costs and provide valuable techniques and algorithms for the rail industry [7].

7 Other UWB applications in rail and metro systems

The promise of UWB-based sensor fusion technologies is apparent and applications beyond CBTC signaling are already being explored. The most logical next step is to use UWB in GNSS based signalling applications, such as the European Rail Traffic Management System (ERTMS) or Positive Train Control (PTC), to augment the GNSS positioning in degraded environments, such as urban areas with tall buildings, dense forests or tunnels. Other applications exist that unlock further automation potential, such as the use of precise UWB ranging to aid virtual coupling or train integrity applications where separation distances must be constantly maintained and monitored.

8 Conclusion

Next-generation technologies are revolutionising the rail space with safety critical systems being the last to see disruption. Sensor fusion platforms are ready for commercial operations and will provide operating improvements, increased capacity and maintenance savings to the public transportation authorities, while providing a competitive differentiator to those signalling providers who embrace technological innovation. ■

AUTOR | AUTHOR

Aaron Whittemore, MBA, M. Sc. Electrical Engineering

Director of Product and Strategy

Humatics

Anschrift / Address: 152 Grove St Suite 1500, US-MA 02453 Waltham

E-Mail: awhittemore@humatics.com

LITERATUR | LITERATURE

- [1] US20210129881A1 – Techniques and associated systems and methods for determining train motion characteristics
- [2] https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/transport/magazine/smart-and-sustainable-trains?utm_content=206543033&utm_medium=social&utm_source=linkedin&hss_channel=lcp-7595317 Apr 21, 2022
- [3] <https://www.railwayage.com/cs/humatics-siemens-partner-on-nyct-uwv/> July 27, 2021
- [4] <https://www.railwayage.com/regulatory/mta-genius-transit-challenge-winners-announced/> March 9, 2018
- [5] https://humatics.com/wp-content/uploads/2020/04/CaseStudy_Humatics_and_MTA_Success_Story.pdf April, 2020
- [6] Hitachi Naples Case Study Placeholder, June 2022
- [7] Singh, P.; Dulebenets, M.; Pasha, J.; Santibanez Gonzales, E.; Lau, Y.; Kampmann, R.: Deployment of Autonomous Trains in Rail Transportation: Current Trends and Existing Challenges, IEEE July 2, 2021, <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9462161>



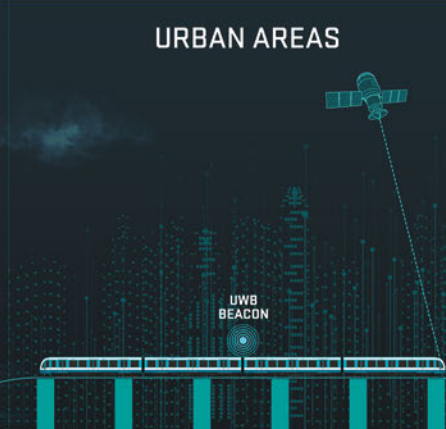
HUMATICS | RAIL NAVIGATION SYSTEM

DIGITAL TRAIN POSITIONING IN ALL OPERATING ENVIRONMENTS

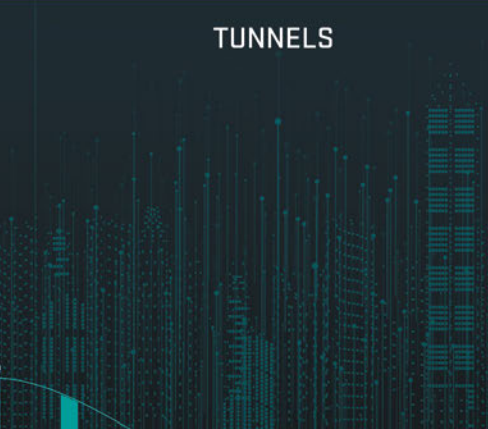
OPEN AIR



URBAN AREAS



TUNNELS



— TRAIN POSITION — TRACK MAP



VISIT HUMATICS AT INNOTRANS

HALL 6.1, STAND 119





HUMATICS

+1-781-315-4800

WALTHAM, MA, USA

TRANSIT@HUMATICS.COM

22. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress



22nd International SIGNAL+DRAHT Congress

HYBRID



17. – 18. November 2022, Maritim Hotel, Fulda / DVV Webinar-Center
17th – 18th November 2022, Maritim Hotel, Fulda / DVV Webinar-Center

SIGNAL+DRAHT-Kongress 2022

Das Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Strecke spielt bei der Digitalisierung der Leit- und Sicherungstechnik und des Schienenverkehrs insgesamt eine wichtige Rolle. Nach einem grundlegenden Überblick nimmt der 22. Internationale Signal+Draht-Kongress dieses Themenfeld anhand konkreter Beispiele in den Fokus. Von Fragen der Interaktion bei ETCS über ATO und CBTC bis zum Umgang mit Nebenbahnen reichen die Vorträge des ersten Kongresstages. Die Podiumsdiskussion beleuchtet die Frage des Gesamtsystems Bahn noch einmal aus unterschiedlichen Perspektiven.

Auch am zweiten Kongresstag geht es um die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Strecke. Nach einem Seitenblick auf die Entwicklungen im Straßenverkehr geht es um die Nutzung von 5G und die künftige Rolle der Mobilfunknetze sowie deren Sicherheit. Mit Projektberichten zu den LST-bezogenen Aspekten der Digitalen Automatischen Kupplung und des Brenner-Basistunnel rundet ein Blick in die Praxis das Programm ab.

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

SIGNAL+DRAHT Congress 2022

The interaction between vehicle and trackside installations plays an important role in the digitalization of control and command technology and of rail transport as a whole. Following an overview of the basics, the 22nd International SIGNAL+DRAHT Congress will focus on this subject through concrete examples. On the first day of the congress the presentations will range from questions of interaction with ETCS via ATO and CBTC to dealing with branch lines. The panel discussion will then illuminate the question of the overall railway system once again, from different perspectives.

*The second day will also deal with communication between vehicle and infrastructure. After a brief look at developments in road traffic, the focus will switch to the use of 5G and the future role – and safety – of mobile radio networks. Using project reports on the CCS-related aspects of Digital Automatic Coupling and the Brenner Base Tunnel, a look at practical application will round off the program. This year's congress will also include the presentation of the SIGNAL+DRAHT Lifetime Achievement Award to an outstanding personality in the CCS industry. Besides the possibility of attending the congress in person in Fulda, with the opportunity for exchange and personal discussions, participation can also be digital via livestream. **The congress will be held in German***

Weitere Informationen und die Anmeldung finden Sie unter:
www.dvvmedia-webinar.com/signaldraht2022

Further information and the registration at
www.dvvmedia-webinar.com/signaldraht2022

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**

22. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress 22nd International SIGNAL+DRAHT Congress

Neues Zusammenspiel von Fahrzeug und Strecke Donnerstag, 17. November 2022		New interaction between vehicle and track Thursday, 12 th November 2022	Referent / Speaker
10:30	Begrüßung	Welcome	Manuel Bosch, DVV Media Group GmbH
10:35	Einleitung	Introduction	Reinhold Hundt / August Zierl, SIGNAL+DRAHT
10:45	Herausforderungen in der Fahrzeug-Strecke-Interaktion – ein Überblick	Challenges in vehicle-route interaction – an overview	Patrick Steinebach, DB Netz
11:15	Kleiner Aufwand, große Wirkung: Fahrzeugausrüstung im Digitalen Knoten Stuttgart	Small effort, big effect: Vehicle equipment in the Stuttgart digital node	Thomas Vogel, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg
11:45	Europe's Rail - Ansatz und Zielsetzung	Europe's Rail – approach and objective	Michael Leining, Nextrail GmbH
12:15	ETCS-Umrüstung von Bestandsfahrzeugen	ETCS – retrofitting of existing vehicles	Christine Bode, Siemens Mobility GmbH
12:45	Mittagessen	Lunch	
14:15	Praxiserfahrungen mit ATO over ETCS bei der S-Bahn Hamburg	Practical experience with ATO over ETCS at S-Bahn Hamburg	Christoph Gonçalves Alpoim, S-Bahn Hamburg Boris Dickgießer, Siemens Mobility GmbH
14:35	CBTC-Projekte in Deutschland: Ein Gesamtüberblick und das Vorhaben in Frankfurt	CBTC projects in Germany: a general overview and the project in Frankfurt	Michael Rüffer, Stadtwerke Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main mbH (VGF)
15:00	Das Regionalbahnkonzept der ÖBB	The regional railway concept of the ÖBB	Michael Bernt, ÖBB / Martin Taranetz, ÖBB
15:25	Ansatz und Status der ETCS-Ausstattung in Luxemburg	Approach and status of ETCS equipment in Luxembourg	André Feltz, CFL
15:45	Kaffeepause	Coffee Break	
16:35	Podiumsdiskussion: Das Gesamtsystem im Blick: Wie gelingt das Zusammenspiel von Fahrzeug und Strecke?	Panel discussion: Overview of the overall system – how effective is the interaction between vehicle and infrastructure?	Christine Bode, Siemens Mobility GmbH Jan Schröder, DB Netz Prof. Dr. Jochen Trinckauf, TU Dresden Thomas Vogel, MV BW n.n., Rail Cargo Austria (angefragt)
17:25	SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2022	SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2022	Bosch / Hundt / Zierl, SIGNAL+DRAHT
18:00	Abend der Kommunikation	Discussion evening	

Freitag, 18. November 2022		Friday, 18 th November 2022	Referent / Speaker
9:00	Autonomes Fahren wird die Arbeitsweise von Lkws und Bussen verändern – ein Einblick in die Aktivitäten der MAN Truck & Bus SE	Autonomous Driving will change how trucks busses operate - an insight into the activities at MAN Truck & Bus SE	Mikael Edstam, MAN Truck & Bus SE
9:30	5G und FRMCS: Öffentliches vs. privates Netz	5G and FRMCS: Public vs. private network	Raphael Aebersold, Swisscom
10:00	5G und FRMCS: Geschäftsmodelle und Umsetzungs-konzepte in Österreich	5G and FRMCS: Business models and implementation concepts in Austria	Wolfgang Grossegger, ÖBB
10:30	Kaffeepause	Coffee Break	
11:00	Modulare IT-Sicherheit bei der Nutzung von Funknetzen	Modular IT security when using radio networks	n.n., (angefragt)
11:25	Die Digitale Automatische Kupplung und ihre Wechselwirkungen mit der LST	Digital Automatic Coupling and its interactions with the CCS	Dr. Jens Engelmann, railable GmbH
11:50	Brenner-Basistunnel: Planung der Ausrüstung – aktueller Stand	Brenner Base Tunnel: equipment planning – current status	Robert Abfalterer, BBT SE
12:15	Ende der Veranstaltung	End of the event	

Betriebserfahrungen mit dem integrierten Bediensystem iBS

Field experience with the iBS integrated operating system

Bert Ritscher | Ralf Salka

Viele Stimmen aus der Gesellschaft, Politik und der Deutschen Bahn AG (DB AG) selbst haben unlängst die Wichtigkeit einer Effizienzsteigerung der Bahn ausgerufen und die Bahn als das umweltfreundlichste aller Verkehrsmittel erklärt. Besonders vor den aktuellen globalen Herausforderungen wie Green Deal, Klimaänderungen, CO₂-Reduzierung als auch den Versorgungsproblemen mit Energie, ausgelöst bzw. verschärft durch die Ukraine Krise, wird der Druck auf die Modernisierung strukturell nochmals erhöht. Aktuell konnte in der deutschen Wirtschaftspresse gelesen werden, dass für die umfassende Modernisierung der Bahn ein ähnlich großes Sondervermögen nötig wäre wie das bereits beschlossene 100 Mrd. EUR-Paket für die Bundeswehr.

Neben den geplanten Streckenmodernisierungen und -erweiterungen, welche allesamt sehr große Investitionen und Projektlaufzeiten beinhalten, hat die DB AG die Initiative DSD „Digitale Schiene Deutschland“ gegründet. Grundidee hierbei ist es, durch die Digitalisierung u. a. der Leit- und Sicherungstechnik (LST) die Kapazität des vorhandenen Streckennetzes wesentlich zu erhöhen. Ergänzend hierzu hat das Projekt DiB – „Design integriertes Bediensystem“ eine neue Architektur für die künftige LST definiert. Basierend auf den dort geschaffenen Lastenheften und Spezifikationen hat Scheidt & Bachmann ein integriertes Bediensystem (iBS) entwickelt und bereits an drei Standorten in Betrieb genommen.

In dem vorliegenden Beitrag soll besonders auf diese frühzeitigen Betriebserfahrungen eingegangen werden, ebenso sollen die Möglichkeiten dargestellt werden, welche strukturell geschaffen wurden, um das Roll-out weiter zu beschleunigen.

1 Paradigmenwechsel – neue Prinzipien für eine zügige Modernisierung der LST im Netz der DB AG

In der Vergangenheit wurden Stellwerksprojekte herstellerbezogen und steuerbezirkweise realisiert. Dies führte zwar zu lokaler Optimierung in Bezug auf die Automatisierung einzelner Strecken, langfristig jedoch zu einer Zementierung proprietärer Lösungen, die bei der jetzt eintretenden und sich weiter verschärfenden Abgängigkeit der technischen Basis zu unverhältnismäßig hohen Kosten führt. Weiterhin ist der Fahrdienst dahingehend unflexibel, dass er für jede Ausprägung einer Stellwerkstechnik eines Herstellers separat ausgebildet werden muss. Dies unterbleibt in der Regel aus Kostengründen und führt zu Personalengpässen. Weiterhin stehen dem Fahrdienstleiter (FdL) für seine betrieblichen Aufgaben keine modernen Werkzeuge zur Verfügung. Aufgrund der in den heutigen Bediensystemen implementierten Sicherheitsfunktio-

Many voices from society, politics and Deutsche Bahn AG (DB AG) itself have recently proclaimed the importance of increasing the efficiency of the railway, while simultaneously declaring the railway to be the most environmentally friendly of all means of transport. In light of current global challenges such as the Green Deal, climate change, CO₂ reduction and the energy supply problems triggered or exacerbated by the Ukraine crisis, the pressure to modernise is once again being increased structurally. The German business press recently reported that the comprehensive modernisation of the railways would require a large special fund similar to the 100 billion EUR package that has already been decided for the German armed forces.

DB AG has established the DSD (“Digitale Schiene Deutschland”) initiative in addition to the planned route modernisations and extensions, which all involve very large investments and project durations. The basic idea here is to significantly increase the capacity of the existing route network by digitalising the control and safety technology (LST), amongst other things.

In addition to this, the DiB (“Design integrierter Bedienplatz”) project has also defined a new architecture for the future LST. Scheidt & Bachmann has developed an integrated operating system (iBS) based on the specifications created there and it has already been commissioned at three locations.

This article will focus on the early operating experiences, as well as the structurally created options aimed at further accelerating the rollout.

1 A paradigm shift – new principles for the rapid modernisation of the LST in the DB AG network

In the past, interlocking projects were implemented on a manufacturer-related and line-oriented basis. Although this led to local optimisation with regard to the automation of individual lines, over the long term it has cemented proprietary solutions, which lead to disproportionately high costs in light of the current and worsening obsolescence of the technical basis. Furthermore, the driving service is inflexible in that it has to be trained separately for each version of a manufacturer's interlocking technology. This is usually omitted for cost reasons and has led to staff shortages. Furthermore, the dispatcher has no modern tools at his disposal to perform his operating tasks. Due to the safety functions implemented in today's operating systems (usually SIL level 2 systems), the integrated operation of other applications such as telecommunications or dispatching is not

onen (in der Regel handelt es sich um Systeme des Safety Integrity Level (SIL) 2) ist eine integrierte Bedienung weiterer Anwendungen wie etwa der Telekommunikation oder der Disposition nicht erlaubt. Weiterhin wird durch die bestehende Sicherheitsarchitektur die Einführung moderner Prinzipien für User Interfaces wie Fenstertechnik oder die Nutzung aktueller Ausgabemedien (Tablets, größere Monitore) stark verlangsamt bis unmöglich gemacht. Durch das Projekt DiB wurden grundlegende Architekturelemente der künftigen LST der DB AG erarbeitet, die für eine schnelle Modernisierung unerlässlich sind und einen schnellen Übergang in eine moderne Arbeitsumgebung ermöglichen.

Wesentlich sind in diesem Zusammenhang der Übergang zu einer neuen Systemarchitektur, die Vereinheitlichung der Sicherungsverfahren sowie die Standardisierung der Schnittstelle zwischen Bediensystem und ESTW / DSTW.

1.1 Systemarchitektur und Sicherungsverfahren

Mit dem iBS geht ein Paradigmenwechsel bei der Systemarchitektur einher. Hatten ESTW und deren Bediensysteme bisher Sicherheitsverantwortung, so findet sich diese im neuen Systemkonzept nur noch im sicheren Stellwerkskern. Das iBS selbst hat keine Sicherheitsverantwortung. Es wird mittels der komplexen Sicherungsverfahren AnSi (Anzeigesicherung) und EiSi (Eingabesicherung), die das bisherige KF-Verfahren ablösen, und ergänzender zyklischer Prüfungen vom Stellwerk überwacht. Das bedeutet, alle sicherheitsrelevanten Überprüfungen und Bewertungen zur Offenbarung von zufälligen Ausfällen des iBS erfolgen ausschließlich im sicheren Teil des Stellwerks. Meldebild- und Bedienfunktionen stehen dem Bediener in bekannter Qualität zur Verfügung, sodass die Veränderungen in der Technik keinen Einfluss auf die bestehenden Betriebsverfahren haben.

Der eingeleitete Übergang zu einer neuen Bediensystemgeneration mit den zuvor beschriebenen Merkmalen bietet u. a. die folgenden Vorteile:

- Schaffung der strukturellen Voraussetzungen zur Integration der für die Betriebsführung erforderlichen Umsysteme wie MAS, Dispo und Zugfunk
- „Single-Sign-On“ (eine einzige Anmeldung für alle Systeme)

permitted. Moreover, the existing safety architecture greatly hinders or precludes the introduction of modern principles for user interfaces such as window technology or the use of current output media (tablets, larger monitors).

Fundamental architectural elements in DB AG's future LST that are essential for rapid modernisation and enabling a quick transition to a modern working environment have been developed under the DiB project.

The transition to a new system architecture, the standardisation of the backup procedures and the standardisation of the interface between the operating system and the ESTW / DSTW are essential within this context.

1.1 The system architecture and backup procedures

The iBS involves a paradigm shift in the system architecture. Whereas ESTW and its operating systems previously had safety responsibility, this is now only found in the safe interlocking core under the new system concept. The iBS itself has no safety responsibility. The interlocking monitors it using the complex AnSi (display safety) and EiSi (input safety) safety procedures that have replaced the previous KF procedure, as well as additional cyclical checks. This means that all the safety-relevant checks and evaluations used to reveal any accidental failures in the iBS are exclusively carried out by the interlocking's safe core. The signalling image and operating functions are available to the operator at a known quality, so that the changes in technology will not influence the existing operating procedures.

The initiated transition to a new generation of operating systems with the previously described features offers the following advantages, amongst others:

- the creation of the structural prerequisites for the integration of the peripheral systems required for operation management, such as MAS, dispatching and train radio
- “single-sign-on” (one login for all systems)
- the operation of all the systems using one mouse / keyboard
- the use of COTS components (industry standard IT components) without any special railway-specific properties as the basis for effectively countering component obsolescence

Bild 1: Agile Softwareentwicklung mit SCRUM

Fig. 1: Agile software development with SCRUM

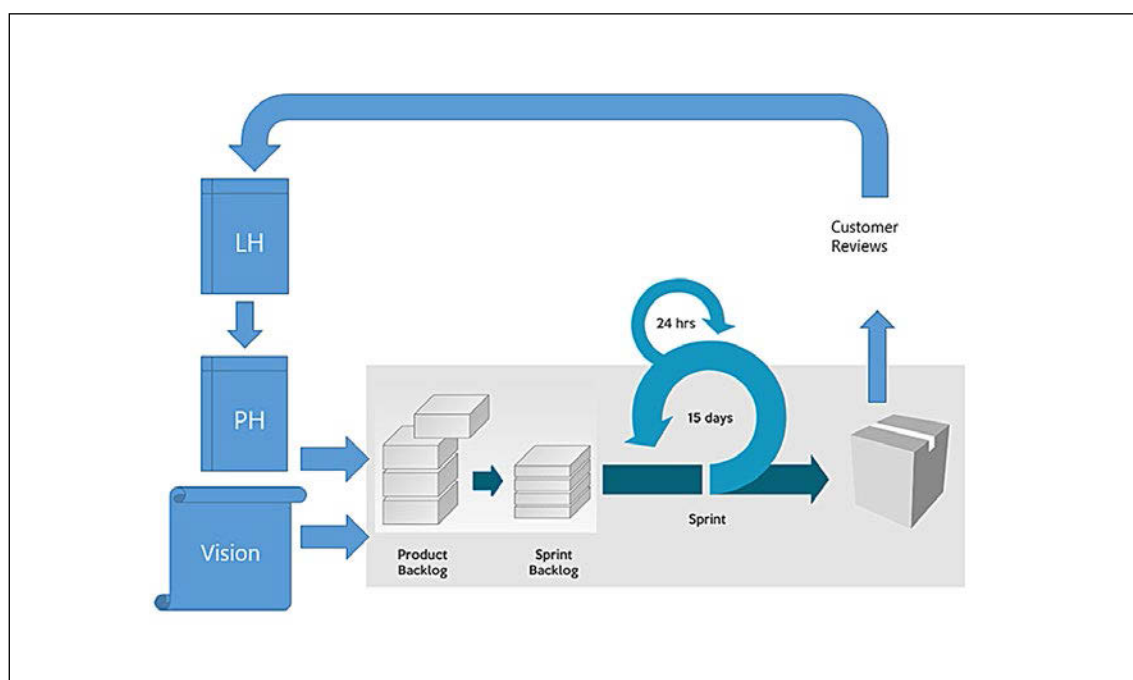




Bild 2: RBZ Göttingen mit iBS in Betrieb – rechts der „alte“ Bedienplatz

Fig. 2: RBZ Göttingen with iBS in operation – the “old” operating station on the right

- Bedienung aller Systeme mit einer Maus/Tastatur
- Verwendung von COTS-Komponenten (Industriestandard-IT Komponenten) ohne spezielle, bahnspezifische Eigenschaften als Basis für ein wirksames Begegnen von Bauteilobsoleszenz
- Einsatz aktueller Softwareentwicklungsprozesse (SAFE/SCRUM – Bild 1) mit beschleunigten Releasezyklen und schnelleren Reaktionsmöglichkeiten für Funktionserweiterungen
- angepasste Prüf- und Freigabeprozesse
- moderner, dem Zeitgeist entsprechender Arbeitsplatz.

Mit der Einführung des iBS vereinheitlicht die DB Netz AG auch die Bedienung der elektronischen Stellwerke (ESTW/DSTW). Damit werden die bisher existierenden Unterschiede zwischen den verschiedenen Stellwerksbauformen eliminiert, die zugrunde-

- the use of current software development processes (SAFE/SCRUM, fig. 1) with accelerated release cycles and faster response options for functional enhancements
- adapted testing and release processes
- a modern, state-of-the-art workplace.

By introducing the iBS, DB Netz AG has also standardised the operation of its electronic interlockings (ESTW/DSTW). This has eliminated the previously existing differences between the various interlocking designs meaning that the underlying technology will become transparent for the traffic controller. This has been achieved by harmonising the behaviour of ESTW/DSTW at the standardised SCI-CC interface (Standard Communication Interface – Command & Control).

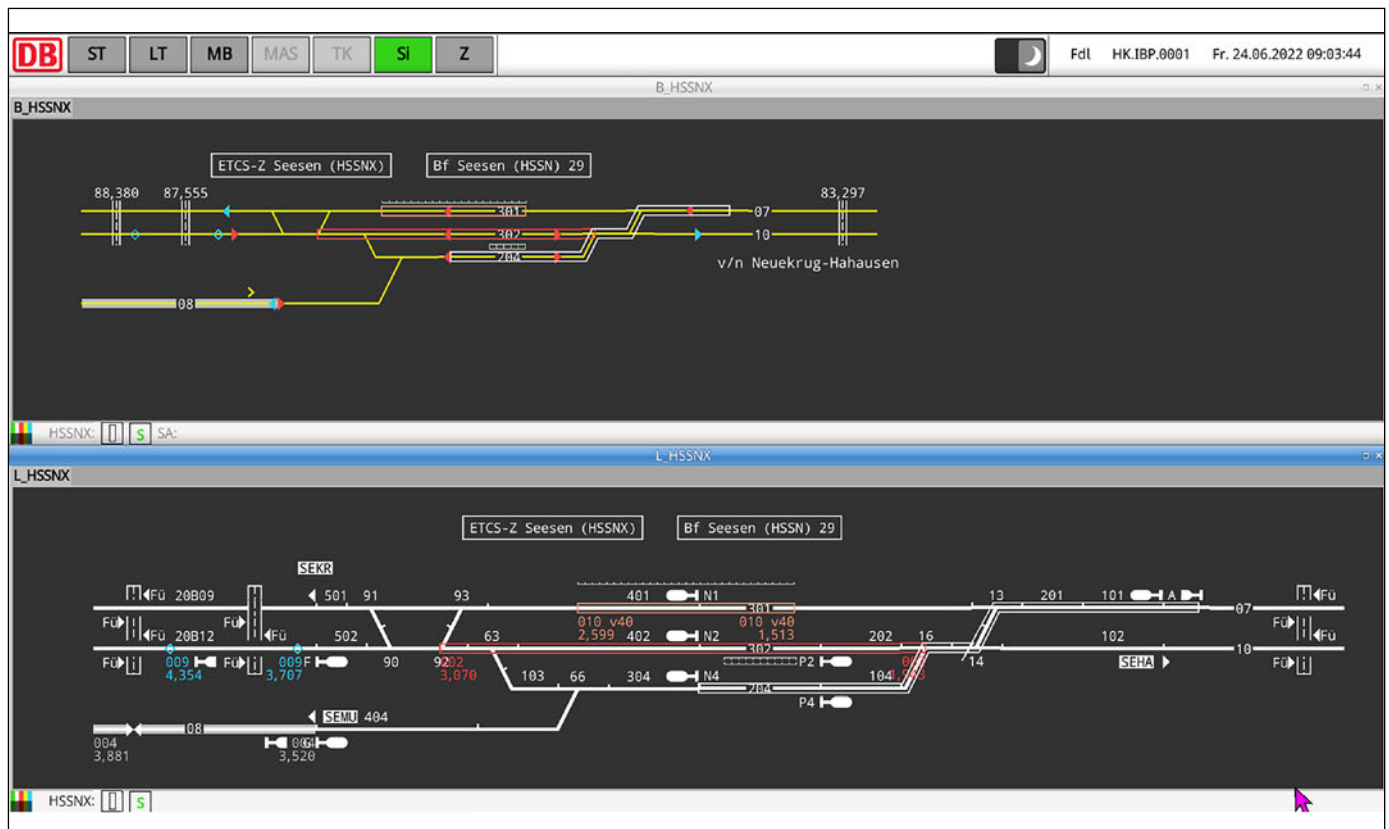


Bild 3: DiB Release 1b – ETCS Prototype

Fig. 3: DiB Release 1b – the ETCS prototype

Quelle / Source: DB AG

liegende Technik wird für den FdL transparent. Erreicht wird das durch die Harmonisierung des Verhaltens von ESTW/DSTW an der standardisierten Schnittstelle SCI-CC (Standard Communication Interface – Command & Control).

1.2 Standardisierung und Flexibilisierung der Bedienung und Vereinfachung für das Personal

Durch die Trennung von Bediensystem und ESTW wird eine unabhängige, und erheblich beschleunigte, agile Weiterentwicklung des Bediensystems möglich.

Weiterhin können von einem Bediensystem mehrere ESTW, auch verschiedener Hersteller, gesteuert werden. Dies ist besonders in Schwachlastzeiten sinnvoll und erforderlich und bedeutet einen erheblichen Zuwachs an Flexibilität für die betriebliche Personaldisposition. Umgekehrt kann ein ESTW künftig von mehreren Bediensystemen bedient werden. Dies ist insbesondere in Störungssituationen der Fall, wenn z. B. die Datenverbindung zwischen iBS und ESTW gestört ist. In diesem Fall kann die Bedienung problemlos von einem anderen dazu berechtigten Bediensystem übernommen werden. Der klassische Notbedienplatz in der iUZ wird damit obsolet.

Dieses Bedien- und Sicherheitsverfahren löst die starre und herstellerspezifische Bindung von Bediensystem und Stellwerk auf. Es wird eine flexible, ortsunabhängige Bereichszuordnung mit einer bedarfsgerechten Personaleinsatzplanung ermöglicht, und ein Wettbewerb der Hersteller findet nun statt.

1.2 The standardisation and increased flexibility of operations and simplification for personnel

The separation of the operating system and the ESTW enables independent, and considerably accelerated, agile further development of the iBS.

Furthermore, several ESTW, even those from different manufacturers, can be controlled by a single iBS. This is particularly useful and necessary during off-peak periods and means a considerable increase in flexibility for staff scheduling. Conversely, one ESTW will also be able to be operated by several iBS in the future. This especially applies in fault situations, e.g. if the data connection between the iBS and the ESTW has been disrupted. In this case, the operation can easily be assumed by another operating system that has been authorised to do so. The classic emergency operating station in the iUZ will thus become obsolete.

This operating and safety procedure dissolves the rigid, manufacturer-specific binding of the operating system and the interlocking. Flexible, location-independent area allocation with needs-based staff scheduling has thus been made possible and competition between manufacturers can now take place.

2 Operating experience

The operating advantages and innovations for the dispatcher are particularly evident in the “before and after” picture in fig. 2. The previous workplace with the challenges presented by too many



E.C.O. Group



Visit us at InnoTrans 2022
20 – 23 September, Berlin
 City Cube, Hall B, Booth 410

**Engineering.
 Consulting.
 Operations.**

**Interested in
 transforming
 the future of
 mobility?**

Follow us on
LinkedIn



Sign up for our
 newsletter.



We are part of DB E.C.O. Group:
 DB Engineering & Consulting | ESE Engineering und Software-Entwicklung |
 infraView | Deutsche Bahn International Operations | inno2grid

www.db-eco.com

		iBS	iBS _{local}	iBS _{compact}
Full Scope		●	●	●
SCI-CC		●	●	●
Central Services: Route Setting Directory Service Broker		●	○*	○*
iBS Hardware		●**	●**	○***

Bild 4: iBS-Varianten

Fig. 4: iBS variants

2 Betriebserfahrungen

Die betrieblichen Vorteile und Innovationen für den FdL werden besonders ersichtlich in der „Vorher und nachher“-Abbildung (Bild 2) dargestellt. Rechts im Bild der bisherige Arbeitsplatz mit den Herausforderungen von zu vielen Bedienkomponenten (mehrere Tastaturen, Mäuse, Telefone), unübersichtlichen, zergliederten Darstellungen und unterschiedlichen Visualisierungstechniken. Diese Dinge führen dazu, dass der Arbeitsplatz des FdL mehr und mehr unattraktiv wird. Besonders vor dem Hintergrund der aktuellen demografischen Entwicklung wird das zu einem großen Problem. Die Bahn steht in Konkurrenz mit anderen Industrien, wenn es darum geht, junge Mitarbeiter für sich zu gewinnen.

Das neue iBS adressiert diese Thematik durch die Realisierung von moderner Fenstertechnik, wie sie in vielen Industrien, Betriebssystemen und Anwendungen verbreitet ist. Auch das „Verschieben“ des Lupenbildes (Panning), eine flexible und anwenderbezogene Fensterkonfiguration als auch die Umschaltung der Tag-/Nacht-Farbpalette sind nun enthalten. Der Bediener meldet sich einmalig mit nur einem Benutzerprofil an das System an (Single-Sign-On). Je nach individueller Arbeitsweise werden Anwendungen entweder über Menübedienung oder über einen Klick in die freie Fläche des Anzeigebereichs aufgerufen und gestartet. Die erste Installation und Inbetriebnahme eines iBS erfolgte am 24. November 2020 in der RBZ Göttingen, das System ist seitdem produktiv 24/7 im Einsatz. Weitere Inbetriebnahmen des iBS erfolgten am 5. Dezember 2021 im Rahmen des Schnellläuferprojektes (SLP) Kempen-Kleve sowie am 25. Februar 2022 für die DB AG in Sondershausen. Auch diese Systeme sind durchgehend produktiv im Einsatz.

Nachfolgend aufgelistet findet sich eine kurze Übersicht der bisherigen Software Releases und deren Freigaben. Diese stellt im positiven Sinn dar, wie kurzfristig auf funktionale Kundenanforderungen und notwendige Produktverbesserungen reagiert wer-

operating components (several keyboards, mice, telephones), unclear, fragmented displays and different visualisation techniques is shown on the right. These factors lead to the dispatcher's workplace becoming increasingly unattractive. This is especially becoming a major problem against the background of current demographic developments. The railways are in competition with other industries when it comes to attracting young employees.

The new iBS addresses this issue by implementing modern windowing technology, as is common in many other industries, operating systems and applications. The “shifting” of the zoom picture (panning) and a flexible and user-specific window configuration, as well as the switching of the day/night colour palette are now also included. The operator logs into the system once using only one user profile (single sign-on). The applications are called up and started either via a menu operation or by clicking in the display area's free space depending on the individual working method.

The first installation and commissioning of an iBS took place at the Göttingen RBZ on 24 November 2020; the system has been in productive use 24/7 since then. Further commissioning of an iBS took place on 5 December 2021 as part of the Kempen-Kleve project (SLP) and on 25 February 2022 in Sondershausen for DB AG. These systems are also in continuous productive use. A brief overview of the previous software releases and their approvals is given below. This provides positive proof of how we have been able to react to any customer function requirements and to introduce any necessary product improvements at short notice. The short lead time of only three and a half weeks between the first version “A” installed on site and the subsequent version “B” is particularly noteworthy here:

19 November 2020: Release iBS version “A” -> version “B” on 13 December 2020 -> version “C” on 21 May 2021

This release overview also shows that we achieved stability in the operations right from the start. The feedback from the field has



den kann. Besonders hervorzuheben ist hier die kurze Zeit von nur dreieinhalb Wochen zwischen der ersten vor Ort installierten Version „A“ und der nachfolgenden Version „B“:

19. November 2020: Freigabe iBS Version „A“ -> Version „B“ am 13. Dezember 2020 -> Version „C“ am 21. Mai 2021

Auch lässt sich an dieser Release-Übersicht ableiten, dass wir von Anfang an Stabilität im Betrieb erreicht haben. Die Rückmeldungen aus dem Feld sind durchweg positiv, und aktuell wird das System im täglichen Gebrauch sicher und mit äußerst hoher Benutzerakzeptanz verwendet.

3 Flächenmäßiger Roll-out durch flexible iBS-Produktvarianten

Im Rahmen des Projektes DiB hat Scheidt & Bachmann zusammen mit der DB AG bewiesen, dass das Produkt iBS gemäß Spezifikation / Lastenheft funktioniert; es wurde erfolgreich an drei Standorten in Betrieb genommen. Die nun aktuelle Herausforderung ist es, den flächenmäßigen Roll-out zu ermöglichen, gar zu beschleunigen. So hat es auch der VDB in seinem Strategiepapier / Konzeptvorschlag „Die Zukunft der Schiene soll rasch beginnen“ [1] eindeutig definiert.

In der endgültigen Ausbaustufe des Gesamtsystems wird es Bedienstandorte (BSO) und Technikstandorte (TSO) geben, welche wiederum verbunden sind mit den sog. LST Management Centern (LMC) in Frankfurt und Berlin unter Verwendung des bahnbetrieblichen IP Netzes (bbIP). Die LMC nehmen Steuerungs- und Diagnosefunktionen im künftigen LST-Umfeld wahr.

Es kann und soll aber nicht auf das Vorhandensein all dieser Komponenten gewartet werden, um die ehrgeizigen Ziele des Roll-outs zu erreichen. Flexible Produktvarianten mit variierender Konfiguration sind notwendig, um sich den lokalen Gegebenheiten anzupassen und einen zügigen flächendeckenden Einsatz des iBS zu erreichen. In der Produktmatrix in Bild 4 sind die von Scheidt & Bachmann entwickelten Produktvarianten definiert. Sie sind bezogen auf die örtlichen und infrastrukturellen Gegebenheiten wie z.B. verfügbarer Raum für die Bedientechnik oder Verfügbarkeit von bbIP. Ändern sich diese künftig durch ein Fortschreiten des Infrastrukturausbaus, so kann auch das entsprechende iBS-Produkt darauf reagieren. Somit wird ein frühzeitiger weiterer Roll-out von iBS-Standorten ermöglicht. Es können schnell weitere Betriebserfahrungen ermöglicht und Verbesserungen der Bedienarbeitsplätze für den FdL realisiert werden.

4 Ausblick

In 2022 fokussiert sich die Scheidt & Bachmann System Technik vollumfänglich auf das Erreichen der Referenzimplementierung, welche zum Ende dieses laufenden Jahres fertiggestellt und implementiert werden soll. Hierbei handelt es sich um das iBS Göttingen mit der iUZ Weserbergland (iUZ Hersteller: Siemens AG). Am 1. Oktober 2022 beginnt die fachtechnische Abnahme, die Inbetriebnahme ist im Dezember 2022 geplant.

Parallel wird bereits an der nächsten Entwicklungsstufe gearbeitet, welche die Integration des ETCS beinhaltet. Ein erstes „Mock Up“ existiert bereits in den Entwicklungslaboren, und eine beispielhafte Lupendarstellung ist in Bild 3 ersichtlich. Erste Verwendung wird dieses DiB Release 1b finden bei dem Projekt DKS – Digitaler Knoten Stuttgart.

5 Zusammenfassung

Scheidt & Bachmann System Technik hat als erster Hersteller das iBS entwickelt, produziert und an den Standorten Göttingen,

**INNOTRANS
2022**
Halle 13, Stand 300

EMPOWERING RAILWAY BUSINESS

Ganz gleich, ob in der Signaltechnik, der Infrastruktur oder im rollenden Verkehr – mit WAGO haben Sie einen erfahrenen und zuverlässigen Partner an Ihrer Seite: von der elektrischen Anschlussstechnik über Interface-Module bis hin zur Automatisierungslösung – wir bieten Ihnen alles aus einer Hand und das weltweit.

www.wago.com/de/bahntechnik

Kempen-Kleve sowie Sondershausen installiert. Produktinnovationen und Verbesserungen konnten kurzfristig und agil eingebracht werden. Die positiven Betriebserfahrungen wurden dargestellt. Mittels der besonders seitens der Informatik hochkompetenten Entwicklungsabteilung und unter Verwendung von „State-of-the-Art“-Prozessen wie SAFE/SCRUM ist Scheidt & Bachmann auch weiterhin in der Lage, flexibel und professionell die Bedürfnisse der DB AG zu erfüllen. ■

been consistently positive and the system is currently being used safely and with extremely high user acceptance in daily use.

3 An area-wide rollout using flexible iBS product variants

Scheidt & Bachmann, in conjunction with DB AG, has proven that the iBS product works according to the specifications/requirement specifications under the DiB project; it has been successfully commissioned at three locations. The current challenge is to enable and even accelerate the nationwide rollout. This has also been clearly defined by the VDB in its strategy paper entitled “Die Zukunft der Schiene soll rasch beginnen” [1].

The final expansion stage of the overall system will include operating locations (BSO) and technical locations (TSO), which in turn will be connected to the so-called LST Management Centres (LMC) in Frankfurt and Berlin using the railway IP network (bbIP). The LMC will perform control and diagnostic functions in the future LST environment.

However, we cannot and should not wait for all these components to become available in order to achieve the ambitious rollout goals. Flexible product variants with varying configurations are necessary in order to adapt to local conditions and to achieve the rapid nationwide deployment of the iBS. The product variants developed by Scheidt & Bachmann are defined in the product matrix in fig. 4. They are related to the local and infrastructural conditions, such as the space available for the operating technology or the availability of bbIP. If these change in the future due to the progress of the infrastructure expansion, the corresponding iBS product can also react to this. This will enable an early further rollout of iBS locations. Further operating experience can be gained quickly so that any improvements can be implemented at the operator workstations for the dispatchers.

4 Outlook

In 2022, Scheidt & Bachmann System Technik will focus entirely on completing its reference implementation, which should be accomplished and implemented by the end of this current year. This is the Göttingen iBS with the Weserbergland iUZ (iUZ manufacturer: Siemens AG). The technical acceptance test will begin on 1 October 2022 and the start of production is planned for December 2022.

Work is already underway on the next development stage, which includes the integration of the European Train Control System (ETCS), in parallel. An initial “mock-up” already exists in the development labs and an exemplary magnifying representation can be seen in fig. 3. This DiB Release 1b will be used for the first time in the DKS – Digitaler Knoten Stuttgart project.

5 Summary

Scheidt & Bachmann System Technik was the first manufacturer to develop, produce and install an iBS at the Göttingen, Kempen-Kleve and Sondershausen sites. Product innovations and improvements have been able to be introduced quickly and agilely. The positive operating experiences have been presented. Scheidt & Bachmann continues to be in a position to meet the needs of DB AG flexibly and professionally thanks to its highly competent Development Department and its IT Department in particular, as well as the use of “state of the art” processes such as SAFE/SCRUM. ■

LITERATUR | LITERATURE

[1] Die Zukunft der Schiene soll rasch beginnen – Verband der Bahnindustrie in Deutschland e.V.

AUTOREN | AUTHORS

Bert Ritscher

Head of Product Management & Sales
Scheidt & Bachmann System Technik GmbH
Signalling Systems
Anschrift / Address: Otto-Flath-Straße 4, D-24109 Melsdorf
E-Mail: ritscher.bert@scheidt-bachmann-st.de

Ralf Salka

Head of Train Management
Scheidt & Bachmann System Technik GmbH
Signalling Systems
Anschrift / Address: Otto-Flath-Straße 4, D-24109 Melsdorf
E-Mail: salka.ralf@scheidt-bachmann-st.de

Die Evolution der mobilen Kommunikationstechnik im Bahnwesen

The evolution of mobile communications for railways

Ciro de Col | Jonathan Friz

Durch die Weiterentwicklung der Kommunikationssysteme im Bahnwesen können Fahrgäste, Zug- und Bahnbetreiber künftig von einer Reihe neuer Anwendungen profitieren, die sowohl den Betrieb als auch die Performance optimieren werden. Der nahtlose Übergang vom bisherigen System GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway) zu FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) ist hierbei entscheidend. Siemens Mobility ist seit mehr als 25 Jahren in der Mobilkommunikation im Bahnwesen tätig. Unser GSM-R-Bahnfunksystem bietet Betreibern in aller Welt eine stabile, sichere und zukunftsfähige Plattform für die Sprach- und Datenkommunikation. Eine solche Ausrüstung spielt eine entscheidende Rolle für den sicheren, reibungslosen und effizienten Bahnbetrieb. Mit dem Übergang zu FRMCS wird das Bahnfunksystem zunehmend auch für die Übertragung von Daten im Bahnbereich genutzt und eröffnet neue Möglichkeiten zur Realisierung zahlreicher Vorteile.

1 Zukunftssicherheit für die Kommunikation im Bahnwesen

5G FRMCS ist das weltweite Telekommunikationssystem der nächsten Generation für den Bahnsektor, das letztendlich GSM-R ablösen wird. Es unterstützt IP (Internet Protocol)-Sprachübertragungen und priorisierbare IP-Datenübertragungen (kritische Daten, Video, Telemetrie) und ist somit eine maßgebliche Schlüsseltechnologie für die Digitalisierung in der Bahnindustrie. Die Technologie bietet zahlreiche Möglichkeiten zur Verbesserung des Fahrgasterlebnisses durch Videoüberwachung und dynamische Fahrgastinformationssysteme.

Mit einer dualen GSM-R/5G FRMCS-Lösung kann die vorhandene Fahrzeuginfrastruktur angepasst und weiter genutzt werden. So wird den Betreibern eine reibungslose Migration bei minimalen Kosten und notwendiger Flexibilität beim Netzeinsatz ermöglicht. Die Mehrbandantenne von Siemens vereint dabei vier verschiedene Konnektivitätsarten (Bild 1) und ermöglicht damit einen nahtlosen Übergang zu FRMCS, ohne dass am Zug mehrere Antennen angebracht werden müssen. Die Einrichtung wurde speziell so konstruiert, dass die Befestigungsbohrungen mit denen der gängigsten GSM-R-Antennen übereinstimmen und von den Betreibern unkompliziert installiert werden kann.

2 Zusammenarbeit mit Stakeholdern zur Erfüllung der Migrationsanforderungen

Das GSM-R-Zugfunksystem wurde an die nächste Generation von IP-Systemen mit bahnspezifischen Anforderungen angepasst. Mit einem definierten Upgrade-Pfad wird den Betreibern Zu-

As the rail industry's communications systems are evolving, particularly with regard to the need to seamlessly migrate to FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) as GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway) moves towards obsolescence, passengers and train and railway operators are set to benefit from a range of new applications that will deliver improved performance and operations. Siemens Mobility has been at the forefront of railway mobile communications for more than 25 years with the company's GSM-R cab radio system providing operators worldwide with a robust, secure and future-proof platform for voice and data communication. This equipment is essential for the safe, smooth and efficient railway operations. The need to transition to FRMCS means that the cab radio system is also increasingly being used to enable data to be passed around the railway, thus creating new opportunities for realising a range of benefits.

1 Future-proofing railway communications

5G FRMCS is the next-generation worldwide telecommunication system for railways that will ultimately replace GSM-R. 5G FRMCS is a key enabler for digitalisation within the rail industry in that it supports IP (internet protocol) voice and prioritisable IP data (critical data, video and telemetry) and provides a range of opportunities to enhance the passenger experience with video security monitoring and dynamic passenger information systems.

A dual mode GSM-R/5G FRMCS solution, which will adapt and re-use the existing on-board infrastructure, will ensure that costs are kept to a minimum, while enabling a seamless migration for operators and providing flexibility in terms of network deployment.

With four different types of connectivity (fig. 1) present within a single device, the Siemens Multiband Antenna also provides seamless migration to FRMCS by removing the need to fit multiple antennas to the train. The equipment has specifically been designed to fit the same mounting hole pattern as the most common existing GSM-R antennas, thereby providing operators with non-invasive and seamless installation.

2 Collaborating with stakeholders to meet migration demands

The GSM-R cab radio has been adapted to suit the next generation of IP systems with railway specific requirements and to fu-

kunfts-fähigkeit gesichert, indem das System zwei verschiedenen Testreihen mit der Deutschen Bahn AG sowie im „5G Rail Projekt“ unterzogen wird. Die beiden Projekte werden im Folgenden kurz erläutert:

Das 5G Rail-Projekt wurde mit dem Ziel ins Leben gerufen, die ersten FRMCS-Spezifikationen zu validieren. Zu diesem Zweck werden Prototypen des FRMCS-Ökosystems für die strecken- und fahrzeugseitige Infrastruktur entwickelt und getestet. Das Programm erstreckt sich über einen Zeitraum von 30 Monaten und gliedert sich in acht Arbeitspakete: Sechs davon konzentrieren sich auf Forschung, Entwicklung und Test sowie Umsetzung und Evaluierung im Feld und zwei auf die Koordination und den Roll-out.

DB/DB Netz begannen 2021 als Partner für die Sektor-Initiative „Digitale Schiene Deutschland“ mit umfangreichen Feldversuchen, um sowohl einzelne Technologien als auch Systemkomponenten für FRMCS zu evaluieren. Im Fokus der Versuche steht die Umsetzung des Ende-zu-Ende 5G Systems für FRMCS [2] als Basis für die Integration der bahntechnischen Anwendungen. Andere Versuche testen den Einsatz eines Mehrfach-Antennen-Funksystems in repräsentativen Einsatzfeldern. Siemens nimmt an den Ende-zu-Ende FRMCS-Tests teil, mit dem Ziel, die Machbarkeit nachzuweisen und eine Referenz für den Bahnbetrieb zu schaffen. Als Grundlage für die Versuche richtet die DB derzeit einen Prüfstand entlang einer fast ungenutzten 10 km langen Bahntrasse im Erzgebirge ein, das sogenannte Digital Testbed Erzgebirge (DTE).

Der von ETSI ausgerichtete „FRMCS Interoperability Plugtest“ wurde vor kurzem erfolgreich abgeschlossen. Plugtests basieren auf einem aufkommenden technischen Standard und werden unter Beteiligung der Hardware- und /oder Softwareentwickler durchgeführt, um die Interoperabilität ihrer Produkte mit denen anderer Hersteller zu testen. Hierbei musste das Unternehmen diverse Funktionalitäten mit zwei seiner neuen FRMCS-Funksysteme in einer virtuellen Netzumgebung nachweisen, u.a. Schnittstellen mit verschiedenen FRMCS-Servern anderer Lieferanten.

3 Neue Anwendungen beim Übergang zu FRMCS

Die Notwendigkeit der Weiterentwicklung und des Übergangs von GSM-R zu 5G FRMCS eröffnet auch Möglichkeiten für die Einführung neuer Anwendungen unter Nutzung der vorhandenen fahrzeugseitigen Einrichtungen. Diese umfassen sofort einsatzbereite Plattformen mit innovativen Verbesserungen des Zugfunks. Die Funkgeräte dienen hierbei als Plattform für verschiedene integrierte Airlink Smart Applications (Bild 2), wie:

- Trainborne Condition Monitoring (TCM)
- Connected Driver Advisory System (C-DAS) und
- Cab Radio Management Terminal (CRMT).



Bild 1: Siemens Mobility Multiband Antenne – vier verschiedene Konnektivitäts-Lösungen in einer einzigen Antenne

Fig. 1: Siemens Mobility Multiband Antenna – four different types of connectivity in one single antenna

ture-proof the equipment by providing an upgrade path for operators to transition to 5G FRMCS. This system has undergone two separate trials with Deutsche Bahn AG and the 5G Rail project as part of the upgrade path to FRMCS. The two separate trials are briefly described below:

The 5G Rail project has been established in order to validate the first set of FRMCS specifications by developing and testing prototypes for the FRMCS ecosystem in both the trackside and on-board infrastructures. The program will span a period of 30 months and has been divided into eight work packages, six of which will focus on research and development, testing, field implementation and evaluation and two on coordination and dissemination.

DB/DB Netz started in 2021 as a partner to the “Digitale Schiene Deutschland” sector initiative by undertaking comprehensive field trials in order to evaluate both the individual

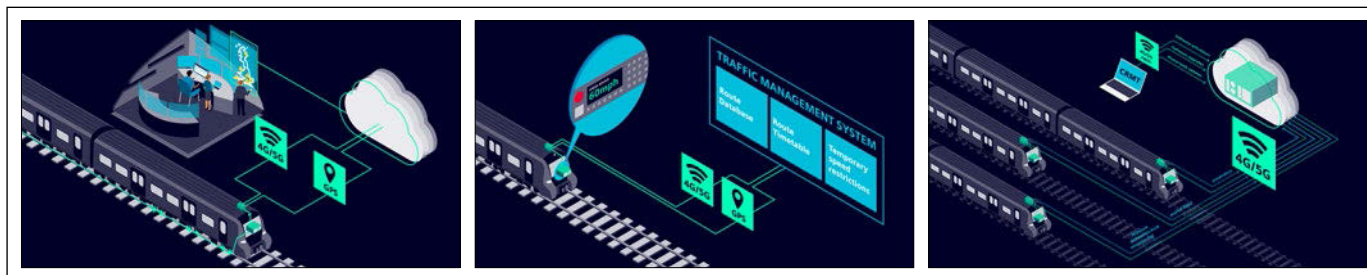


Bild 2: Siemens Airlink Smart Applikationen für den Bahnbetrieb

Fig. 2: Siemens Airlink Smart Applications for railway operations

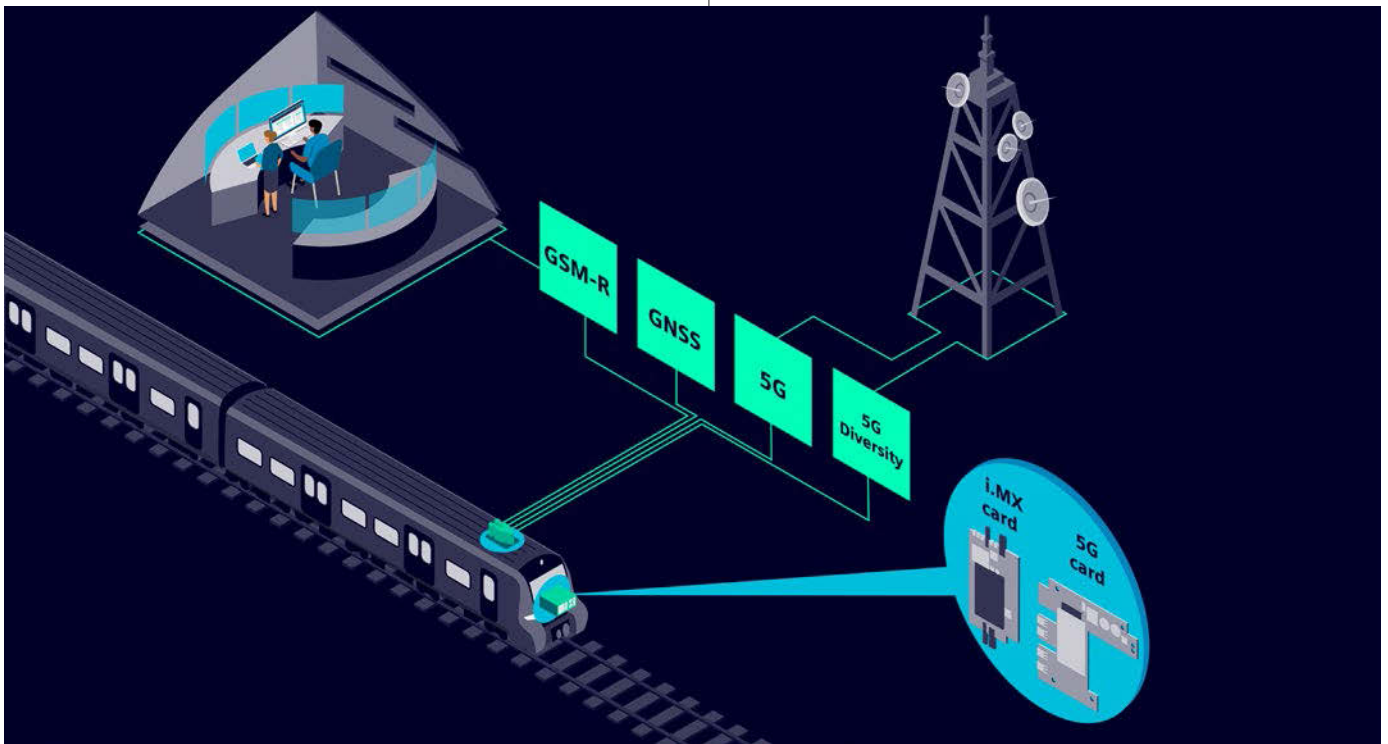


Bild 3: Migrationsstrategie für 5G FRMCS: eine innovative und zukunftsichere Lösung

Fig. 3: Upgrade strategy to 5G FRMCS: an innovative and futureproofing solution

3.1 TBCM: Effiziente und wirtschaftliche Bereitstellung von Informationen über Gleisanlagen

Ohne die Notwendigkeit neuer Hardware bietet TBCM Vorteile für viele Stakeholder im Bahnwesen, u. a. für die Eigentümer der Bahninfrastruktur und ihre Wartungsteams, die Eigentümer und Betreiber der Züge sowie auch für die Fahrgäste. Die Anwendung kann auf mit GSM-R-Zugfunksystemen ausgestatteten Zügen mit geringem Aufwand nachgerüstet werden und wird einfach drahtlos heruntergeladen (sofern LTE- und GPS-Antennen installiert sind). TBCM ist eine effiziente Möglichkeit zur Überwachung und Instandhaltung der Gleise. Anhand von Daten, die von fahrenden Zügen mit GSM-R-Zugfunksystem gesammelt werden, können Bereiche mit Instandhaltungsbedarf identifiziert werden. Anhand der von den Zügen übermittelten Informationen wird drahtlos ein

technology and the system components for FRMCS. The implementation of an end-to-end 5G system for FRMCS is planned as part of the trials [2] and it will constitute the basis for the integration of the railway applications. Other trials will test features such as multi-antenna radio technologies. Siemens is participating in the end-to-end FRMCS deployment tests with the goal of providing a proof-of concept, as well as a reference for rail operations. DB is currently establishing a testbed along a virtually unused 10 km section of track in Germany's Erzgebirge region (called the Digital Testbed Erzgebirge (DTE)) as the basis for the trials.

In addition two FRMCS interoperability plugtests hosted by ETSI have been successfully completed. Plugtests are based on an emerging technical standard and involve the designers of

TURN YOUR INDUSTRIAL CYBER DEFENSE ON.

Analyze

Plan

Realize

IT/OT SECURITY

RISK & THREAT ANALYSIS

SYSTEMS ENGINEERING

QUALITY CONTROL

TECHNOLOGY RESEARCH

TRAINING

Berlin
 Frankfurt a.M.
 München
 Leipzig
 Wien

www.incyde.com

SIGNALLING + DATA COMMUNICATION (114) 9/2022 39

digitales Abbild der Gleise erstellt, ohne dass hierfür zusätzliche Komponenten installiert werden müssen.

Dadurch können sich die Wartungsarbeiten auf diese Bereiche konzentrieren, was die Zeitverluste durch vorübergehende Geschwindigkeitsbeschränkungen und Schäden an den Zügen verringert, die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Netzes insgesamt deutlich verbessert und den Fahrgastkomfort erhöht. Die Kosten für Zugverspätungen, Streckensperrungen, Fahrplanänderungen und Geschwindigkeitsbeschränkungen werden so auf ein Minimum reduziert.

3.2 C-DAS: Verbesserung der Zug-Performance

Connected Driver Advisory Systeme (C-DAS) unterstützen Zugführer in einer einheitlichen und wirtschaftlichen Fahrweise. Mit Hilfe dieser Anwendung können Zugbetreiber Echtzeit-Updates für Fahrpläne, Langsamfahrstrecken, Strecken- und Ortungsdaten durchführen, um die Pünktlichkeit der Züge zu verbessern und die Streckenkapazität kontinuierlich zu optimieren.

Das fahrzeugseitige C-DAS wird als Airlink Smart Application implementiert, erfordert keine zusätzliche Hardware und verursacht daher nur minimale Installationskosten. Es nutzt die Verarbeitungsleistung des GSM-R-Zugfunksystems sowie die 4G- und GNSS/GPS-Funktionalität des Systems für Updates in Echtzeit in Verbindung mit dem Zugmanagementsystem in der Leitstelle.

Im Versuchsbetrieb hat C-DAS Energieeinsparungen von bis zu 9 % erzielt, indem es dem Zugführer die optimale Geschwindigkeit zur Einhaltung der Fahrplanvorgaben anzeigt und somit einen übermäßigen Energieverbrauch weitgehend vermeidet. Dadurch werden unnötige Bremsvorgänge vermieden, und der Zugführer kann mit reduzierter Geschwindigkeit fahren, ohne dass der Zug unnötig früh an Haltsignalen oder im Bahnhof ankommt und warten muss. Das System hilft den Betreibern, die Kosten für Verspätungsminuten hereinzuholen und sorgt für ein komfortableres Fahrerlebnis mit weniger Unterbrechungen.

3.3 CRMT: Fernzugriff auf das Zugfunksystem

CRMT (Cab Radio Management Terminal) ermöglicht den Fernzugriff auf das Zugfunksystem für Sprechfunk über LTE und erleichtert das fernbediente Laden neuer Versionen der Zugfunk-Anwendungssoftware. Da Updates der Software nicht mehr in jedem einzelnen Zug durchgeführt werden müssen, verringern sich so die Kosten der Softwarewartung, und der Betreiber kann Änderungen flexibler planen und durchführen.

Im Wesentlichen erzeugt CRMT einen ständig aktualisierten „digitalen Zwilling“ jedes Zugfunkgerätes, stellt eine Schnittstelle zu den streckenseitigen Einrichtungen her und ermöglicht somit die Nachverfolgung aller Zugfunksysteme einer Flotte. Das System ermöglicht auch die gleichzeitige Aktivierung von Software- oder Telefonbuchänderungen in der gesamten Flotte sowie die Fernabfrage von Bestandsinformationen über den Zugfunk.

4 GSM-R-Umrüstprogramme

In Deutschland, Dänemark, Großbritannien und anderen Ländern wurden Umrüstungsprogramme auf die neueste GSM-R TSI bereits erfolgreich durchgeführt (Bild 3).

So werden in Norwegen im Rahmen eines sechsjährigen Rahmenvertrags 570 Sprechfunksysteme Airlink 500 ausgeliefert. In Großbritannien ist jeder Zugführerstand mit Airlink 400 Sprechfunk ausgestattet, und bis heute wurden bereits 97 % der 11 800 Zugfunksysteme nachgerüstet. Die restlichen Umrüstungen sollen bis zum 2. Quartal 2023 abgeschlossen sein. Im Rahmen der

hardware and/or software testing the interoperability of their products with those of other manufacturers. The events require Siemens to demonstrate various functionalities with two of its new FRMCS radios using a virtual network environment, including interfaces to a number of FRMCS servers provided by other suppliers.

3 New applications in the transition to FRMCS

The necessity of evolving and transitioning from GSM-R to 5G FRMCS has also brought opportunities for applications to be introduced to existing on-board equipment. This includes hardware-ready platforms that provide innovative cab radio enhancements with radios being used as a platform for a range of integrated Airlink Smart Applications (fig. 2), including:

- train-borne condition monitoring (TBCM)
- the connected driver advisory system (C-DAS) and
- the cab radio management terminal (CRMT).

3.1 TBCM: providing track asset information efficiently and cost-effectively

TBCM offers benefits to many railway stakeholders, including infrastructure owners and their maintenance teams, rail passengers, train operating companies and train owners, without the need for any new hardware. The application can be inexpensively retrofitted to trains equipped with GSM-R cab radios and is simply downloaded wirelessly (provided LTE and GPS antennas have been installed).

TBCM is an efficient way of managing, monitoring and maintaining the track and identifying any areas that need to be maintained by simply using data collected from in-service trains that are equipped with a GSM-R cab radio. It wirelessly creates a digital representation of the track using information from every train on the route without the need for any additional equipment to be fitted.

This allows maintenance workers to focus their activities on those areas, thus reducing any time lost due to the imposition of temporary speed restrictions and damage to trains, significantly improving the overall safety and reliability of the network and enhancing passenger comfort. Train delay costs, line closures, journey re-planning and speed restrictions are then all minimised.

3.2 C-DAS: improving train performance

Connected driver advisory systems (C-DAS) support train drivers in achieving a consistent and economical driving style with this application enabling train operating companies to implement real time updates to their timetables, temporary speed restrictions, route data and positioning in order to improve train punctuality and continuously optimise line capacity.

The train-borne C-DAS has very low installation costs, as it is implemented as an Airlink Smart Application and requires no additional hardware. It uses the processing power of the GSM-R cab radio and draws on the system's 4G and GNSS/GPS functionality to facilitate real-time updates when interfaced to the Train Management System's control centre.

C-DAS has recorded energy savings of up to 9 % during trials where the system mitigated excess energy usage by advising the driver of the optimal speed required to adhere to the timetable. This avoids any unnecessary braking and allows the driver to run at a reduced speed, while preventing the train from arriving needlessly early at a red signal or a station. The system helps

Umrüstungen wurden alle Zugfunksysteme zusätzlich mit iMX-Prozessorkarten (WLAN-, 4G- und GPS-Konnektivität mit eingebundenem hochempfindlichem Beschleunigungsmesser und 16 GB SD-Karte) ausgestattet, um die Nutzung von Airlink Smart Applications zu ermöglichen und den Weg für ein Upgrade auf FRMCS zu bereiten.

5 Fazit

Siemens Mobility hat seine GSM-R-Ausrüstung bereits weltweit in Fernverkehrszügen installiert und macht sich mit diesen Entwicklungen die Leistungsfähigkeit der Ausrüstung zunutze, um die Einführung neuer Technologien wie FRMCS zu beschleunigen, die Kosten zu senken und so dem Kunden, dem Betreiber und dem Wartungspersonal unmittelbare Vorteile zu verschaffen. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] <https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/schiene/bahn-automatisierung/signaltechnik/kommunikation-schiennenverkehr/fahrzeug-seitige-kommunikation.html>
 [2] <https://digitale-schiene-deutschland.de/en/news/FRMCS-E2E-Announcement>

AUTOREN | AUTHORS

Ciro de Col

Business Development
 Siemens Mobility Limited
 Anschrift / Address: Sopers Lane, UK-BH17 7ER Poole
 E-Mail: ciro.decol@siemens.com

Jonathan Friz

Sales Manager Onboard Products Germany
 Siemens Mobility GmbH
 Anschrift / Address: Kieffholzstraße 44, D-12435 Berlin
 E-Mail: jonathan.friz@siemens.com

operators recover the cost of any delay minutes and gives passengers a smoother, less interrupted ride.

3.3 CRMT: providing remote access to the cab radio

CRMT (Cab Radio Management Terminal) provides remote access to the voice cab radio via LTE, thus enabling new versions of the cab radio application software to be uploaded remotely. The fact that it is no longer necessary to visit every train individually in order to update the software means that maintenance costs are reduced and the operator has more flexibility to make changes as and when required.

Essentially, CRMT creates a constantly updated “digital twin” of each cab radio asset, providing a groundside interface and so enabling all the cab radios in the fleet to be tracked. The system also allows the activation of software/phone book changes to take place simultaneously through the fleet, as well as enabling inventory information to be collected from the cab radio remotely.

4 GSM-R upgrade programs

Conversion programs to upgrade the installed base to the latest GSM-R TSI have already been successfully implemented in Germany, Denmark, UK, as well as in other countries (Fig. 3).

In Norway, Siemens is supplying 570 Airlink (R) 500 Voice Radios as part of a six-year framework agreement, while every train cab in the UK has an Airlink (R) 400 Voice Radio fitted and 97% of the 11,800 radios have been upgraded to date. The remainder are due to be completed by Q2 2023. iMX processor cards (Wi-Fi, 4G and GPS connectivity with an embedded highly sensitive accelerometer and 16 GB SD card) have been added to every radio as part of the upgrade in order to enable the Airlink Smart Applications to operate as well as a clear path of the upgrade to FRMCS.

5 Conclusion

With its GSM-R equipment already fitted to main line trains worldwide, Siemens Mobility is harnessing the power of the equipment both to speed up and reduce the cost of adopting new technologies like FRMCS and to deliver immediate benefits to its customers, operators and maintenance workers through these developments. ■

MIPRO

SIGNALLING AND TRAFFIC MANAGEMENT SOLUTIONS FOR RAILWAY AND METRO

Meet us at InnoTrans 2022

27 | 530
Hall | Stand

mipro.fi



Innovationskooperation Fahrzeugausrüstung im Digitalen Knoten Stuttgart

Innovative cooperation for the vehicle equipment at Stuttgart Digital Node

Christian Flöter | Fabian Raichle | Thomas Höhne | Johannes Köstlbacher | Nilesh Sane | Michael Sauer | Joachim Schlichting | Philipp Wagner

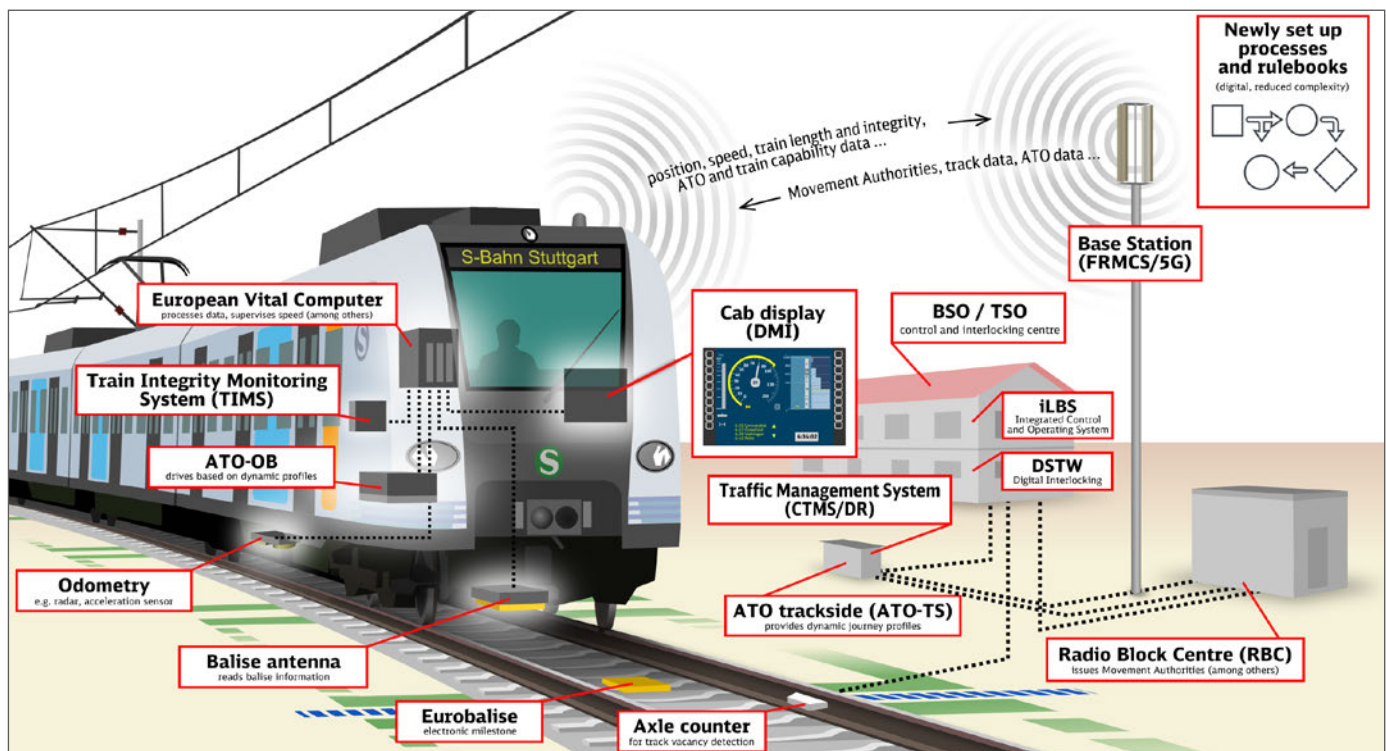


Bild 1: Zusammenwirken von Fahrzeugen, Infrastruktur und Betrieb im DKS (Horizont 2030)

Fig. 1: Interaction of vehicles, infrastructure and operation in the DKS (time horizon 2030)

Bei der Nachrüstung von 333 Regional- und S-Bahn-Triebzügen für den Digitalen Knoten Stuttgart (DKS) gehen Alstom, die Deutsche Bahn AG (DB) und das Land Baden-Württemberg gemeinsam neue Wege. Vier Themenfelder, die im Rahmen der 2020 platzierten Ausschreibung noch nicht vollumfassend spezifiziert waren, wurden im Rahmen einer Innovationskooperation gemeinsam bearbeitet und zur Umsetzungsreife geführt. Fahrzeugzustandsdatenübermittlung (TCR – Train Capability Report), FRMCS-Upgradefähigkeit (Future Rail Mobile Communication System), Zugintegritätsüberwachung (TIM – Train Integrity Monitoring) und OCORA-Schnittstellen (Open CCS Onboard Reference Architecture). Die dabei entstandenen Lösungen sollen weiteren Nachrüstungsprojekten als Vorbild dienen.

1 Motivation

Im Rahmen des DKS, einem Pilotprojekt im Starterpaket der Digitalen Schiene Deutschland (DSD), wird die Region Stuttgart bis 2030 schrittweise mit Digitalen Stellwerken, European Train Con-

For the retrofitting of 333 regional and commuter trains for the Stuttgart Digital Node (DKS), Alstom, Deutsche Bahn AG (DB) and the state of Baden-Württemberg are jointly breaking new ground. Four topics, which were not yet fully specified in the tender placed in 2020, were worked on together as part of an Innovation Cooperation and brought to implementation maturity: Train capability report (TCR), Future Rail Mobile Communication System (FRMCS) upgradeability, train integrity monitoring (TIM) and Open CCS Onboard Reference Architecture (OCORA) interfaces. The resulting solutions are intended to serve as models for upcoming retrofit projects.

1 Motivation

As part of the DKS, a pilot project in the starter package of Digitale Schiene Deutschland (DSD), the Stuttgart region will be gradually equipped by 2030 with digital interlockings, European Train Control system (ETCS) (without class B) and other

trol System (ETCS) „ohne Signale“ und weiteren Techniken des Digitalen Bahnsystems ausgerüstet [1]. Ein zentraler Bestandteil des Projekts liegt in der Aus- bzw. Nachrüstung von zunächst rund 500 Triebfahrzeugen mit ETCS und weiteren Techniken gemäß dem Betrieblich-Technischen Zielbild (BTZ) der DB. Erstmals in Deutschland werden dabei ganze Vollbahn-Flotten mit ETCS Level 3 (L3) / TIM, hochautomatisiertem Fahren (ATO GoA 2), dem GSM-R-Nachfolger FRMCS und TCR ausgerüstet. Die DB und ihre Partner treten damit den praktischen Nachweis an, wie eine eng aufeinander abgestimmte Ausrüstung von Fahrzeugen und Infrastruktur (Bild 1) nicht nur zu einer Maximierung der Fahrwegkapazität, sondern auch zu einem insgesamt schlankeren, robusteren Gesamtsystem führt [2, 3].

Die Ausrüstung der Fahrzeuge bewegt sich dabei in einem Spannungsfeld: Einerseits müssen alle Fahrzeuge bis 2025 mit ETCS ausgerüstet werden, weil dann die neue Infrastruktur im Kern des Knotens mit ETCS L2 „ohne Signale“ in Betrieb geht. Andererseits werden im Rahmen der Ende 2022 erwarteten TSI ZZS 2022 Neuerungen wie FRMCS kommen, die erst ab 2025 auf den Fahrzeugen umgesetzt werden können. Die Fahrzeuge werden daher in zwei Stufen ausgerüstet. In der ersten Stufe (bis 2025) soll möglichst die gesamte notwendige Hardware (z. B. Antennen für FRMCS) installiert werden, um so die Standzeit in der zweiten Stufe auf wenige Tage zu verkürzen [2, 3].

Den Schwerpunkt der Fahrzeugausrüstung bildet die Nachrüstung von 333 Triebzügen (Tab. 1), darunter die gesamte Flotte der S-Bahn Stuttgart sowie ein Teil der im Knoten Stuttgart verkehrenden Regionaltriebzüge. Dazu kommen 130 neue Doppelstock-Regionaltriebzüge, die „ab Werk“ ausgerüstet werden,

digital railway system technologies [1]. A central component of the project is the initial retrofitting of around 500 traction vehicles with ETCS and other technologies in accordance with DB's Operating-Technical Objectives (BTZ). For the first time in Germany, entire mainline railway fleets will be equipped with ETCS Level 3 (L3) / TIM, highly automated driving (ATO GoA 2), the GSM-R successor FRMCS and vehicle status data transmission (TCR). DB and its partners are thus providing practical proof of how closely coordinated equipment of vehicles and infrastructure (fig. 1) not only maximises track capacity but also leads to a leaner, more robust overall system [2, 3]. The equipment of the vehicles is subject to conflicting priorities: on the one hand, all vehicles must be equipped with ETCS by 2025 since the new infrastructure in the core of the node will then be put into operation with ETCS L2 without Class B systems. On the other hand, innovations such as FRMCS will come within the framework of the TSI CSS 2022, expected at the end of 2022, which can only be implemented on the vehicles from 2025 onwards. The vehicles will therefore be equipped in two stages. In the first stage (by 2025), all the necessary hardware (e.g. antennas for FRMCS) should be installed, if possible, in order to reduce the downtime in the second stage to a few days [2, 3]. The focus of the vehicle equipment activities is the retrofitting of 333 train sets (tab. 1), including the entire fleet of the S-Bahn Stuttgart as well as a part of the regional multiple units operating in the Stuttgart node. In addition, there are 130 new double-decker regional train sets that are being equipped „ex works“, vehicles of the network maintenance as well as of other railway undertakings.

Tab. 1: Übersicht über die 333 Triebzüge aus vier Baureihen, die für den DKS bis 2025 nachgerüstet werden

Tab. 1: Overview of the 333 trainsets from four series that all will be retrofitted for the DKS by 2025 *Quelle/ Source: [2]*

	Typ	Anzahl	Hersteller	Inbetriebsetzung	Konfiguration	Eigentümer	Betreiber	Zugbeeinflussung
	Baureihe 423	60	Bombardier / Alstom	1999 – 2005	4-teilig	DB Regio	DB Regio	PZB
	Baureihe 430	97	Bombardier	2011 – 2016	4-teilig	DB Regio	DB Regio	PZB
		58 (2. Serie)	Bombardier	ab 2022				
	Flirt 3	13	Stadler	seit 2018	3-teilig	SFBW	Go-Ahead	PZB
		9		seit 2018	4-teilig			PZB, LZB
		19		seit 2018	5-teilig			PZB
		14		seit 2018	6-teilig			PZB, LZB
		11		seit 2019	„XL“, 3-teilig			PZB
	Talent 3	26	Bombardier	seit 2019 (Vorserie ab 2017)	3-teilig	SFBW	SWEG	PZB
		26			5-teilig			PZB

	Type	Number	Manufacturer	Commissioning	Configuration	Owner	Operator	Train protection
	Class 423	60	Bombardier / Alstom	1999 – 2005	4-part	DB Regio	DB Regio	PZB
	Class 430	97	Bombardier	2011 – 2016	4-part	DB Regio	DB Regio	PZB
		58 (2nd series)	Bombardier	from 2022				
	Flirt 3	13	Stadler	since 2018	3-part	SFBW	Go-Ahead	PZB
		9		since 2018	4-part			PZB, LZB
		19		since 2018	5-part			PZB
		14		since 2018	6-part			PZB, LZB
		11		since 2019	„XL“, 3-part			PZB
	Talent 3	26	Bombardier	since 2019 (pilot since 2017)	3-part	SFBW	SWEG	PZB
		26			5-part			PZB

Fahrzeuge der Netz-Instandhaltung sowie weiterer Eisenbahnverkehrsunternehmen.

2 Konzept der Innovationskooperation

Vor diesem Hintergrund entwickelten die DB und das Land Baden-Württemberg 2020 eine Innovationskooperation (IK), die in die Vergabeverfahren aufgenommen und im Juli 2021 an Alstom vergeben wurde. Der Auftragnehmer, die Auftraggeber (DB Regio und Landesanstalt Schienenfahrzeuge Baden-Württemberg (SFBW)), unterstützt von den Digitalisierungsexperten der DB, spezifizieren und konzipieren dabei gemeinsam Lösungen, die zum Zeitpunkt der Ausschreibung noch nicht abschließend ausdetailliert werden konnten. Auch in der Infrastruktur des DKS arbeiten Auftraggeber, Auftragnehmer und weitere Partner im Rahmen einer IK in ähnlicher Weise zusammen [4].

Im Rahmen der Fahrzeug-IK wurden die vier (in Kapitel 3 beschriebenen) Themenfelder FRMCS-Upgradefähigkeit, TCR, TIM sowie standardisierte Schnittstellen (OCORA) bearbeitet. Für alle diese wurden die CENELEC-Phasen 1 bis 5 durchlaufen. Aufbauend auf vorhandenen Grundlagen wurden zunächst Arbeitsinhalte definiert, auf dieser Grundlage Lastenheftanforderungen entwickelt und durch Alstom Pflichtenhefte erarbeitet, die schließlich durch die Auftraggeber einem Review unterzogen und freigegeben wurden. Arbeit und Ergebnisse der IK wurden dabei so generisch wie möglich gehalten, um sie auch in Folgeprojekten nutzen zu können. Bei der nachträglichen Integration in vorhandene Fahrzeuge stößt dies gleichwohl an Grenzen, da manche Anforderungen an die vorgefundenen Gegebenheiten angepasst werden müssen.

Um dem räumlich über zahlreiche Standorte verteilten Team, dem vorgesehenen Zeitrahmen von einem halben Jahr und den pandemiebedingt zunächst nicht möglichen Präsenzterminen Rechnung zu tragen, wurde ein agiler, an scrum [5] angelehnter, Ansatz gewählt (Bild 2): Unter einem übergeordneten Projektleiter wurde für jedes Themenfeld ein Product Owner (als technischer Verantwortlicher) und ein Team (zur fachlichen und inhaltlichen Bearbeitung) aufgestellt. Den Usern oblag es, Erfahrungen einzubringen und die Ergebnisse zu bewerten. Ein Scrum Master achtete auf die Einhaltung der Prozesse. Um in der Kooperation einen intensiven Austausch auf Augenhöhe zu fördern, sind Auftrag-

2 Concept of innovative cooperation

With that in mind, DB and the state of Baden-Württemberg developed an innovative cooperation (IC) in 2020, which was included in the procurement procedures and awarded to Alstom in July 2021. The contractor, the clients (DB Regio and Landesanstalt Schienenfahrzeuge Baden-Württemberg [SFBW]), supported by DB's digitisation experts, are jointly specifying and designing solutions that could not yet be finally detailed at the time of the tender. In the infrastructure of the DKS, the client, contractor, and other partners are also working together in a similar way within the framework of an IC [4].

In the context of IC, the four topics (described in Chapter 3), i.e., FRMCS upgradeability, TCR, TIM as well as standardised interfaces (OCORA), were worked on. For all of these, the CENELEC phases 1 to 5 were run through. Based on the state-of-the-art, work content was initially defined and requirement specifications were developed on this basis, from which Alstom in turn developed requirements specifications, which were finally subjected to a review by the clients and released. The work and results of the IC were kept as generic as possible so that they could also be used in subsequent projects. However, this has its limits when it comes to subsequent integration into existing vehicles, as some requirements must be adapted to the existing conditions.

An agile approach based on scrum [5] was chosen to take the challenging circumstances into account: the team was spread over numerous locations, the planned half-a-year time frame and the fact that it was initially not possible to have face-to-face meetings due to the pandemic (fig. 2). Under a superordinating project manager, a product owner (as the technical person responsible) and a team (to work on the technical and content-related aspects) were set up for each topic area. Users were responsible for contributing experience and evaluating the results. A Scrum Master ensured that the processes were adhered to. To promote an intensive exchange at eye level in the cooperation, the contractor and the client had equal rights. The roles of product owner and project manager were filled equally by contractor and client. The project work was structured into epics, stories and tasks and recorded in the project backlog.

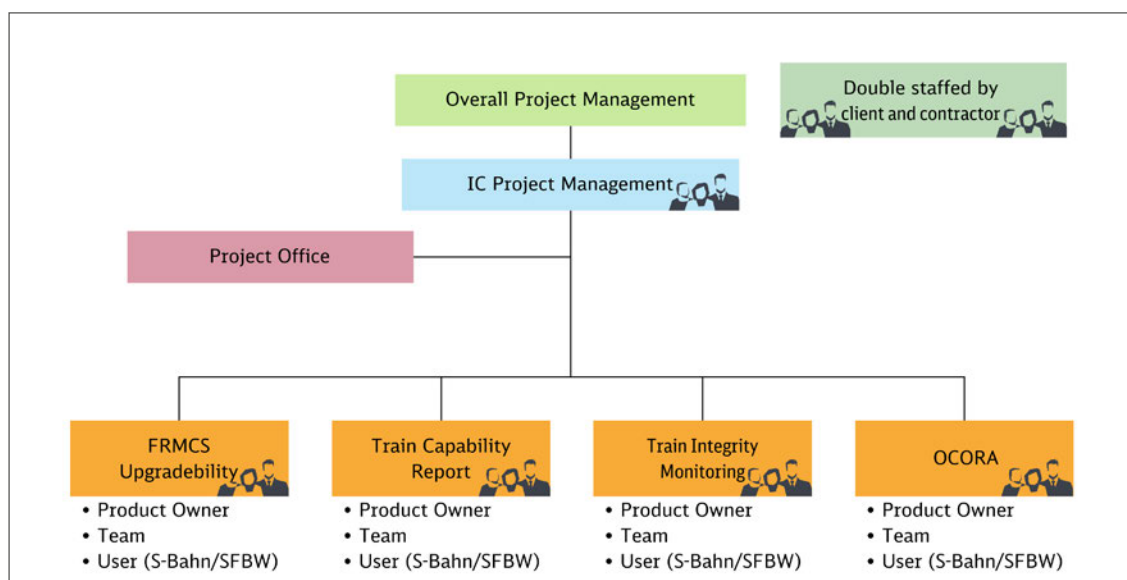


Bild 2: Organigramm der IK

Fig. 2: IC's organisation chart

nehmer und Auftraggeber gleichberechtigt. Die Rollen Product Owner und Projektleiter waren paritätisch besetzt. Die Projektarbeit wurde in Epics, Stories und Tasks gegliedert und im Projekt-Backlog aufgenommen.

Die inhaltliche Projektarbeit wurde in zweiwöchentliche Sprints gegliedert, flankiert von größeren Planungs- und Abnehmerunden (Planning, Review). Als Werkzeuge wurden Confluence (Wiki), Jira (Ticketsystem) und MS-Teams genutzt.

Der Hauptunterschied zum klassischen Vorgehen ist die enge Einbindung der User, also der Fahrzeugbetreiber als letztendlichen Nutzer der Arbeitsergebnisse. Deren Erfordernisse konnten so durchgehend adressiert und berücksichtigt werden.

3 Innovationsgegenstände

Nach der beschriebenen Methodik wurden vier Themenfelder bearbeitet. Die inhaltlichen Ergebnisse sollen im Folgenden gezeigt werden.

3.1 FRMCS-Upgradefähigkeit

Der zukünftige Bahnbetriebsfunk FRMCS ist ein wesentlicher Bestandteil der DSD [6]. Im Rahmen des Zwei-Stufen-Konzepts der Fahrzeugnachsrüstung wird FRMCS, wie in [7] beschrieben, in einem ersten Schritt zunächst so weit möglich vorbereitet. Dazu wird die Ausrüstung/Architektur „in einem Guss“ geplant und

The workload was divided into bi-weekly sprints, flanked by larger planning and acceptance rounds (planning, review). Confluence (Wiki), Jira (ticket system) and MS-Teams were used as tools.

The main difference from the classic approach is the close involvement of the vehicle owners (users) – who will ultimately utilise the results of this work. Their requirements could thus be addressed and considered throughout the whole process.

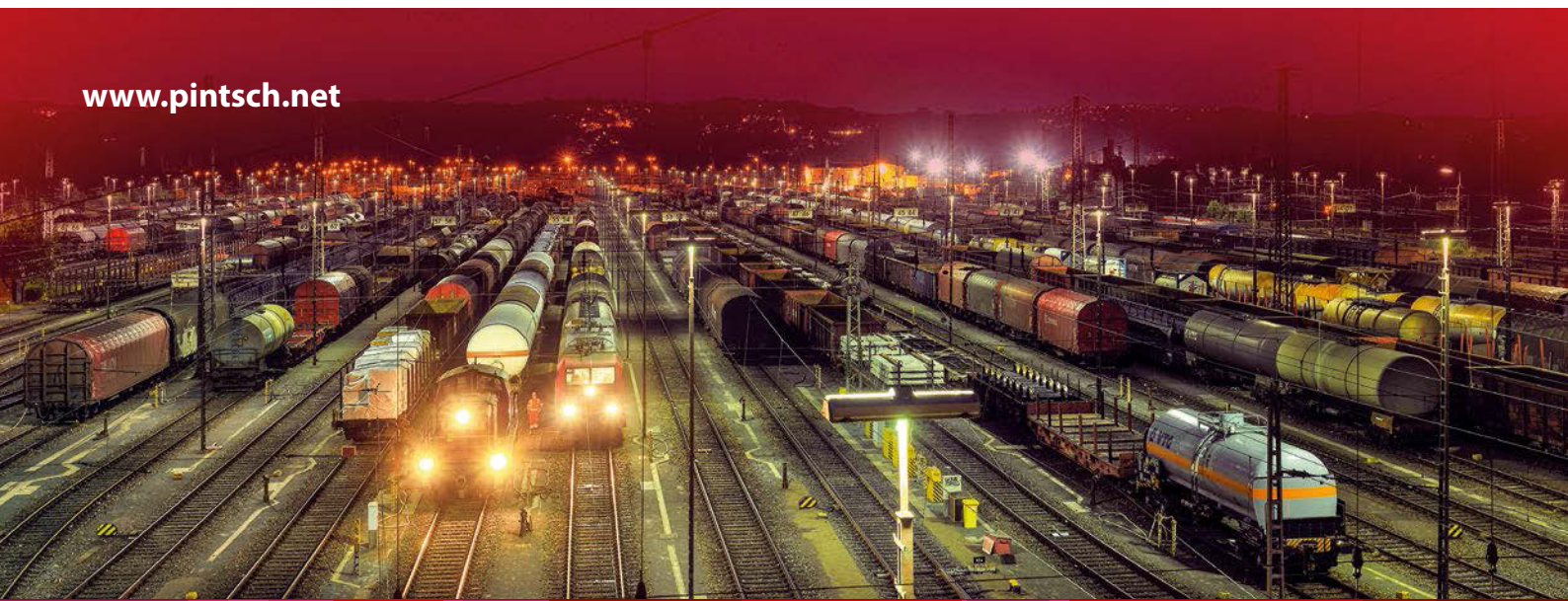
3 Innovation topics

According to the methodology described above, four innovation topics were worked on. The outcomes will be shown in the following.

3.1 FRMCS-upgradeability

FRMCS is an essential component of DSD [6]. As part of the two-step concept of vehicle retrofitting, FRMCS is as far as possible initially prepared in a first step, as described in [7]. To this end, the equipment/ architecture is planned “in one go” and the necessary hardware, e.g., modems, antennas (fig. 3) and cables, is installed as completely as possible, but not yet put into operation for the time being. This ensures that the vehicles can initially run with ETCS (via GSM-R) and use ATO (via public mobile radio) from 2025 according to the current specification

www.pintsch.net



System solutions for rail infrastructure

- | | |
|--|-------------|
| ● Level Crossing Technology | PINPROTEGIO |
| ● Axle Counting Technology | PINCLIRIO |
| ● Interlocking and Shunting Technology | PINMOVIO |
| ● Point Machine | PINMOVIO |
| ● Signals | PINLUXON |
| ● Haulage Technology | PINPOSITON |
| ● Point Heating Systems | PINCALIO |
| ● Diagnostics | PINDIAGON |



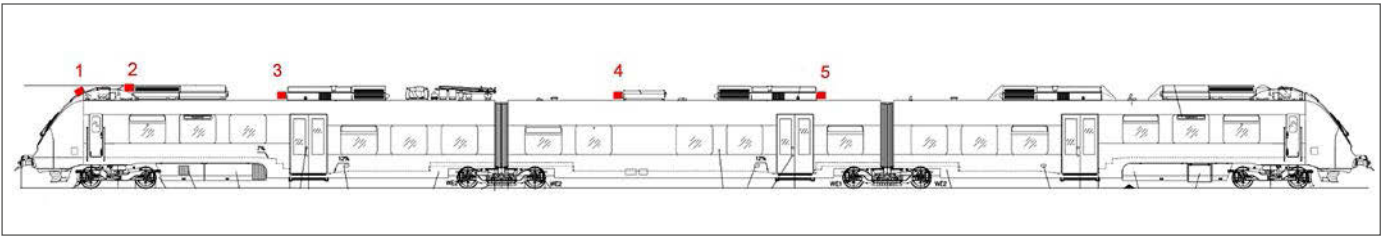


Bild 3: Anordnung der Antennen (für GSM-R, FRMCS und öffentlichen Mobilfunk) am Beispiel eines dreiteiligen Talent-Triebzugs
Fig. 3: Arrangement of antennas (for GSM-R, FRMCS and public mobile radio) using the example of a three-vehicle Talent train set

die notwendige Hardware, z. B. Modems, Antennen (Bild 3) und Kabel, möglichst vollständig installiert, zunächst jedoch noch nicht in Betrieb gesetzt. So wird sichergestellt, dass die Fahrzeuge nach der aktuellen Spezifikation (Baseline 3 Release 2) ab 2025 zunächst mit ETCS (über GSM-R) fahren und ATO (über öffentlichen Mobilfunk) nutzen können, während gleichzeitig die weitere Standardisierung und die Klärung weiterer Rahmenbedingungen zu FRMCS noch abgewartet werden kann. In der zweiten Stufe, in den Jahren ab 2025, wird FRMCS in Betrieb gesetzt. Die notwendigen Arbeiten umfassen dann lediglich die Integration eines FRMCS-Gateways sowie ein Softwareupdate. Damit sind nur wenige Tage für Umbau und Zulassung in Stufe zwei erforderlich. Ausgehend von drei Lastenheftanforderungen aus der Ausschreibung von 2020 wurden im Rahmen der IK verschiedene betriebliche Szenarien betrachtet (Tab. 2) und eine dem Rechnung tragende Architektur entwickelt.

3.2 Zugvollständigkeitsüberwachung (TIM)

In ETCS L3 kann die Gleisfreimeldung durch das Fahrzeug an Stelle streckenseitiger Komponenten realisiert werden. Das Fahren in sehr kurzen diskreten Blöcken oder im absoluten Bremswegabstand (Moving Block) kann die Fahrwegkapazität vielfach steigern [8]. Eine Voraussetzung dafür ist die Überwachung der Zugvollständigkeit durch ein fahrzeugseitiges System (TIM) sowie eine sichere Ermittlung der Zuglänge beim Start of Mission. Im Rahmen dieses Teils der IK war ein System zu konzipieren, das ohne Mitwirkung des Triebfahrzeugführers funktioniert, die Zuglänge SIL-4-sicher sowie die Integrität SIL-2-sicher ermittelt sowie eine ungewollte Zugtrennung in unter 3,5 Sekunden erkennt und übermittelt. Auf dieser Grundlage wurden in einem ersten Schritt vier relevante Betriebsszenarien identifiziert: Neben Kuppeln, Entkuppeln und der Integritätsüberwachung während der Fahrt stand die Initialisierung beim Aufrüsten im Fokus. Besonders abgerüstete Consists [9], also betrieblich nicht trennbare Fahrzeuggruppen wie z. B. feste Einheiten von Triebzügen, stellen hier eine Herausforderung dar. Diese müssen beim Kuppeln durch andere Ein-

(Baseline 3 Release 2), while at the same time the further standardisation and clarification of further framework conditions for FRMCS can still be awaited. In the second stage, in 2025 and beyond, FRMCS will be put into operation. The necessary work will then only include the integration of an FRMCS gateway and a software update. This means that only a few days are required for conversion and approval in stage two. Based on three requirement specifications from the 2020 tender, various operational scenarios were considered in the context of the IC (tab. 2) and an architecture was developed to take this into account.

3.2 Train integrity monitoring (TIM)

In ETCS Level 3, track vacancy detection can be implemented by the vehicle itself instead of trackside components. Driving in very short discrete blocks or in absolute braking distance (moving block) can significantly increase the track capacity [8]. A prerequisite for this is the monitoring function of the train integrity by an on-board system (TIM) as well as a safe determination of the train length at mission start. Within the framework of this part of the IC, a system was to be conceptualized, that works without the involvement of the driver and determines the train length complying to SIL-4 level and the integrity function to SIL-2 level, which also detects and transmits an unintentional train separation within 3.5 seconds and transmits it. On this basis, four relevant operating scenarios were identified in a first step: in addition to coupling, uncoupling and TIM monitoring during the journey, the focus was on initialisation during set-up. Here, in particular, operationally inseparable vehicle groups (consists) [9], which were coupled to shut down consists, must be reliably detected. The concepts already developed in Shift2Rail [10, 11] and experience from an Alstom project in Italy [12] form an essential basis for the architecture to be defined. Alstom will implement the functions directly as a software application on the SIL-4-safe European Vital Computer (EVC); separate hardware is therefore not required. In all four

Szenario	ETCS-Kommunikationstechnologie	ATO-Kommunikationstechnologie
1 (Basis)	GSM-R über GSM-R-Antennen und in EVC integrierten Modems	4G/5G (öffentlich) über 4G/5G SISO-Antenne und 4G/5G-Modem
2 (opt.)	FRMCS (5G) über FRMCS-MIMO-Antennen und 5G-Modem/Netbox	4G/5G (öffentlich) über 4G/5G-SISO-Antenne und 4G/5G-Modem
3 (opt.)	GSM-R über GSM-R Antennen und in EVC integrierten Modems	FRMCS (5G) über FRMCS-MIMO-Antennen und 5G-Modem/Netbox
4 (Zielzustand)	FRMCS (5G) über FRMCS-MIMO-Antennen und 5G-Modem/Netbox	FRMCS (5G) über FRMCS-MIMO-Antennen und 5G-Modem/Netbox

Tab. 2: Betriebliche Szenarien im Kontext von FRMCS
Tab. 2: Operational scenarios in the context of FRMCS

Scenario	ETCS communication technology	ATO communication technology
1 (basis)	GSM-R via GSM-R antennas and modems integrated in the EVC	4G/5G (public) via 4G/5G SISO antenna and 4G/5G modem
2 (opt.)	FRMCS (5G) via FRMCS MIMO antennas and 5G modem / netbox	4G/5G (public) via 4G/5G SISO antenna and 4G/5G modem
3 (opt.)	GSM-R via GSM-R antennas and modems integrated in the EVC integrated modems	FRMCS (5G) via FRMCS MIMO antennas and 5G modem / netbox
4 (goal)	FRMCS (5G) via FRMCS MIMO antennas and 5G modem / netbox	FRMCS (5G) via FRMCS MIMO antennas and 5G modem / netbox

Quelle / Source: IC results

heiten sicher erkannt werden. Eine wesentliche Grundlage für die zu definierende Architektur stellen die bereits in Shift2Rail entwickelten Konzepte [10, 11] sowie Erfahrungen aus einem Projekt Alstoms in Italien dar [12]. Die Funktionen werden von Alstom direkt als Softwareapplikation auf dem SIL-4-sicheren European Vital Computer (EVC) umgesetzt; gesonderte Rechner-technik ist somit nicht erforderlich. Bei allen vier Fahrzeugtypen des Projekts sind die Wagen eines Consists über Jakobsdrehgestelle verbunden. Aus diesem Grund kann eine unerkannte Zugtrennung innerhalb des Consists ausgeschlossen werden, sodass eine technische Integritätsüberwachung hier nicht erforderlich ist. Eine Trennung zwischen gekuppelten Consists muss hingegen erkannt werden. Hierzu wird die Kommunikation der EVC, auf denen die OTI-Applikation (Onboard Train Integrity) sicher ausgeführt wird, über das Train Communication Network (TCN) genutzt. Die OTI-Applikation im Consist mit dem aufgerüsteten Führerraum sendet als „Master“ eine Initialisierungsanfrage an die anderen EVC im Zugverband, die darauf mit ihrer jeweiligen Länge antworten. Anschließend tauschen die OTI-Applikationen des ersten und letzten Consists zyklisch Signale aus und bestätigen somit die Zugvollständigkeit.

Diese Lösung wurde an den betrieblichen Notwendigkeiten gespiegelt und entsprechend ausdetailliert. Die technischen Abläufe, die während dieser Betriebs-szenarien ablaufen, wurden mithilfe der SysML-Methodik beschrieben (Bild 4).

Die auf dieser Grundlage durchgeführte Fehlerbaumanalyse der angedachten technischen Lösung zeigte zwei kritische Szenarien für die Zuglängenermittlung auf:

vehicle types of the project, the vehicles of a consist are coupled via Jacobs-type bogies. For this reason, undetected train separation within the consist can be ruled out, therefore technical integrity monitoring is not required here. A separation between coupled consists, on the other hand, must be detected. For this purpose, a communication between the EVCs on which the OTI application (onboard train integrity) is safely executed is used via the train communication network (TCN). The OTI application in the consist with the active driver's cab sends a "master" initialisation request to the other EVCs in the train composition, which respond with their respective length. Subsequently, the OTI applications of the first and last consists cyclically exchange signals and thus confirm train completeness.

This solution was challenged to the operational necessities and detailed accordingly. The technical processes that take place during these operational scenarios were described using the SysML methodology (fig. 4).

The fault tree analysis of the envisaged technical solution carried out on this basis revealed two critical scenarios for train length determination:

- Failure to detect a non coupled Consist at the end of the train (ghost tail): for this, the mechanical condition of the Scharfenberg coupler must be monitored by two independent, antivalent position switches. On class 423 vehicles, a second switch must be retrofitted, the other train types fulfil this requirement.
- An undetected consist in the middle of the train (ghost trunk): an antivalent, alternating signal on two control lines,

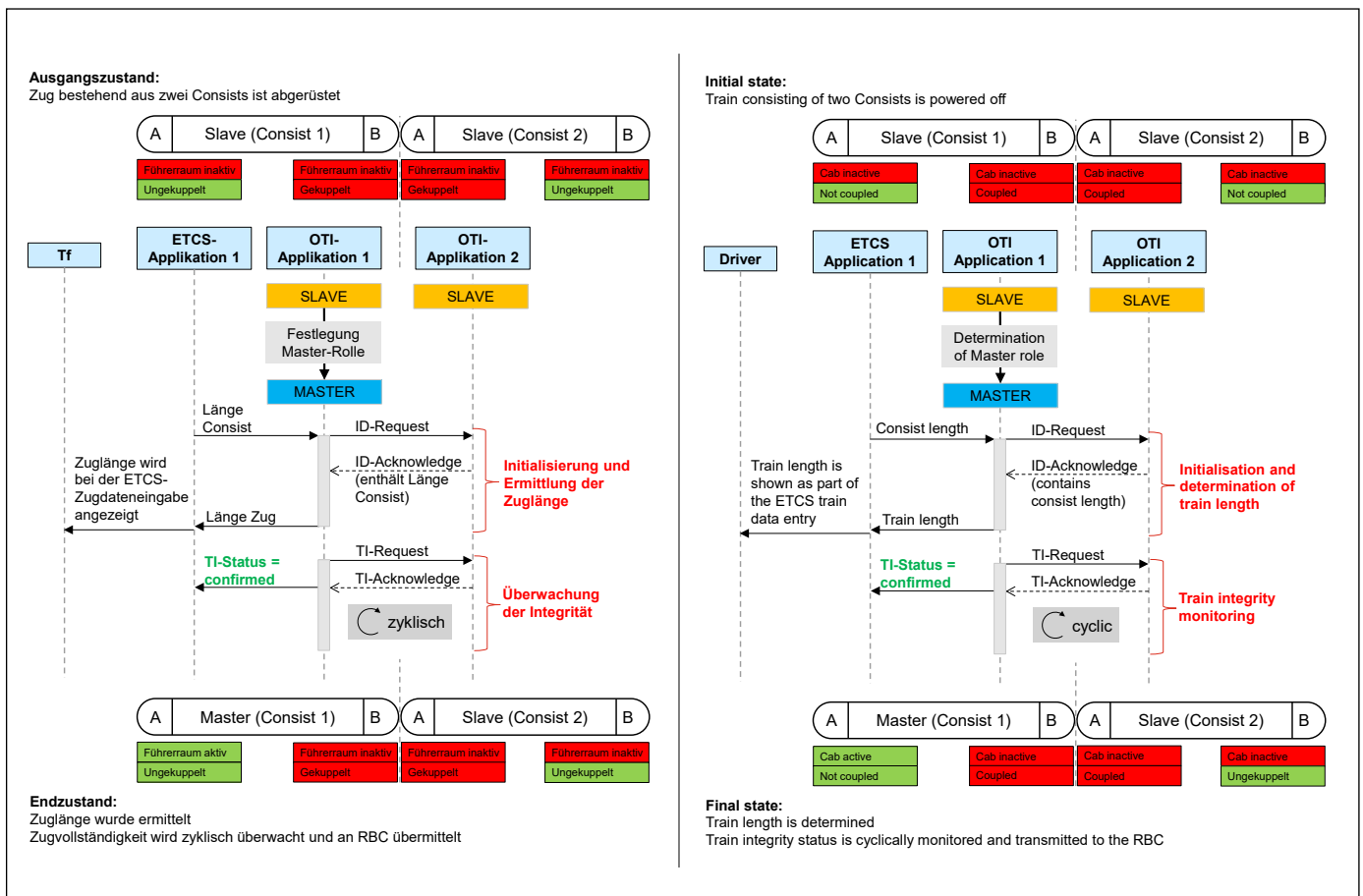


Bild 4: Betriebsszenario "Initialisierung und Ermittlung der Zuglänge" bei einem Zug, der aus zwei gekuppelten Consists besteht

Fig. 4: Operating scenario "Initialisation and determination of train length" for a train comprising two coupled consists

- Das Nicht-Erkennen eines nicht angekuppelten Consists am Ende des Zuges (Ghost Tail): Hierzu muss der mechanische Zustand der Scharfenberg-Kupplung durch zwei unabhängige, antivalente Positionsschalter überwacht werden. Bei der Baureihe 423 muss ein zweiter Schalter nachgerüstet werden, die übrigen Baureihen erfüllen diese Anforderung.
- Ein unerkannter Consist in der Mitte des Zuges (Ghost Trunk): Durch ein antivalentes, alternierendes Signal auf zwei nachzurüstenden Steuerleitungen zwischen den EVC wird eine Detektion mit ausreichender Zuverlässigkeit gewährleistet.

Die aus Gründen der Streckenkapazität geforderte maximale Offenbarungszeit zur Erkennung und Übermittlung einer Zugtrennung von unter 3,5 Sekunden erwies sich als besondere Herausforderung: In ETCS L3 übermittelt das Fahrzeug, als Teil des Position Reports, den TIM-Status als „unknown“, „confirmed“ oder „lost“ mit Zeitstempel und Ortsinformation an das Radio Block Centre (RBC) [13]. Maßgebend für die sicherheitsrelevante Gleisfreimeldung ist „confirmed“. Der TI-Status wird dabei durch einen TI-Request des führenden EVC und des darauffolgenden TI-Acknowledge (TI-Ack) der letzten Einheit ermittelt (Bild 4). Für den Position Report maßgebend sind Zeit und Ort des TI-Request. Folglich führt eine kürzere Signallaufzeit zu einer geringen Diskrepanz zwischen übermittelter und tatsächlicher Position des Zugendes und somit mehr Streckenkapazität im L3-Betrieb. Eine möglichst kurze Signallaufzeit ist ferner geboten, damit ein einzelner ausbleibender TI-Ack nicht unmittelbar zum Übergang in den Zustand „lost“ und daraus folgenden Sicherheitsreaktionen führt. Im Verlauf der IK hat sich gezeigt, dass für eine ausreichend kurze Signallaufzeit ein ausreichend performantes TCN (beispielsweise Ethernet) im Fahrzeug vorhanden sein muss. Bei Fahrzeugen, bei denen ein anderer Datenbus vorhanden ist, ist entweder eine Zugsteuerleitung zwischen den EVC, deren Unterbrechung zu einer unmittelbaren „lost“-Erkennung führt, oder ein dediziertes Ethernet-Netzwerk nachzurüsten.

3.3 Train Capability Report (TCR)

Aktuelle Fahrzeugzustandsdaten (TCR) sind u.a. eine wesentliche Grundlage für das im Rahmen der DSD geplante Kapazitäts- und Verkehrsmanagementsystem CTMS, um die Netzauslastung

which must be retrofitted, connecting the EVCs ensures detection with sufficient reliability.

To ensure a high track capacity, a maximum disclosure time for the detection and transmission of a train separation of less than 3.5 seconds is required. This proved to be a particular challenge: in ETCS L3, the vehicle transmits the TIM status as “unknown”, “confirmed” or “lost” together with a time stamp and location information to the Radio Block centre (RBC) as part of the position report [13]. Safety-relevant for track clearance is the message “confirmed”. The TI-status is determined by a TI-request from the leading EVC and the subsequent TI-acknowledge (TI ack) from the last unit (fig. 4). The time and respective location at which the TI request was confirmed with regards to the position report are crucial for the performance of the system. Consequently, a shorter signal propagation time leads to a smaller discrepancy between the transmitted and actual position of the train end and thus to more track capacity in L3 operation. In addition, it is important that the signal runtime is as short as possible so that a single missing TI ack does not immediately lead to a transition to the “lost” state and the resulting safety reactions. One finding of the IC is that for a sufficiently short signal propagation time, a sufficiently performant TCN (for example Ethernet) must be available in the vehicle. For vehicles equipped with slower data bus systems, either a train control line between the EVCs, whose interruption leads to an immediate “lost” detection, or a dedicated ethernet network must be retrofitted.

3.3 Train capability report (TCR)

Information on the current condition of the vehicle (TCR) is an essential basis for using the infrastructure more efficiently. They enable, for example, the Capacity and Traffic Management System (CTMS, planned within the framework of the DSD) to continuously optimise infrastructure usage. Within the framework of the IC, the vehicle characteristics to be transmitted were worked out based on the requirements for the future control of railway operations (tab. 3) and corresponding data packages were defined in an interface specification. The ATO on-board unit (ATO-OB) transmits data provided by on-board subsystems such as the ETCS on-board unit (ETCS-

Zugkonfiguration	Anzahl, Reihung und Orientierung der Fahrzeuge und betrieblich nicht trennbaren Consists, Anzahl und Reihung der Fahrzeuge jeweils pro Consist, europäische Fahrzeugnummer (EVN) der Consists / Fahrzeuge
ETCS-Zugdaten	Länge, Höchstgeschwindigkeit, internationale Zugkategorie, Zugkategorie bezüglich Achslast und Überhöhungsfehlbetrag, nominale rotierende Masse des Zuges, Bremsstellung, angewendetes Bremsmodell, Bremshundertstel
Status Spezialbremsen	regenerative Bremse, Magnetschienenbremse, Wirbelstrombremse, elektropneumatische Bremsen, (sonstige) reibwertunabhängige Bremsen
Maximales Beschleunigungs- und Bremsvermögen	verfügbare Zugkraft, Traktionsleistung, verfügbare dynamische Bremskraft und -leistung, Betriebsbremskraft, dynamische Bremsleistung, verfügbare Betriebsbremskraft
Beladung bzw. Passagierauslastung	Masse (einschließlich Beladung) sowie Besetzungsgrad, jeweils je Zug, Consist und Fahrzeug
Türen und Fahrgastwechsel	• Status jeweils pro Tür • Fahrgastwechselzeit gesamt und jeweils pro Tür • Zeit zwischen Stillstand und Freigabe bzw. Öffnen der Türen
Weitere Informationen	Außentemperatur, Stromabnehmerstatus, maximal zulässige Stromaufnahme jeweils pro Consist, verfügbarer Reibwert

Train configuration	Number, sequence, and orientation of vehicles and operationally inseparable consists, number and sequence of vehicles per consist, European vehicle number (EVN) of consists / vehicles
ETCS train data	Length, maximum speed, international train category, train category with regard to axle load and cant deficiency, nominal rotating mass of the train, brake position, applied brake model, brake percentage
Special brake status	Regenerative brake, magnetic shoe brake, eddy-current brake, electro-pneumatic brake, (additional) adhesion-independent brakes
Maximum acceleration and braking capacity	Available tractive force, tractive output power, available dynamic brake force and power, service brake force
Load / passenger load	Mass (including load) as well as occupancy rate, each per train, consist and vehicle
Doors and passenger exchange	Status per door, total and per door passenger exchange time, time between standstill and release or opening of the doors
Additional information	Outside temperature, pantograph status, maximum allowed current per consist, available adhesion coefficient

Tab. 3: Überblick über die im Rahmen des TCR bereitgestellten Informationen
Tab. 3: Overview of the information provided in the TCR

Quelle / Source: IC results

zu optimieren. Im Rahmen der IK wurden auf Grundlage der Anforderungen zur zukünftigen Steuerung des Eisenbahnbetriebs die zu übertragende Fahrzeugeigenschaften ausgearbeitet (Tab. 3) und in einer Schnittstellenspezifikation entsprechende Datenpakete definiert.

Das ATO-Fahrzeuggerät (ATO-OB) überträgt Daten, die von fahrzeugseitigen Subsystemen wie dem ETCS-Bordgerät (ETCS-OBU) oder der Fahrzeugsteuerung (TCMS) bereitgestellt werden, über die für den ATO-Betrieb ohnehin vorhandene Schnittstelle zur ATO-Streckenzentrale (ATO-TS). Dabei wird die Schnittstellenspezifikation Subset-126 [14] um zusätzliche Datenpakete für die TCR-Verbindung erweitert. Die Daten werden von der ATO-TS über eine Datendrehscheibe an weitere streckenseitige Systeme verteilt (Bild 5).

Nach dem Aufbau der ATO-Verbindung fragt die ATO-TS dabei eine TCR-Verbindung an. TCR-fähige Fahrzeuge senden daraufhin ein erstes TCR-Datenpaket. Weitere TCR-Pakete werden anschließend entweder aufgrund definierter, fahrzeugseitiger Bedingungen (z. B. Abfahrt nach einem Halt) oder auf Anfrage der Infrastruktur ausgelöst. Mit ATO ausgerüstete, jedoch nicht TCR-fähige Fahrzeuge verwerfen hingegen bereits die initiale Anfrage der TCR-Verbindung.

Die Definition des TCR-Datenpakets ermöglicht eine Variation der übertragenen Daten ohne Anpassung der Schnittstellendefinition, sodass baureihenspezifisch auch nur eine Teilmenge der Fahrzeugeigenschaften übertragen werden kann. Ferner wurde ein Versionsmanagement integriert, um zukünftige Änderungen

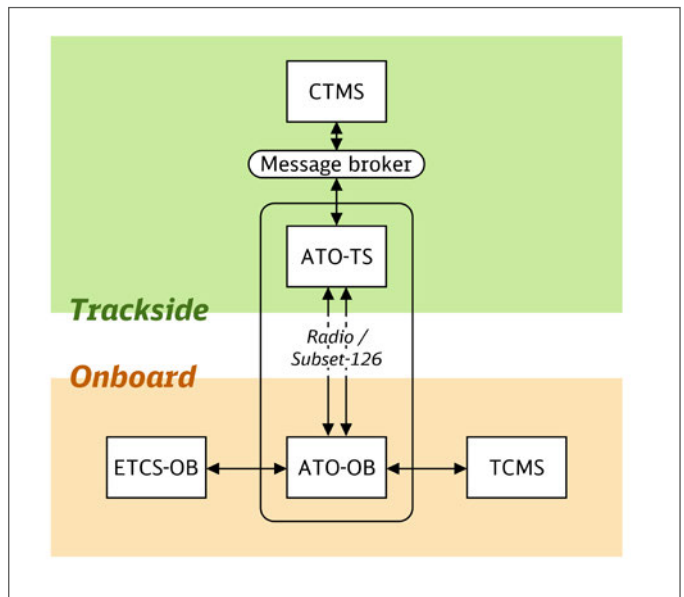


Bild 5: TCR im Kontext der Architektur (Ausschnitt)

Fig. 5: Context of TCR in architecture (excerpt)

OBU) or the train control management system (TCMS) via the interface to the ATO-trackside (ATO-TS), which is available for ATO operation anyway. In doing so, the interface spec-

READY FOR FRMCS

funkwerk

THE FUTURE OF COMMUNICATION BY RAIL

Future-proof your railway operations with us

We have a fixed eye on the future train radio standard FRMCS and are actively involved in its development.

- » supplement our modular MESA® product family with powerful 5G radio modules
- » we secure your investment with multi-mode train radios "Made in Germany"
- » contact us now!

+49 3635 458-0 | info@funkwerk.com

Funkwerk Systems GmbH | funkwerk.com

oder Erweiterungen zu ermöglichen. Die im Rahmen der IK entstandene TCR-Schnittstellenfunktion ist eine Erweiterung der in Subset-126 definierten Schnittstelle. Auf dieser Grundlage wurden die baureihenspezifischen Umsetzungen in den Pflichtenheften beschrieben. Zudem ist dies die Basis zur Umsetzung des TCR in weiteren Projekten.

3.4 OCORA

Im Rahmen von OCORA arbeiten NS, ÖBB, SBB, SNCF, NS und DB gemeinsam daran, eine europäisch standardisierte, modulare und erweiterbare Fahrzeugarchitektur zu schaffen [15]. Im DKS-Retrofit-Projekt werden die beiden Schnittstellen zwischen der Fahrzeugsteuerung und der ETCS-OB [16] bzw. der ATO-OB [17] umgesetzt. Damit sollen spätere Änderungen, etwa der herstellerunabhängige Ersatz oder die Erweiterung des ATO-Moduls, erleichtert werden.

Innerhalb der IK wurden die beiden zugrunde liegenden Subsets anhand der vier Fahrzeugtypen generisch weiterentwickelt, dabei wo möglich vereinfacht und Lücken geschlossen. Hierzu wurde in Workshops zunächst ein gemeinsames Verständnis zu den Signalen der Schnittstelle erarbeitet und daraus eine Systematik zur Auswahl sinnvoller Standardkonfigurationen und der Testverfahren festgelegt. Da der Rahmen durch die Subsets vorgegeben war, ging es um eine Erfassung von Detailfragen und eine Systematisierung der Funktionsauswahl. Die Ergebnisse fließen nun in die generische Schnittstellendefinition von OCORA ebenso wie in die Pflichtenhefte im Projekt ein.

4 Fazit und Ausblick

In gerade einmal einem halben Jahr enger Zusammenarbeit ist es gelungen, die Weichen für einige wegweisende Themen für die Digitalisierung der Eisenbahn zu stellen. Von der insgesamt sehr kollegialen und sachorientierten Zusammenarbeit – über alle Organisations-, Landes- und Sprachgrenzen hinweg – profitierten dabei Auftraggeber und -nehmer gleichermaßen: Im direkten, offenen wie auch intensiven Austausch wurde nicht nur ein tragfähiges Fundament für die Ausrüstung der 333 Triebzüge für den DKS geschaffen, sondern auch eines, das in weiteren Projekten im Rahmen des weiteren Roll-outs verwendet werden kann. Zunächst werden die Ergebnisse sowohl in den neuen Doppelstockfahrzeugen als auch in den Fahrzeugen der ETCS-Ersatzfahrzeugflotte Stufe 2 des Landes Baden-Württemberg Anwendung finden, genauso wie in allen zukünftigen Fahrzeugbeschaffungen des Landes.

Im Lichte von Pandemie und Zeitdruck hat sich der agile und weitgehend virtuelle Projektaufsatz der IK dabei als robust erwiesen. Auch wenn ein persönlicher Austausch nicht vollständig ersetzt werden konnte, hat die rein virtuelle Zusammenarbeit das Team zusammengeschweißt. Der organisatorische Aufwand dafür war gleichwohl erheblich – gerade um anfangs einen für alle Beteiligten vorteilhaften Arbeitsmodus zu finden und dabei die begehrten Experten von beiden Seiten zügig zusammenzubringen. Dieser Aufwand sollte nicht unterschätzt, sondern bereits in der Konzeption und Planung einer IK realistisch berücksichtigt werden. Der Umfang der Beteiligung bzw. der Ressourceneinsatz sollte vertraglich so präzise wie möglich festgelegt werden.

Die gesteckten Ziele der Innovationskooperation wurden am Ende erreicht. Ihre Ergebnisse fließen bereits in den seit März 2022 laufenden Prototyp-Umbau erster Triebzüge ein, der bei den meisten Fahrzeugtypen Ende 2023 abgeschlossen werden soll. Gerade einmal zwei Jahre nach Beginn der IK werden diese

ifikation Subset-126 [14] is extended by the definition of additional data packets for the TCR connection. The data is distributed from the ATO-TS to other trackside systems via a data hub (fig. 5).

After the ATO connection has been established, the ATO-TS requests a TCR connection. In response, TCR-capable vehicles send a first TCR data packet. Further TCR packets are then triggered either based on defined conditions on the vehicle side (e.g. departure after a stop) or upon request by the infrastructure. Vehicles equipped with ATO which are not TCR-capable, on the other hand, already reject the initial request for the TCR connection.

The definition of the TCR data package enables an adaption of the transmitted data without changes in the interface definition. By this, a subset of the vehicle properties can be transmitted, depending on the train series. Furthermore, version management was integrated to enable future changes or extensions. The TCR interface function created in the scope of the IC is an extension of the interface defined in Subset-126. On this basis, the train-series-specific implementations were described in the project-specific specifications. In addition, this is the basis for implementing the TCR in further projects.

3.4 OCORA

Within the framework of OCORA, NS, ÖBB, SBB, SNCF, NS and DB are working together to create a standardised European modular and expandable vehicle architecture [15]. In the DKS retrofit project, the two interfaces between the vehicle control and the ETCS-OB [16] or the ATO-OB [17] are implemented. This is to facilitate later modifications, such as the manufacturer-independent replacement or extension of the ATO module.

In the scope of the IC, the two underlying subsets were further generically developed based on the four train types considered in this IC. Simplifications were made where possible and gaps have been closed. For this purpose, a common understanding of the signals of the interface was first developed in workshops, and from this a system for the selection of reasonable standard configurations and the test procedures was determined. Since the framework was provided by the subsets, we focused on recording detailed questions and systematising the selection of functions. The results will now be incorporated into the generic interface definition of OCORA as well as into the project requirement specifications.

4 Conclusion and prospects

In just six months of close cooperation, we have succeeded in setting the course for some ground-breaking topics for the digitisation of the railway. Contractor and clients benefited from the very collegial and objective cooperation – despite all organisational, national and linguistic boundaries: in the direct, open, as well as intensive exchange, not only was a sustainable foundation for the equipment of the 333 train sets for the DKS created, but also one that can be used in further projects as part of the further rollout. To begin with, the results will be applied in the new double-decker vehicles as well as in the vehicles of the ETCS replacement vehicle fleet stage 2 of the state of Baden-Württemberg, just as they will be in all future vehicle procurements of the state.

Considering the pandemic situation and time pressure, the agile and largely virtual project approach has proven to be robust in this regard. Even if a face-to-face exchange could not be com-

Züge ab 2024 für den Versuchs- und Vorlaufbetrieb mit ETCS sowie Tests und Versuche mit weiteren Techniken eingesetzt. 2025 wird der Kern des Knotens mit ETCS in Betrieb gehen, die weiteren Techniken darauf sukzessive folgen. ■

pletely replaced, the purely virtual collaboration lead to a very strong team spirit. The required organisational effort was nevertheless considerable – especially to find a working mode that was advantageous for all participants at the beginning and to bring together the sought-after experts from both sides quickly. This effort should not be underestimated but must be realistically considered in the conception and planning of an IC. The extent of participation or resources input should be contractually defined as precisely as possible.

All goals set for the innovation cooperation were in the end achieved on time. Its results are already being incorporated into the prototype conversion of the first trainsets, which started in March 2022 and is scheduled to be completed for most vehicle types by the end of 2023. Just two years after the start of the IC, these trains will be used from 2024 for trial and preliminary operation with ETCS as well as tests and trials with other technologies. In 2025, the core of the DKS will go into operation with ETCS, with the other technologies following successively. ■

AUTOREN | AUTHORS

Dipl.-Ing. (FH) Christian Flöter

Senior Expert Automatic Train Operation

Deutsche Bahn AG

Anschrift / Address: Richelstraße 5, D-80634 München

E-Mail: christian.floeter@deutschebahn.com

Fabian Raichle, M. Sc.

ETCS, ATO & FRMCS Expert

DB Regio AG

S-Bahn Stuttgart

Anschrift / Address: Eisenbahnstraße 42, D-73207 Plochingen

E-Mail: fabian.raichle@deutschebahn.com

Dipl.-Ing. Thomas Höhne

Senior Expert Automatic Train Operation

DB Netz AG

Anschrift / Address: Stresemannstraße 123, D-10963 Berlin

E-Mail: thomas.th.hoehne@deutschebahn.com

Johannes Köstlbacher, M. Sc.

Signalling System Engineer

Alstom Transport Deutschland GmbH

Anschrift / Address: Joachimsthaler Straße 12, D-10719 Berlin

E-Mail: johannes.koestlbacher@alstomgroup.com

Nilesh Sane, B. Eng.

Project Engineering Manager

Alstom Transport Deutschland GmbH

Anschrift / Address: Joachimsthaler Straße 12, D-10719 Berlin

E-Mail: nilesh.sane@alstomgroup.com

Dipl.-Ing. (FH) Michael Sauer

ETCS/ATO Expert

DB Regio AG, S-Bahn Stuttgart

Anschrift / Address: Eisenbahnstraße 42, D-73207 Plochingen

E-Mail: michael.m.sauer@deutschebahn.com

Dr.-Ing. Joachim Schlichting

Lead Vehicles DBS@DKS

DB Netz AG

Anschrift / Address: Stresemannstraße 123, D-10963 Berlin

E-Mail: joachim.schlichting@deutschebahn.com

Philipp Wagner, M. Sc.

Expert „Digital Rail“ Project Group

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

Anschrift / Address: Dorotheenstr. 8, D-70173 Stuttgart

E-Mail: philipp.wagner@vm.bwl.de

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Bitzer, F.; Blateau, V.; Lammerskitten, C.; Lück, B.; Neuhäuser, R.; Vogel, T.; Wurmthaler, J.: Quo vadis Digitale Leit- und Sicherungstechnik? DER EISENBAHNINGENIEUR, 11/2021, <https://bit.ly/3Hv72X6>
- [2] Dietrich, F.; Meyer, M.; Neuhäuser, R.; Rohr, F.; Vogel, T.; Wenkel, N.: Fahrzeugnachrüstung für den Digitalen Knoten Stuttgart, DER EISENBAHNINGENIEUR, 9/2021, <https://bit.ly/3tFQWUB>
- [3] Dietrich, F.; Erdmann, J.; Jost, M.; Raichle, F.; Sane, N.; Vogel, T.; Wagner, P.: Nachrüstung von 333 Triebzügen für den Digitalen Knoten Stuttgart, ZEVrail, 5/2022
- [4] Barth, P.; Marc Behrens, M.; Kümmling, M.; Mehnert, S.; Nenke, T.; Pieper, W.; Retzmann, M.; Trinckauf, J.: Innovationskooperation zur LST-Infrastruktur im Digitalen Knoten Stuttgart, SIGNAL+DRAHT, 7+8/2022, <https://bit.ly/3PR8NRF>
- [5] ScrumAlliance: The State of Scrum: Benchmarks and Guidelines, 6/2013 <https://bit.ly/3Kmw4tL>
- [6] Marsch, P.; Fritzsche, R.; Holfeld, B.; Kuo, F.-C.: 5G für das digitalisierte Bahnsystem der Zukunft – ein Ausblick auf FRMCS, SIGNAL+DRAHT, 3/2022, <https://bit.ly/3Q9agEA>
- [7] Gonzalez, J.; Cotellet, P.; Chevalier, D.; Hausmann, F.: FRMCS – wichtiger Wegbereiter für die Digitalisierung der Schiene, SIGNAL+DRAHT, 3/2022
- [8] Büker, T.; Hennig, E.; Schotten, S.: Kapazitätsberechnung im Moving Block – die Tücke im Detail, Eisenbahntechnische Rundschau, 7/2020, <https://bit.ly/3mJ6CDP>
- [9] Consist nach IEC 61375-1:2012: Einzelnes Fahrzeug oder Gruppe von Fahrzeugen, welche im Bahnbetrieb nicht getrennt werden [...]
- [10] X2R2-WP4-D-ANS-049-02_-_D4.1_Train_Integrity_Concept_and_Functional_Requirement_Specification_V5.0
- [11] X2R2-WP4-D-ANS-050-05_-_D4.2_Functional_architecture_&_Interfaces_specifications_&_Candidate_technologies_selection_V3.0
- [12] Baglivo, S.; Blateau, V.; Senesi, F.: Innovative ETCS-Funktionen für stark beanspruchte Bahnknoten, DER EISENBAHNINGENIEUR, 6/2020
- [13] Gemäß SUBSET 026 und CR 940 zur ETCS-Spezifikation
- [14] ATO over ETCS ATO-OB/ATO-TS FFFIS Application Layer (Subset-126; Version 0.1.0), <https://projects.shift2rail.org/download.aspx?id=21195ac1-ce18-41e0-8b19-baa9c9f8a163>
- [15] Mühlemann, R.: OCORA – Die europäische Initiative zur ETCS-Fahrzeugausrüstung der Zukunft, SIGNAL+DRAHT, 9/2020
- [16] gemäß SUBSET 119 der kommenden TSI ZZS 2022
- [17] gemäß SUBSET 139 der kommenden TSI ZZS 2022

Moderne Achszählplattform UniAC[2] – Signaltechniklösungen auf neuestem Niveau

Modern axle counting platform UniAC[2] – bringing signalling solutions to a new level

Krzysztof Michalak | René Berger

Die Anforderungen für die Entwicklung von neuartigen und zukunftsfähigen Signaltechniksystemen haben sich im Laufe der vergangenen Jahre stark verändert. Einerseits wird versucht, Komplexität größtmöglich zu verringern, während auf der anderen Seite das Bedürfnis nach erweiterter Funktionalität stetig steigt. Dies führt dazu, dass häufig die erweiterten Funktionalitäten nachträglich hinzugefügt werden, wodurch oftmals Kompromisse in anderen Aufgabenbereichen der Systeme eingegangen werden müssen. Basierend auf Erkenntnissen aus anderen Industriezweigen sowie den gesammelten Erfahrungen in der Entwicklung von Signaltechniksystemen war für voestalpine von Anfang an klar, dass nur die Neuentwicklung einer modularen Achszählplattform die Anforderungen an moderne Sicherungssysteme erfüllen kann.

In der Vergangenheit fokussierten sich Entwicklungen stark auf die Hardware, so sind es aktuell neue Anforderungen, welche die Wichtigkeit der Software von signaltechnisch sicheren Systemen in den Vordergrund stellen. Ein großer Vorteil dieses Ansatzes ist die Vereinfachung von Erweiterungen und benötigten kundenspezifischen Adaptionen. Bei der Entwicklung von signaltechnisch sicheren Systemen ist die größte Herausforderung, die Kombination von Flexibilität mit dem gewünschten Sicherheitslevel zu verbinden und sicherzustellen. Um die Zukunftsfähigkeit der UniAC[2]-Achszählplattform zu gewährleisten, hat voestalpine den folgenden Bereichen Priorität eingeräumt:

1. Höchste Systemzuverlässigkeit und -verfügbarkeit
2. Kostenoptimierte Wartung des Systems
3. Einfache und schnelle Integration mit Signaltechniksystemen
4. Vorbereitung für Cybersecurity-Herausforderungen.

1 Systemarchitektur

UniAC[2] wurde als generische Plattform (Anwendung) entwickelt, die diesen Ansatz vollumfänglich sowohl in Hardware, Software als auch der Systemparametrisierung (Konfiguration) entspricht. Hierdurch ist sichergestellt, dass eine möglichst große Anzahl von spezifischen Anwendungen auf einer geprüften und zuverlässigen Basis aufgebaut werden kann (Bild 1).

Unter Berücksichtigung bisheriger Signaltechnikprodukte schien dies im Bereich der Achszählung eine schwer bewältigbare Herausforderung zu sein. Aufbauend auf langjähriger Erfahrung, den technologischen Weiterentwicklungen und den gesammelten Erfahrungen im Bereich der Produktentwicklung und Produktsicherheit konnte voestalpine mit UniAC[2] die modernste und fortschrittlichste Achszählplattform am Markt entwickeln.

Building a new and future-oriented signalling system presents engineers and technicians with new challenges compared to the past. On the one hand, the goal is to simplify solutions as much as possible, while on the other hand trying to deliver enhanced functionality in the CENELEC SIL4 environment. One commonly used approach is retrofitting systems to achieve expected behaviour in certain environments, which can improve the fulfilment of a new requirement but never leads to a 100 % clean solution at the end. Considering experience from other industries and lessons-learned from previous developments, the only possible way for voestalpine has been the development of a new state-of-the-art axle counting system platform.

The past has been strongly focused on hardware, however, software is becoming a crucial and substantial part of the products,



Bild 1: Plug & Play Approach dargestellt mittels einer beispielhaften spezifischen Anwendung

Fig. 1: Plug & play of exemplary specific application



Bild 2: Innenanlage der UniAC[2]-Plattform

Fig. 2: Indoor equipment of the UniAC[2] platform

Die herausragende Leistungsfähigkeit der UniAC[2]-Plattform basiert auf zwei Säulen:

- Leistungsstarkes universelles Auswerte-/Zähl-/Integrationsmodul AXM
- interne und externe Kommunikation auf Basis von redundantem industriellem 100M-Ethernet.

Das AXM-Modul deckt mannigfaltige Aufgaben ab, die in der Vergangenheit auf verschiedene Module eines Achszählsystems verteilt waren. Diese Basis ermöglicht es, Vorteile für Integratoren und Betreiber zu schaffen, indem die Komplexität reduziert wird und die Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlichkeit erhöht werden.

Die Datenkommunikation im System ist als vollständig homogenes Netzwerk konzipiert, was in der Entwicklungsphase der Plattform eine Herausforderung darstellte, aber andererseits enorme Vorteile bei der Integration mit Stellwerksystemen bietet und die Cybersecurity-Fähigkeiten einfach ermöglicht.

Speziell die Thematik Cybersecurity erfährt im Zeitalter einer immer stärker vernetzten Welt enorme Wichtigkeit, insbesondere da lange Zeit im Bereich der Bahninfrastruktur durch geschlossene Netzwerke hierauf weniger Fokus gerichtet wurde. Regelmäßige Nachrichten über Cyberangriffe sowie aktuelle politische Geschehnisse zeigen jedoch die enorme Wichtigkeit und legen

giving the benefit of possible adaptations with reduced impact on the whole application. When dealing with railway signalling, the main challenge is to combine flexibility with achieving the required level of safety.

With the development of UniAC[2], the voestalpine team intended to consider the following areas – to support a future-ready product:

1. Highest system reliability and availability
2. Cost optimised system maintainability
3. Easy and fast integration
4. Readiness for cybersecurity challenges.

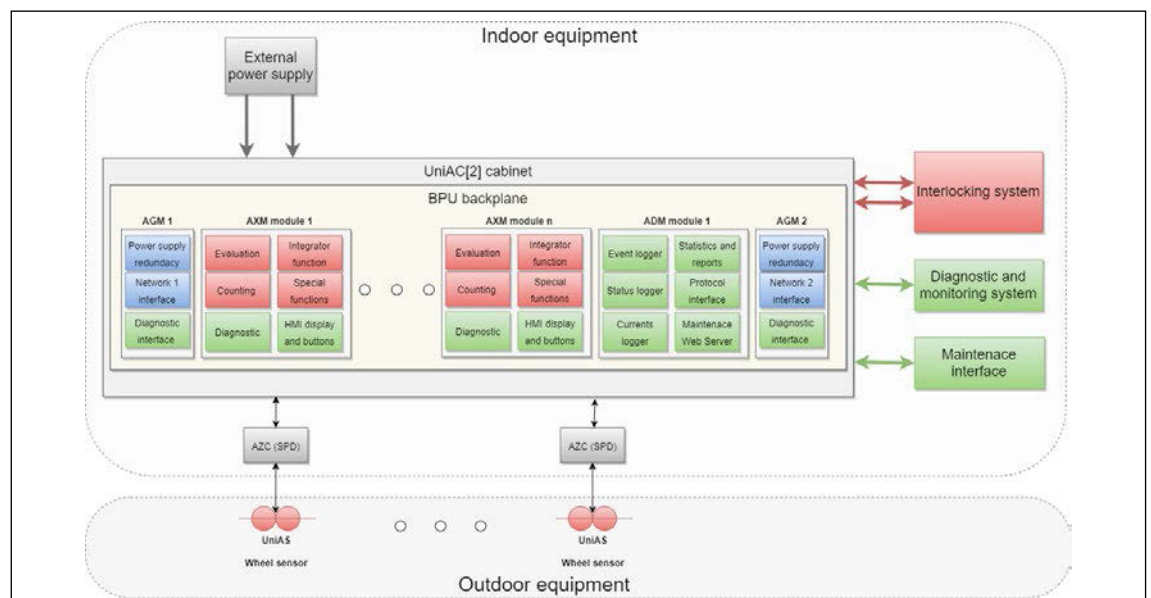
1 System architecture

UniAC[2] has been developed considering a platform approach (generic application) on all levels, reaching from hardware and software up to configuration of the specific application.

Although at first it may look like an unsolvable challenge, it has been possible through gathered experience and the fast development and availability of improved technologies in recent years, which have helped to make UniAC[2] the newest, most advanced and reliable axle counting system available on the market.

Bild 3: Systemarchitektur der UniAC[2]-Plattform
(rot = signaltechnisch sicher, grün = signaltechnisch nicht sicher)

Fig. 3: System architecture of UniAC[2]
(red = vital, green = non-vital)



auch eine stark zunehmende Bedeutung dieser Thematik in Zukunft nahe. Eine Trennung von sogenannten „safety-related“- (signaltechnisch sicheren) und „security-related“-Bereichen war daher eine logische Entwicklungsrichtung, um die oftmals im Gegensatz stehenden Anforderungen aus diesen beiden Bereichen bestmöglich abzudecken. Im „safety-related“-Bereich greift man auf die langjährige Erfahrung zurück und berücksichtigt den Wunsch nach möglichst wenig Adaptation über die Lebensdauer hinweg. Im „security-related“-Bereich dagegen wird die schnelle Reaktionsmöglichkeit im Falle von notwendigen Security-Patches gewährleistet, ohne hierbei in die Sicherheitsbetrachtung eingreifen zu müssen.

2 Hardware design

Das UniAC[2]-System basiert auf einer modularen Architektur, die verschiedene Implementierungsmöglichkeiten für das Achszählsystem ermöglicht. Es kann sowohl auf einer zentralen Struktur basieren (z.B. in einem zentralen Signalraum für den gesamten Bahnhof) als auch dezentral aufgebaut sein, wobei miteinander kommunizierende Schränke für jeden Kontrollbereich eingesetzt werden.

Der oben beschriebene modulare Ansatz stützt sich auf identisch strukturierte Module (AXM, AGM, BPU, UniAS[2]), die so konfiguriert werden können, dass sie spezifische Anwendungsanforderungen erfüllen und die Wartung sowie Handhabung während des gesamten Lebenszyklus vereinfacht werden.

Die Verwendung modernster Elektronikkomponenten, zusammen mit einem smarten Design der UniAC[2]-Systemmodule, ermöglicht die Erreichung herausragender MTBF (Mean Time Before Failure)-Werte – welche 1 000 000 Stunden überschreiten. Ergänzt wird dies durch die Möglichkeit von vollständig redundanten Anwendungen. Kritische Systembestandteile, welche für die Spannungsversorgung sowie die Kommunikation (AGM) zuständig sind, werden bereits standardmäßig redundant ausgeführt. Weitere Bestandteile wie die Universalmodule (AXM), verantwortlich für Auswertung, Zählung und Integration, oder die Radsensoren (UniAS[2]) können auf Kundenwunsch teilweise oder vollständig redundant konfiguriert werden.

Spezifische Anwendungen werden durch die Kombination mehrerer AXM-Universalmodule realisiert. Entsprechend der Anforderung, wird jedes Modul konfiguriert um die erforderlichen Funktionen (Auswertung, Zählung, Richtung, Geschwindigkeit usw.) zu übernehmen. Während der Entwicklung wurde bereits das Konzept der eingebetteten (embedded) Diagnose verwirklicht, um umfassende, aber wirtschaftlich gerechtfertigte Diagnose- und Monitoringlösungen vereinfacht implementieren zu können.

Da alle Aufgaben durch einen Modultyp übernommen werden, ist es möglich, die Komplexität enorm zu reduzieren. Dieser gewählte Ansatz generiert neuartige Vorteile im Bereich des Betriebs und der Wartung, insbesondere in Hinblick auf die Ersatzteilhaltung. Es ist ebenfalls nicht mehr nötig, das Modul im Falle eines Austauschs spezifisch zu konfigurieren oder DIP-Schalter entsprechend der benötigten Konfiguration zu setzen. Die gesamte Parametrisierung erfolgt in diesem Fall automatisch mit den für den Steckplatz benötigten Funktionen.

Die UniAC[2]-Plattform ist als zukunftsgerichtete Entwicklung besonders auf die einfache Integration in Stellwerke via Protokollschnittstellen optimiert. Jedes AXM-Universalmodul verfügt über drei leistungsstarke 32-bit Prozessoren, wobei zwei Prozessoren die signaltechnisch sicheren Funktionen des Systems übernehmen. Der dritte Prozessor ist für Kommunikation, Diagnose sowie

The outstanding performance of the UniAC[2] platform is founded on 2 pillars:

- Highly capable universal AXM evaluation/counting/integration modules
- Modern internal communication based on redundant industrial 100M ethernet

The AXM module covers various tasks that have been distributed over many modules in the past. Based on this approach, benefits for integrators and user have been created, reducing the complexity and increasing maintainability.

The data communication in the system was designed with complete homogeneous networks, which was a challenge during the development phase of the platform, but on the other hand provides huge advantages during integration with Interlocking systems and increases its cybersecurity capabilities.

Cybersecurity is a topic of increasing importance in our connected world. While in the past it was commented that there is limited risk due to closed networks, our current situation, which has an increasing number of cyber-attacks on all kinds of applications, shows that this topic has and will become more important in the world of railway signalling. Furthermore, the separation between security related and vital parts inside the system are crucial to tackle the opposite requirements for these areas. For the vital components, we aim to use our experience to prove that, with limited changes over their lifetime, however, security patches are expected within in a short period of time, not touching the safety assessment of the ACS.

2 Hardware design

The UniAC[2] system is based on modular architecture that enables various axle counting system implementation possibilities. It can be based on central architecture (e.g. in a central signalling room for the whole railway station), or decentralised with dedicated cabinets for each control area and the communication between them.

The above-described modular approach is based on a number of identical structured modules (AXM, AGM, BPU, UniAS[2]) that could be configured to fulfil specific application requirements and be easily handled and maintained throughout the whole life-cycle.

Thanks to the use of modern electronic components and smart design, all UniAC[2] modules have outstanding MTBF (Mean Time Before Failure) values – more than 1,000,000 hours. At the same time, the system is fully capable of redundant configurations. Critical system modules, which provide power supply and are responsible for communication (AGM), are redundant by design. Other system modules, like the main processing unit (AXM) or wheel sensors (UniAS[2]), are capable of being used in redundant configurations. Main system functions are performed by a combination of universal modules – AXM. This one type of the module, depending on configuration, can perform all required axle counting system functions. All the modules were designed to support the embedded diagnosis concept that creates an open door for building the advanced, but economically justified integrated monitoring solution.

Such an approach makes the UniAC[2] platform extremely well-optimised from the standpoint of operation and maintenance. One type of the module performs all functions and has advanced inbuilt monitoring and diagnostic capabilities. In case of any replacements, only one type of main module is needed as a spare

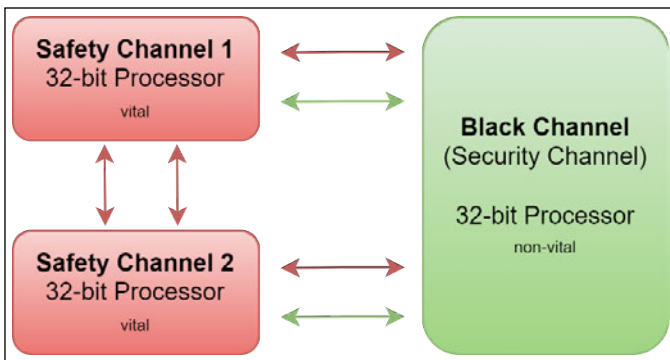


Bild 4: Hardwaredesign des AXM-Universalmoduls (rot = signaltechnisch sicher, grün = signaltechnisch nicht sicher)

Fig. 4: Hardware design of multipurpose module (AXM) (red = vital, green = non-vital)

für die Unterstützung von Cybersecurity-Aufgaben verantwortlich.

Dieser gewählte Ansatz ermöglicht, durch ausreichende Rechenleistung der Prozessoren, die Erweiterung der Kernfunktionen des Achszählsystems auf einer praxiserprobten Plattform. Änderungen im signaltechnisch sicheren Bereich, z.B. neue Sicherheitsfunktionen, können ohne weitere Auswirkungen auf den Kommunikations-, Diagnose- oder Cybersecurity-Bereich entwickelt werden.

Jedes AXM-Universalmodul ist ebenfalls mit einem Verschlüsselungschip ausgestattet, womit bereits im Hardwaredesign die notwendigen Grundlagen für die softwareseitige Integration von Cybersecurity geschaffen sind.

3 Softwaredesign

Das Softwaredesign ist modular aufgebaut und basiert auf zwei getrennten, aber eng miteinander kooperierenden Bestandteilen: Den signaltechnisch sicheren sowie den nicht-sicheren Softwarebausteinen. Dieses Softwaredesign unterstützt die Adressierung der zuvor beschriebenen Herausforderungen an moderne und zukunftsfähige Signaltechniksysteme.

Sowohl der signaltechnische sichere Softwareanteil, als auch der nicht-sichere Bereich ist wiederum mit verschiedenen Funktions-

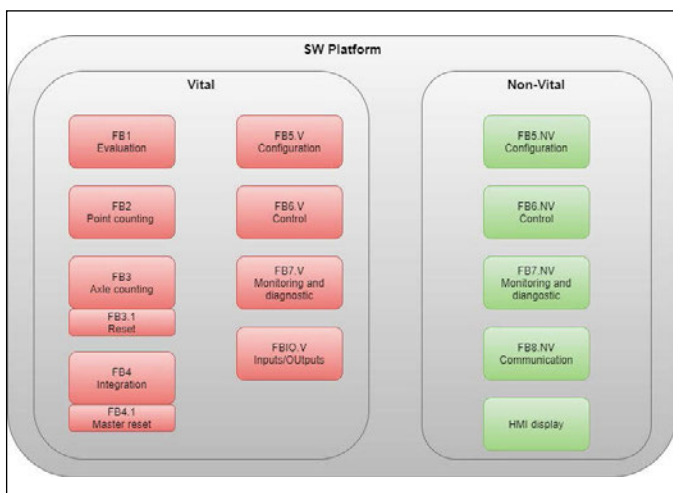


Bild 5: Funktionsblöcke der Softwareplattform (rot = signaltechnisch sicher, grün = signaltechnisch nicht sicher)

Fig. 5: Vital and non-vital software platform (red = vital, green = non-vital)

part – which does not require any further configuration or setting of DIP-switches.

The UniAC[2] system is designed to be ready for future needs, especially integration with different types of interlocking systems, via safe and secure communication protocols. Each module is equipped with three powerful 32-bits processors: two responsible for system vital functions (Safety Channel 1 and Safety Channel 2), and one responsible for communication, diagnostic and cybersecurity support (Black Channel).

This future-oriented design makes it possible to customise the product and meet new and demanding requirements from different customers and, at the same time, keep an unchanged platform design. Changes in the vital area, e.g., new vital functions, could be developed independently of changes in the communication, diagnostic or cybersecurity areas. Such an approach fulfils the requirements of having the newest product with advanced functionalities that also builds on a proven and reliable platform. Additionally, every module is equipped with encryption chips that support cybersecurity. In UniAC[2], cybersecurity is ensured by design starting from the hardware platform.

3 Software design

Imagine a specific software application as the final composition of various blocks taken from a so-called software platform. Each of these building blocks can be activated, deactivated, taken away

KAGO-Gleisanschlusskasten



Abtrennung der Rille mittels neuem Schneidbrenn-Verfahren



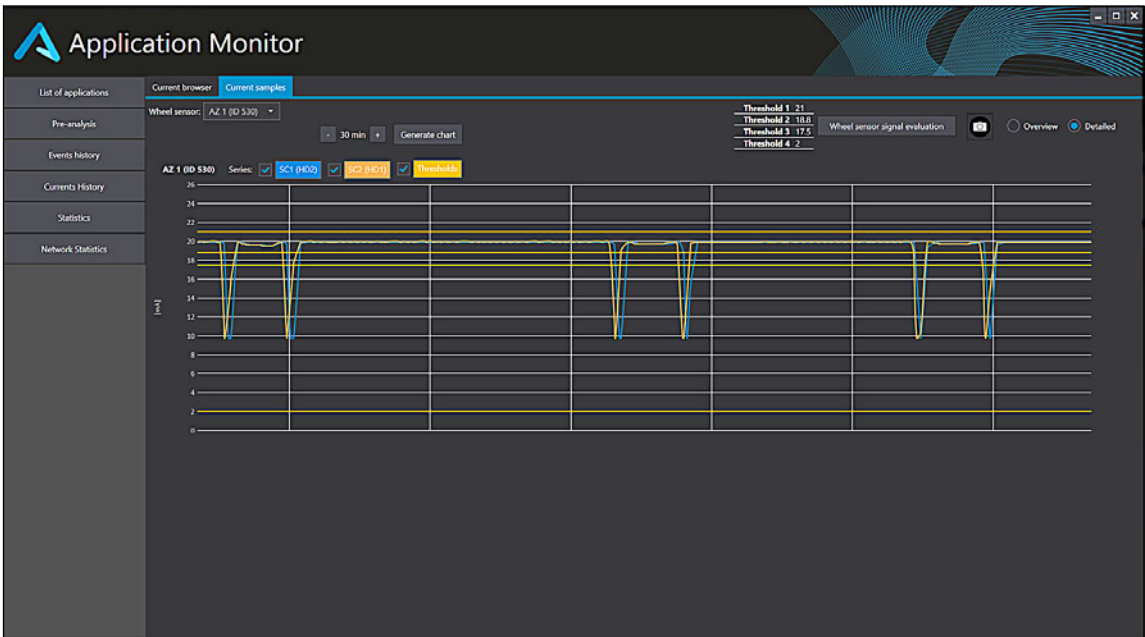
Einseitig oder beidseitig der Schiene erhältlich

KAGO AG – Schweiz
Eisenbahntechnik
info@kago.com

kaufmann
www.kago.com

metal – electric

Bild 6: Schienenfahrzeugkompatibilität: Oszilloskopmodus
Fig. 6: Rolling stock compatibility: oscilloscope mode



blöcken (FB) aufgebaut. Bei FB handelt es sich um kleinere funktionale Einheiten, die für bestimmte Systemfunktionen verantwortlich und in sich gekapselt sind. Dies schützt vor unerwünschten Beeinflussungen durch einen anderen FB.

Zur Realisierung einer spezifischen Anwendung können diese FB einfach aktiviert, deaktiviert, ausgetauscht oder adaptiert werden. Dies bildet die Basis zur einfachen Systemintegration und Anpassung an spezifische Kundenbedürfnisse.

Der Vorteil wird vor allem durch reduzierte Entwicklungs- und Testzeiten verdeutlicht, da Änderungen nur in den betroffenen FB notwendig sind. Im weiteren Verlauf ist es dadurch nur notwendig, die adaptierten Blöcke sowie deren Schnittstellen zu verifizieren und zu testen. Schlussendlich führt dies nicht nur zu einer geringeren Komplexität, sondern unterstützt ebenfalls die Sicherstellung einer hohen Softwarequalität.

Basierend auf dem gewählten Softwaredesign, sowie dem internen Kommunikationsansatz ist es z. B. einfach möglich, detaillierte Daten über alle Spurkränze zu sammeln, die sich im Pro-

or replaced with another, resulting in a modified software application. This is called a modular software approach and is part of the UniAC[2] platform.

UniAC[2] software has been designed in an innovative way to address described challenges of future-oriented signalling systems. It is divided into two main cooperating, but highly independent parts: vital software and non-vital software. Each of these parts is further split into so-called function blocks (FB). FB are the small parts responsible for a specific system function and are encapsulated. These blocks communicate with each other via defined interfaces but are fully protected against unwanted influence from another block.

Such smart design supports the process of system integration and adaptations for specific customer needs. The time required for development and testing is reduced because changes are done in specific dedicated FB. Only modified blocks and their interfaces have to be verified and tested. This reduces the complexity of all adaptations and supports high software quality.

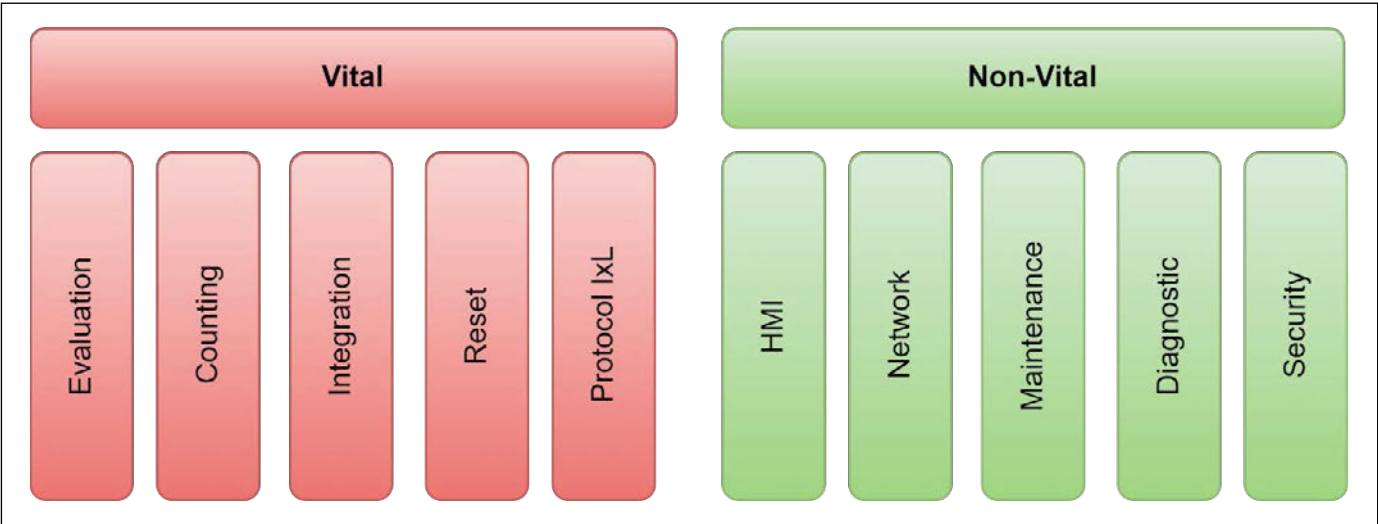


Bild 7: Struktur der Anwendungsparameter (rot = signaltechnisch sicher, grün = signaltechnisch nicht sicher)
Fig. 7: Application data structure (red = vital, green = non-vital)

duktlebenszyklus des UniAC[2] im Detektionsbereich befinden. Die analogen Radsensorsignale werden dabei in hoher Auflösung (Oszilloskopmodus) aufgezeichnet und im Speicher des Diagnosemoduls abgelegt. Diese Daten werden mithilfe fortschrittlicher Softwaretools ausgewertet, um die Kompatibilität verschiedener Fahrzeugtypen zu prüfen, insbesondere neuer Typen, die nach der Installation des Systems eingeführt werden. Diese Funktionalität ist direkt in das System integriert, sodass keine zusätzliche (externe) Ausrüstung erforderlich ist. Alle Messungen werden ohne Beeinträchtigung der physischen Verbindungen zum Radsensor durchgeführt, wodurch kein Einfluss auf den Betrieb des Systems entsteht.

4 Anwendungsdaten (Konfiguration des Systems)

Einhergehend mit dem Design von Hardware und Software ist auch die Konfiguration (Parametrisierung) des Systems modular aufgebaut.

Die Anwendungsdaten im UniAC[2]-System sind wie beim Softwaredesign in zwei Hauptgruppen unterteilt: signaltechnisch sichere (vital) und signaltechnisch nicht-sichere (non-vital) Bestandteile. Jede dieser Gruppen ist weiter in kleinere Blöcke unterteilt, die den FB im Softwaredesign entsprechen.

Die Blöcke enthalten detaillierte Angaben, die das Verhalten der einzelnen AXM-Module in einer spezifischen Anwendung („specific application“) definieren. Jeder Konfigurationsblock ist durch eine individuelle Prüfsumme geschützt. Diese garantiert die Integrität der Daten und unterstützt die vollständige Rückverfolgbarkeit im Falle von nachträglichen Änderungen. Im Falle einer Änderung sind Regressionstests schnell und einfach durchführbar, da nur ein sehr kleiner Teil der Systemfunktionen überprüft werden muss. Der Rest wird durch intelligentes Design und eingebaute Systemmechanismen sichergestellt, welche die Datenkonsistenz gewährleisten.

5 Anwendungen (Tools)

Die UniAC[2]-Plattform baut auf leistungsstarken Software-Tools (UniArchitect-Familie) auf, die den Benutzer in allen Phasen des Produktlebenszyklus unterstützen. Die Grundlage bietet hier eine Master-Design-Datei, die alle Parameter der spezifischen Anwendung beinhaltet.

Furthermore, the design of the system software and internal network enables recording detailed data about rolling stock characteristics throughout the whole lifecycle. Analogue signal curves from wheel sensors are recorded with high resolution (oscilloscope mode) and stored in the memory of the diagnostic module. This data, with the support of advanced software tools, is used to ensure compatibility with various types of rolling stock, especially new types that are introduced after system installation. It is inbuilt in the system, so no additional (external) equipment is needed. Measurements are made without interfering with the physical connections, which ensures that they do not have any influence on the system operation.

4 Application data (configuration of the system)

Since the entire platform is designed in an intelligent and modular way, system application data design is no different.

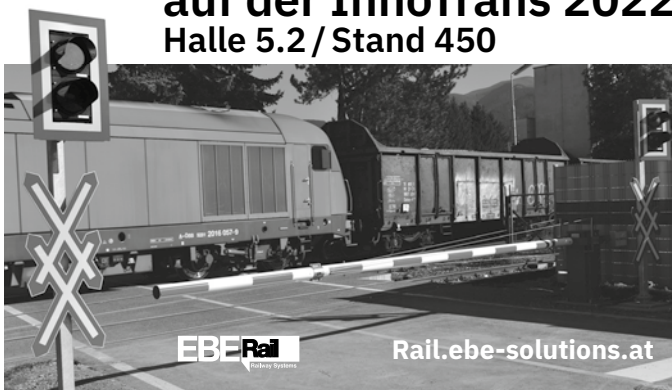
The design of application data in the UniAC[2] system are divided into two main groups: vital and non-vital. Each of these groups is further split into the smaller blocks corresponding to FB in the software design.

Each of the blocks contains detailed data, which specifies the behaviour of the separate AXM modules in an explicit application. Each block of configuration is protected by an individual security code. This code ensures the integrity of the data and supports full traceability of changes in the application data. In case of any change, regression tests are fast and simple, because only a very small part of the system functions has to be checked. The rest is ensured by intelligent design and inbuilt system mechanisms that ensure data consistency.

5 Tools

The UniAC platform[2] includes powerful software tools (UniArchitect family) that support the user in all phases of the product lifecycle. Based on a master design file, the system can be parameterised in an efficient way, automatically tested during FAT, checked during SAT and maintained during the operation period. Since there is only one checked and approved master file in these processes, all actions are optimised and automated.

**Besuchen Sie uns
auf der InnoTrans 2022
Halle 5.2 / Stand 450**



EBE SOLUTIONS
engineering
by expertise

Innovative Lösungen

im Bereich der Bahnübergangs- und Sicherungstechnik.

Modernste Technik

Maßgeschneiderte Lösungen für alle Bereiche.

Level Crossing Systeme zur Sicherung von Bahnübergängen

- Höchster Sicherheitsstand SIL 4
- Entwickelt nach EN50126, EN50128, EN50129
- Geringer Energieverbrauch, Energieautark dank Solarzellen
- Flexibles Systemkonzept, niedrige Investitionskosten

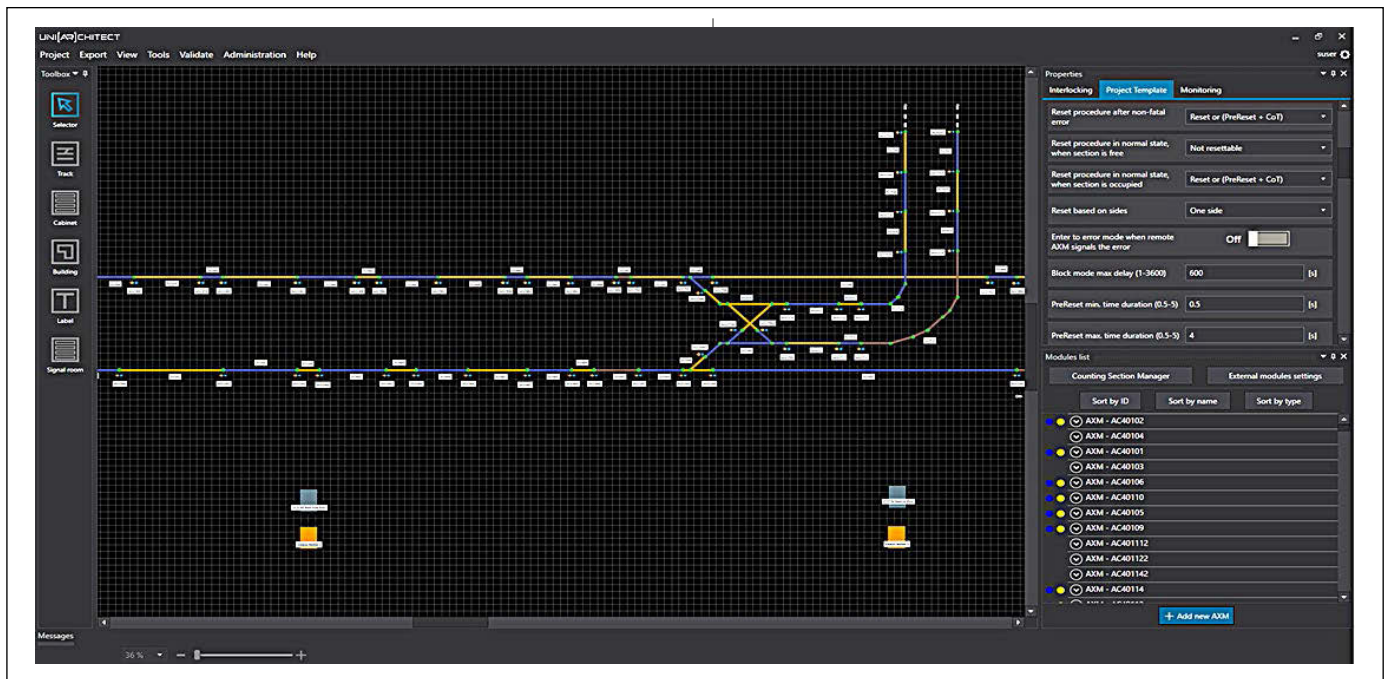


Bild 8: Tool zur Erstellung des Masterfiles (UniArchitect)

Fig. 8: GUI (Graphical User Interface) based (UniArchitect) tool for master file design

UniArchitect generiert die benötigte Master-Design-Datei und erlaubt die Parametrisierung des Systems auf effiziente Weise in allen Bereichen. Hierdurch kann das System während des FAT (Factory Acceptance Test) automatisch getestet, während des SAT (Site Acceptance Test) überprüft und während des Betriebs gewartet werden. Auch im Laufe der Lebenszeit vereinfacht und unterstützt dieser Ansatz die Wartung und den Betrieb.

6 Vorteile des Konzepts

Die UniAC[2]-Plattform wurde entwickelt, um den Anforderungen an moderne Leit- und Sicherungstechnik gerecht zu werden und sie in vielen Bereichen zu erfüllen. Durch den ganzheitlichen Ansatz des Systemdesigns erleichtert die UniAC[2]-Plattform die Aufgaben von Systemintegratoren, Betreibern und Wartungsteams in noch nie dagewesenem Umfang.

Die wichtigsten Vorteile der UniAC[2]-Plattform sind:

- Hervorragende Systemzuverlässigkeit und -verfügbarkeit dank des Hardwaredesigns, basierend auf neuesten Elektronikkomponenten und der in das System integrierten Redundanzen
- Kostenoptimierte Wartung mithilfe von verbesserten Monitoring- und Diagnosefunktionen
- Vereinfachung der Integration mit Stellwerksystemen durch zukunftsorientiertes Design von Hardware, Software und Konfiguration
- Berücksichtigung der Anforderungen an Cybersecurity im Hardware- und Softwaredesign
- Hervorragende Fahrzeugkompatibilität durch fortschrittliche Radsensoren und intelligente Auswertalgorithmen. ■

6 Benefits of this approach

The UniAC[2] platform has been designed to meet the requirements of modern rail traffic control systems. Thanks to the holistic approach to system design, the UniAC[2] platform has a lot of benefits for system integrators, operators and maintenance teams. The main benefits of the UniAC[2] platform are:

- Outstanding system reliability and availability due to modern and future-oriented hardware design and redundancy capabilities built into the system.
- Cost optimised system maintainability through advance monitoring and diagnostic features
- Integration capabilities due to the future-oriented design of hardware, software and configuration
- System cybersecurity included by the design of hardware, software and tools
- Excellent rolling stock compatibility enabled by an advanced wheel sensor and intelligent evaluation algorithms. ■

AUTOREN | AUTHORS

Krzysztof Michalak, MSc

Vice President – Product Management
Competence Unit – Axle Counting System
voestalpine Signaling Poland Sp. z o.o.
Anschrift / Address: Jana z Kolna 26C, PL-81-859 Sopot
E-Mail: krzysztof.michalak@voestalpine.com

René Berger, M. Sc.

Vice President – Customer Management
Competence Unit – Axle Counting System
voestalpine Signaling Austria GmbH
Anschrift / Address: Rotenturmstraße 5 – 9, A-1010 Wien
E-Mail: r.berger@voestalpine.com



SmartMetro

Produced by:



Railway Gazette
EVENTS

In partnership with
Hamburger Hochbahn



HOCHBAHN

November 14-16, 2022 /
Hamburg, Germany



Taking place in Hamburg and partnered with Hamburger Hochbahn, SmartMetro is a global meeting place for senior metro, tram and light rail technology experts.

Find out more about SmartMetro here



Fiber Optic Sensing for Railways – Ready to use?!

Fibre Optic Sensing for railways – Ready to use?!

Andy Lämmerhirt | Max Schubert | Bernd Drapp | Rene Zeilinger

Fiber Optic Sensing (faseroptische Sensorik, FOS) unterstützt die datengetriebenen Services durch kontinuierliche Informationsgenerierung entlang einer umfangreichen Infrastruktur wie kein anderer Sensor. Bereits praktisch realisierte Projekte unterstreichen die Reife des Produkts in einer Vielzahl von Anwendungsbereichen. Die Zeit ist reif für die geplante, langfristige Systemintegration, um rechtzeitig die Effekte für Kapazitätssteigerung und Effizienzgewinn im Betrieb nutzen zu können.

1 Das FOS-Prinzip

FOS nutzt eine Standard-Glasfaser, wie sie im Telekommunikationsbereich verwendet wird, als sensibles Element. Die grundlegende Architektur eines FOS-Systems besteht aus der Glasfaser, einem sogenannten optischen Interrogator – ein kompaktes System, das eine Laserlichtquelle, verschiedene optische Bauteile sowie eine optoelektronische Detektoreinheit umfasst – und der Schnittstelle zur anwendungsbezogenen Software.

Die Interrogatorbox erzeugt Laserpulse und koppelt sie in die Glasfaser ein. Entlang der Glasfaser unterliegen die Laserpulse aufgrund der Wechselwirkung mit der Glasmatrix verschiedenen Streuprozessen [2, 3, 4]. Ein Teil des Laserlichtes wird dabei wieder zurück in Richtung des Interrogators gestreut. Die Streuprozesse innerhalb der Glasfaser sind dabei von der Temperatur oder den Vibrationen der Glasfaser abhängig. Je nach Art der Auswertung reagiert die Glasfaser dementsprechend auf diese Temperaturänderungen oder Vibrationen. Wird neben der Intensität des rückgestreuten Lichtes auch die Laufzeit des Laserpulses ausgewertet, so lassen sich daraus die Intensität und der Ort des Streuprozesses präzise ermitteln (Bild 1). Der Laserpuls in der Glasfaser verwandelt somit, je nach Art der Auswertung, die Glasfaser in eine fortlaufende Kette von Thermometern oder Mikrofonen.

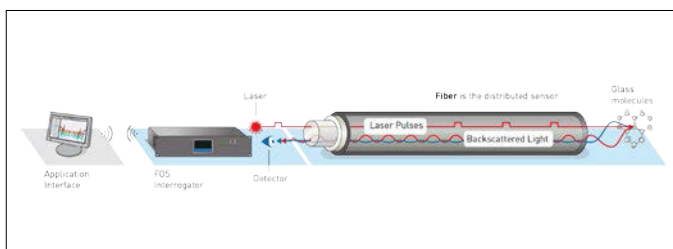


Bild 1: Schematischer Aufbau eines FOS-Systems mit Glasfaser als sensibles Element

Fig. 1: The schematic structure of a FOS system with glass fibre as the sensitive element

Fibre Optic Sensing (FOS) supports data-driven services by means of continuous information generation along an extensive infrastructure like no other sensor. The projects that have already been realised underline the maturity of the product in a wide range of application areas. The time is ripe for a planned, long-term system integration in order to enable the effects to be used for capacity increases and efficiency gains in rail operations.

1 The FOS principle

FOS uses a standard optical fibre as a sensitive element, in the same way it is used in telecommunications. The basic architecture of a FOS system consists of an optical fibre, a so-called optical interrogator (a compact system that includes a laser light source, various optical components and an optoelectronic detector unit) and the interface to the application-related software.

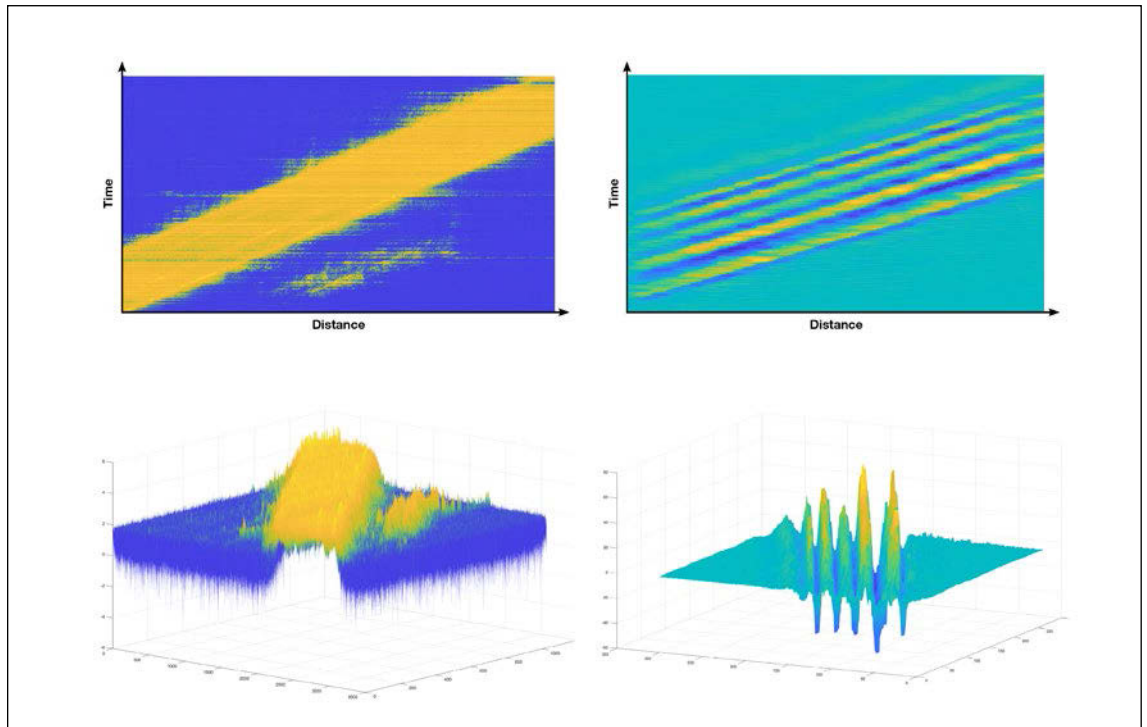
The interrogator box generates laser pulses and couples them in the glass fibre. The laser pulses are subjected to various scattering processes along the glass fibre due to their interaction with the glass matrix [2, 3, 4]. Part of the laser light is scattered back towards the interrogator. The scattering processes within the glass fibre depend on the glass fibre's temperature or its vibrations. The glass fibre reacts to either temperature changes or vibrations depending on the type of evaluation. If the propagation time of the laser pulse is evaluated in addition to the intensity of the backscattered light, this can be used to precisely determine the intensity and location of the scattering process (fig. 1). The laser pulse in the glass fibre therefore transforms the glass fibre into a continuous chain of either thermometers or microphones, depending on the type of evaluation. An 80 km glass fibre thus becomes a chain of over 8000 microphones connected in series. This means that any acoustic events along the fibre can be detected, localised and classified according to their frequencies and intensity patterns [5]. If the fibre optic cable runs along a railway track, the vibrations that occur when a train passes over the track propagate into the ground, reach the sensor cable and influence the backscatter behaviour there. FOS technology makes this change measurable and the train can be located on the track at any time and at any place and thus continuously tracked as it moves along the track.

1.1 The measuring principle used in FOS

One of the most important milestones for the application of FOS in the railway industry was the development of the measurement technology from a so-called qualitative to a quanti-

Bild 2: Quantitative Systeme mit Phasenmessung (rechts) vs. qualitative Systeme ohne Phasenmessung (links)

Fig. 2: Quantitative systems with phase measurement (right) vs. qualitative systems without phase measurement (left)



Eine Glasfaser von 80 km wird so zu einer Kette von über 8000 hintereinander geschalteten Mikrofonen. So können akustische Ereignisse entlang der Glasfaser detektiert, lokalisiert und anhand ihrer Frequenzen und Intensitätsmuster klassifiziert werden [5]. Verläuft das Glasfaserkabel entlang einer Bahnstrecke, pflanzen sich die Vibrationen, die bei der Überfahrt eines Zugs über das Gleis entstehen, ins Erdreich fort, erreichen das Sensorkabel und beeinflussen dort das Rückstreuverhalten. Mit der FOS-Technologie wird diese Veränderung messbar, und der Zug kann entlang der Strecke zu jedem Zeitpunkt und an jedem Ort lokalisiert und damit entlang der Strecke kontinuierlich verfolgt werden.

1.1 Messprinzip FOS

Einer der wichtigsten Meilensteine für die Anwendung von FOS in der Eisenbahnindustrie war die Weiterentwicklung der Messtechnik, von einer sogenannten qualitativen zur quantitativen Messung. Zu Beginn des Einsatzes dieser Technologie im Bahnbereich konnte man zwar eine Veränderung des rückgestreuten Signals detektieren, eine Messung der Amplitude war jedoch nicht möglich. Dies konnte durch eine Veränderung der Messmethode in Zusammenspiel mit einer leistungsstärkeren Hardware zur initialen Signalauswertung erreicht werden. Bild 2 macht den eklatanten Unterschied zwischen den beiden Methoden sichtbar. Es handelt sich hierbei um die Aufnahme desselben Zuges. In der linken Hälfte, der qualitativen Messmethode, sieht man im Waterfall-Diagramm (obere Zeile) zwar den Zug vorbeifahren (gelbes Band), aber ohne genauere Muster der Achsenpaare wie bei der quantitativen Methode (rechte Hälfte). Links strebt die Amplitude zu einem nicht interpretierbaren Wert, wobei rechts Vibrationsberge und -täler erkennbar sind.

Der Einsatz der neuen Messmethode in Kombination mit der verbesserten Signalauswertung und das damit verbesserte Signal-zu-Rausch-Verhältnis ermöglicht nun auch den Einsatz neuer mathematischer Verfahren wie neuronaler Netze zur zuverlässigen Signalauswertung. Ein neuronales Netz ist in der Lage, für jeden Zeitschritt und jeden Ort auszugeben, ob ein Zug vorbeif

tative measurement. When this technology began to be used in the railway sector, it was possible to detect a change in the backscattered signal, but the amplitude could not be measured. This was achieved by changing the measurement method in conjunction with more powerful hardware for the initial signal evaluation. Fig. 2 shows the striking difference between the two methods. This is a recording of the same train. The left-hand side using the qualitative measurement method depicts the passing train (the yellow band) in a waterfall diagram (the upper line), but without the more precise pattern of the axis pairs shown by the qualitative method (the right-hand side). The amplitude on the left tends towards an uninterpretable value, while vibration peaks and valleys are visible on the right.

The use of the new measurement method in combination with the improved signal evaluation and the resulting improved signal-to-noise ratio now also enables the use of new mathematical methods such as neural networks for reliable sig-

InnoTrans 2022
Halle 4.1, Stand 500

WENZEL
ELECTRONIC SYSTEMS

comPAD: use it with gestures – as simple as your smartphone

comPAD-S Dispatcher

RailPAD / comPAD-M Dispatcher

www.wenzel-elektronik.de

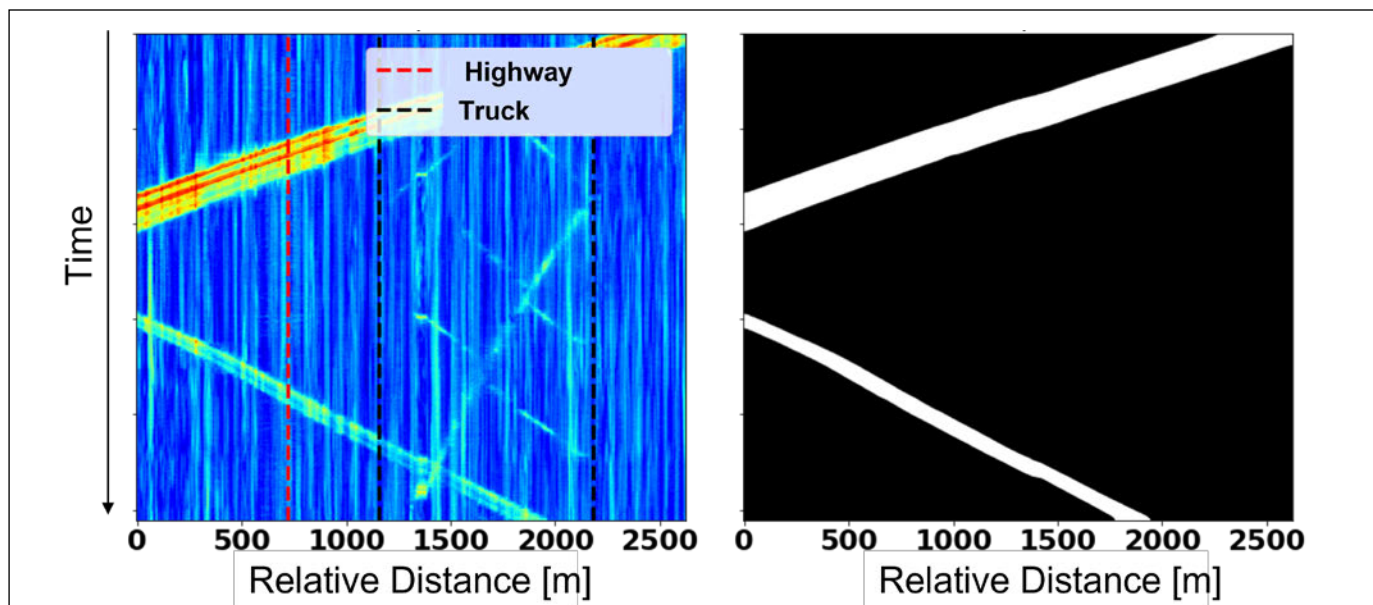


Bild 3: Signatur von Zügen und Umweltgeräuschen (links) und des neuronalen Netzes (rechts)

Fig. 3: The signatures of trains and environmental sounds (left) and the neural network (right)

fährt oder nicht (vgl. Bild 3). Dadurch wird es auch möglich, bisher kritische Messsituationen wie die akustische Signalüberlagerung durch Umgebungsgeräusche, z. B. durch Fahrzeuge oder bei Zugkreuzungen, zu beherrschen.

Zusätzlich können über dieses Ausgabeformat auch implizit Anfang und Ende aller Züge pro Zeitschritt ausgelesen werden.

Damit steht heute ein hochwertiger Stand für eine Vielzahl an Anwendungsbereichen zur Verfügung. So können und konnten bereits verschiedene bahnspezifische Anwendungen in vollem Umfang realisiert werden. Zahlreiche laufende Untersuchungen und Entwicklungen zielen weiterhin auf Verbesserungen der Messmethode sowie der dazugehörigen Hardware. Ziel sind noch höhere Wertebereiche der Amplituden, eine höhere räumliche Auflösung mit verbesserter Überhöhung des Signals über dem Hintergrund und beides bei hoher Zuverlässigkeit. Es ist zu erwarten, dass sich die Rechenleistung und der Formfaktor in den nächsten Jahren genauso rasant weiterentwickeln werden und somit FOS noch leistungsfähiger und attraktiver machen.

1.2 Abgleich von Kabel- und Streckenverlauf

In der Regel kommen für FOS im Bahnbereich bestehende Glasfaserkabel zur Anwendung, die für Zwecke der Kommunikation parallel zum Gleis verlegt sind. Diese Praxis führt zu wesentlichen Kostenersparnissen bei der Installation, da keine neuen Kabel verlegt werden müssen. Allerdings ergeben sich daraus auch spezifische Anforderungen. So werden entlang vorhandener Glasfaserkabel oft Spulen hinterlegt. Diese dienen meist als Reserven, die sicherstellen, dass beispielsweise Reparaturen am Kabel einfach und rasch durchgeführt werden können. Bei der Detektion von Zügen mittels FOS führten diese Spulen jedoch zu Differenzen zwischen der im Kabel gemessenen, optischen Distanz und der tatsächlichen Distanz, die ein Zug zurückgelegt hat. Ausgangspunkt ist in beiden Fällen die Sendeeinheit, über die die Glasfaser mit Laserimpulsen beschickt wird.

Zur Lösung dieser Unregelmäßigkeiten wurden entsprechende Stellen vorerst manuell identifiziert und gefiltert. Ziel war die Entwicklung einer Logik, um diesen Arbeitsschritt zu automatisieren. Dazu wurde unter Verwendung Künstlicher Intelligenz (KI)

evaluiert. A neural network is able to provide output for each time step and each location, whether a train is passing or not (fig. 3). This also makes it possible to control previously critical measurement situations such as acoustic signal superimposition due to ambient noise or at train crossings.

In addition, this output format can also be used to implicitly read out the beginning and end of each move per time step.

This means that a high-quality level is now available for a wide range of applications. Various railway-specific applications can and have already been fully realised. Numerous ongoing investigations and developments continue to aim at improving the measurement method as well as the associated hardware. The aim is to achieve even higher amplitude value ranges and higher spatial resolution with improved super-elevation of the signal above the background noise, both with high reliability. It is expected that the computing power and form factor will develop just as rapidly in the coming years, thereby making FOS even more powerful and attractive.

1.2 The alignment of the cable and the track layout

As a rule, FOS applications in the railway industry use existing fibre optic cables, which are laid in parallel to the track for communication purposes. This practice leads to significant cost savings during installation, as no new cables need be laid. However, it also results in specific requirements. For example, coils are often placed along the existing fibre optic cables. These usually serve as reserves to ensure that, for example, repairs to the cable can be carried out easily and quickly. However, these coils have led to differences between the optical distance measured in the cable and the actual distance covered by a train during train detection using FOS. In both cases, the starting point is the transmitter unit used to feed the optical fibre with laser pulses.

In order to solve these irregularities, the corresponding sites were first identified and filtered manually. The goal was to develop a logic in order to automate this work step. An algorithm using artificial intelligence (AI) that independently identifies, classifies and filters the patterns occurring at the corresponding

ein Algorithmus entworfen, der an entsprechenden Stellen auftretende Muster selbstständig identifiziert, klassifiziert und filtert (Bild 4). Dadurch wird nicht nur die Exaktheit der Messung weiter gesteigert, sondern auch die Kalibrierungsphase während der Installation wesentlich verkürzt. Neben solchen Spulen stellten auch Abschnitte, in denen der Verlauf des Kabels gänzlich von jenem des Gleises abweicht, eine besondere Herausforderung dar. Zu deren Lösung wurden sogenannte „Geo-Referencing“-Punkte definiert. Dazu wurde die optische Distanz zwischen der Sendeeinheit und definierten Punkten entlang der Faser gemessen. Parallel wurde auch die entsprechende Distanz erhoben, die ein Zug beim Erreichen eines dieser Messpunkte in der Glasfaser tatsächlich am Gleis zurückgelegt hat. Damit konnte an bestimmten Punkten ein Abgleich zwischen der gemessenen und der realen Distanz erfolgen.

Ziel der darauffolgenden Entwicklung war es, die hierfür manuell durchzuführenden Messprozesse zu automatisieren und von der Bestimmung der Zugposition an bestimmten Punkten hin zu einer präzisen und kontinuierlichen Positionserfassung zu gelangen. Dazu wurde eine weitere Logik entwickelt, die einen automatischen und lückenlosen Abgleich zwischen der gemessenen und der am Gleis zurückgelegten Distanz ermöglicht. Die dafür benötigten Daten werden bei ausgewählten Zugfahrten ermittelt. Durch die maschinelle Auswertung können beliebig viele Punkte entlang des Gleises und der Glasfaser berücksichtigt werden, was die Genauigkeit des Systems signifikant erhöht.

1.3 Skalierbarkeit für den Roll-out

In Bezug auf die effiziente Informationsgewinnung aus den umfassenden Rohdaten, die bei der Gleis- und Zugüberwachung mittel FOS entstehen, hat sich der Einsatz intelligenter Algorithmen ebenfalls bewährt. Diese werden heute von führenden Unternehmen mittels neuester Erkenntnisse in den Bereichen Machine Learning, Deep Learning und Supervised Learning trainiert und laufend weiterentwickelt. In der praktischen Anwendung faseroptischer Sensorsysteme stellten sich bald Herausforderungen ein, die sich durch den Einsatz in unterschiedlichen Einsatzgebieten rund um den Globus ergeben. Diverse Einflussfaktoren, die der Algorithmus automatisiert erkennen und filtern muss, um die gewünschten Daten zu interpretieren, variieren je nach Einsatzgebiet der Installation sehr stark. In der Vergangenheit war es daher nötig, entweder unterschiedliche Algorithmen für unterschiedliche Installationen zu erstellen oder diese für jede Installation an die Gegebenheiten anzupassen. Neue Ansätze im Bereich der KI erlauben es Algorithmen zu erstellen, welche mit dieser Variabilität der Signale umgehen können. Dadurch sind diese Lösungen skalierbar und können ohne Installationsaufwand ausgerollt werden. Von einer Verbesserung dieser Algorithmen profitiert jeder Anwender, ohne dass Anpassungen an seine Installation wieder erstellt werden müssen. Diese effiziente Ausrollung der Algorithmen ist Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Einführung FOS-basierter Lösungen.

1.4 Ausblick: Zugvollständigkeit

Schon heute steht fest: Die Genauigkeit des Messsystems geht so weit, dass die Lösungen von Sononic und AP Sensing auch die Anforderungen an eine zuverlässige und im Zusammenspiel mit geeigneten operativen Regeln und Sensorfusion sichere Detektion der Zugvollständigkeit erfüllt. Bild 5 zeigt die Überfahrt eines Zuges am Beispiel eines Sononic-FOS-Systems. Es sind sowohl die Detektion der einzelnen Räder über einen Achs-

points was designed for this purpose (fig. 4). This not only further increases the accuracy of the measurements, but also significantly shortens the calibration phase during installation. In addition to such coils, sections where the course of the cable deviates completely from that of the track also posed a particular challenge. So-called „geo-referencing“ points were defined in order to solve this. The optical distance between the transmitting unit and the points defined along the fibre was measured for this purpose. At the same time, the corresponding distance that a train had actually travelled along the track when it reached one of these measuring points in the optical fibre was also recorded. This made it possible to compare the measured distance with the real distance at certain points.

The aim of the subsequent development was to automate the measurement processes that had to be carried out manually for this purpose and to move from determining the train's position at specific points to precise and continuous positional detection. Another logic that enables an automatic and seamless comparison between the measured distance and the distance covered on the track has been developed for this purpose. The data required for this has been acquired during selected train journeys. The machine evaluation enables any number of points along the track and the optical fibre to be considered, which significantly increases the system accuracy.



PSItraffic Train Management
Fundament für den
digitalen Schienenverkehr

Foto: A. Reetz-Graudenz

www.psitrans.de/innotrans



Software für die Mobilität von morgen

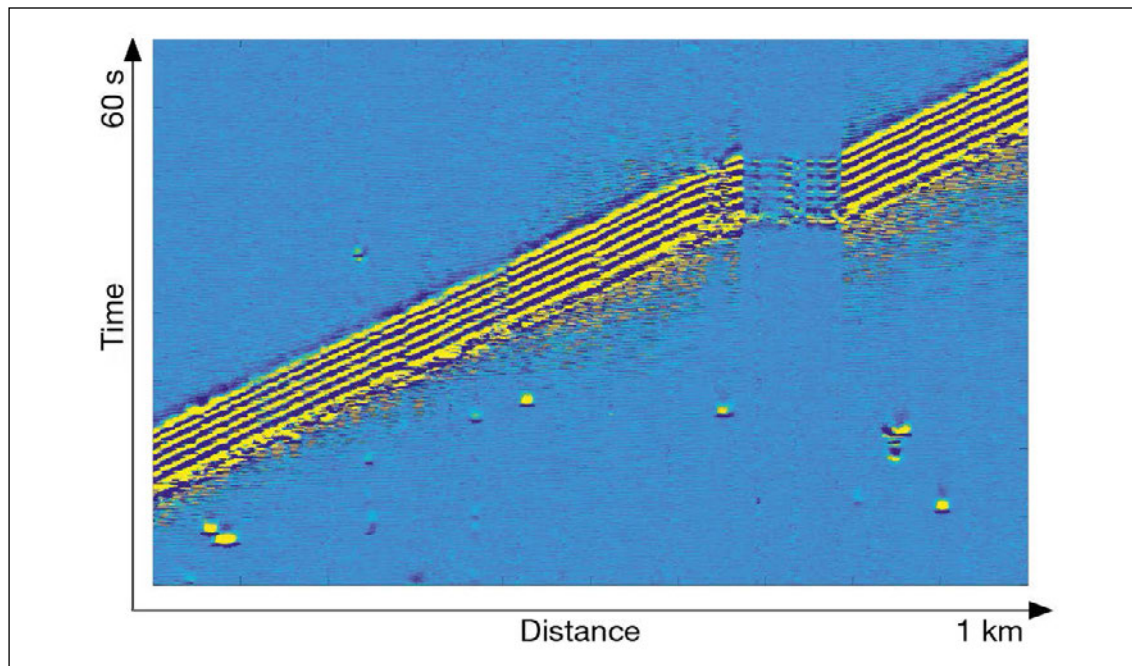


Bild 4: Spulen äußern sich als „Zeitsprung“ und werden algorithmisch gefiltert.

Fig. 4: Coils express themselves as a "time jump" and are filtered algorithmically.

zähler als auch der Energieinhalt der Vibrationen über das FOS-System zu sehen. In der Überlagerung zeigt sich eine hohe Korrelation zwischen den beiden Detektionsergebnissen. Die aktuell eingesetzte FOS-Sensorgeneration liefert bei einer überwiegenden Mehrheit der etablierten Installationen entsprechende Ergebnisse und übererfüllt die Anforderungen an eine sichere Information über die Zugvollständigkeit bei weitem, da dafür eine Bestätigung in Abständen von 100–200 m in der Regel ausreichend ist. Dass sichere Zugortung möglich ist, wurde auch im Bericht des Bundesamts für Materialforschung (BAM) unabhängig bestätigt [5].

2 Aktuelle Projekte

Seit 2014 wird bei der DB Netz AG aktiv der Einsatz faseroptischer Sensorsysteme erforscht. Die bisherigen Erkenntnisse unterstreichen, dass durch FOS zahlreiche Funktionalitäten in nur einem System vereint werden können. Derzeit lassen sich mit „Effizienter Bahnbetrieb“, „Security“ und „Smart Maintenance“ drei Anwendungsgebiete für FOS identifizieren. Vor allem die Fähigkeit, als kontinuierliches Ortungssystem präzise Positionsdaten bereitzustellen, ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungen. Eine solche ist z. B. der Einsatz als Reisendenwarnsystem, bei dem die Reisenden am Bahnsteig rechtzeitig vor durchfahrenden Zügen gewarnt werden.

Durch die Einführung einer automatischen Reisendenwarnung durch FOS ist neben Kosteneinsparungen gegenüber bisherigen Ansagetechniken auch eine Erhöhung der Qualität der Ansagezeitpunkte zu erwarten.

Um die betriebliche Nutzbarkeit für diesen Anwendungsfall abschätzen zu können, wurde im Jahr 2021 zusammen mit DB Station & Service, DB Systel, FOS-Herstellern und der DB Netz ein Proof of Concept (PoC) auf einem Teilstück der Strecke Berlin–Dresden durchgeführt. Auf einer durch DB Systel neu entwickelten IT-Plattform wurden zunächst die aktuellen Zugstandsdaten der FOS-Hersteller mit DB-internen Daten zusammengeführt, sodass im Anschluss eine Prognose des Ankunftszeitpunkts des Zuges am betreffenden Bahnsteig erstellt werden konnte. Diese Berechnungen werden dabei kontinuierlich durchgeführt, und bei Erreichen des vorgegebenen Grenzwerts wird eine entsprechende Warnung ausgege-

1.3 Scalability for a rollout

The use of intelligent algorithms has also proven its worth with regard to the efficient extraction of information from the comprehensive raw data generated by FOS track and train monitoring. Nowadays, they are being trained by leading companies using the latest findings in the fields of machine learning, deep learning and supervised learning and are constantly being further developed. Challenges soon arose in the practical application of the fibre-optic sensor systems used in various fields of application around the globe. The various influencing factors that the algorithms must automatically recognise and filter in order to interpret the desired data vary greatly depending on the installation's area of application. In the past, it was therefore necessary to either create different algorithms for different installations or adapt them to the circumstances in each installation. New approaches in the field of AI have made it possible to create algorithms that can deal with this signal variability. As such, these solutions have become scalable and can be rolled out without any installation costs. Every user benefits from an improvement in these algorithms without having to re-adjust them to their installation. This efficient algorithm rollout is a basic prerequisite for the successful introduction of FOS-based solutions.

1.4 Outlook: train integrity

It is already clear today that the accuracy of the measurement system has come so far that the solutions from Sensonic and AP Sensing also meet the requirements for the reliable and, when interacting with suitable operating rules and sensor fusion, safe detection of train integrity. Fig. 5 shows the passage of a train using a Sensonic FOS system as an example. Both the detection of the individual wheels via an axle counter and the energy content of the vibrations via the FOS system can be seen. The superposition shows a high correlation between the two detection results. The currently used FOS sensor generation delivers corresponding results in a vast majority of established installations and by far exceeds the requirements for reliable information about train integrity, as confirmation at intervals of 100–200 metres is

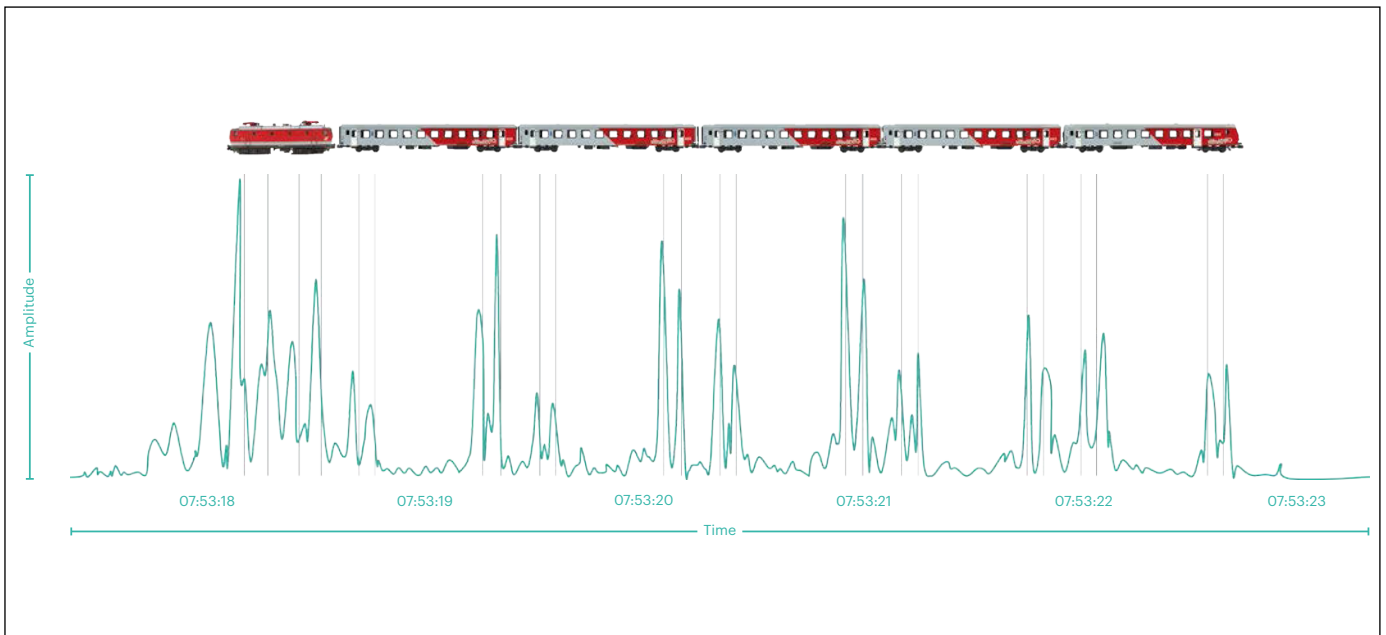


Bild 5: Direkte Messvergleiche mit Achszählern haben ergeben, dass die Sensitivität von FOS den Anforderungen der Zugvollständigkeitsdetektion genügt.

Fig. 5: Direct measurement comparisons with axle counters have shown that the sensitivity of FOS meets the requirements of train integrity detection.

ben. Im Rahmen dieses PoC konnte bereits eine Prognosegenauigkeit von 90 % erreicht und Verbesserungspotenziale konnten identifiziert werden, sodass aktuell davon auszugehen ist, dass im Endzustand eine Prognosegenauigkeit von mindestens 97 % erreicht werden kann.

3 Status der Forschungsprojekte

Parallel zu praktischen Realisierungs- und Pilotprojekten werden Forschungsprojekte betrieben, die Ansätze und Lösungen für sicherheitsrelevante Anwendungsgebiete erarbeiten.

usually sufficient for this. The fact that reliable train detection is possible has also been independently confirmed in a report from the Federal Office for Materials Research (BAM) [5].

2 Current projects

DB Netz AG has been actively researching the use of fibre optic sensor systems since 2014. The findings to date underline the fact that FOS can combine numerous functionalities in just one system. Currently, three areas of FOS application can be identified, namely "Efficient Railway Operations", "Security" and

FRAUSCHER

On track beyond tomorrow.

Your partner for life.

Get in touch with our experts at InnoTrans and find out more about our solutions and services!

innotrans.frauscher.com

**HALL 27
STAND 270**

Die Projekte FOSSIL 4.0 (Faseroptische Sensorik für sicherheitsrelevante (Safety Integrity Level) Bahnanwendungen) in Deutschland und Greenlight II in Österreich nutzen jeweils die FOS-Technologie für eine zuverlässige Detektion der Zugposition, Zuggeschwindigkeit und Zuglänge. Ein gemeinsames Teilziel der beiden Projekte ist der sichere Nachweis einer räumlich und zeitlich kontinuierlichen Zugintegrität. Beide Projekte werden in enger Kooperation mit den jeweiligen Infrastrukturbetreibern, der DB Netz und der ÖBB durchgeführt.

FOSSIL hat sich die Erschließung, Nutzbarmachung und Veredlung bahnbetrieblich sicherer FOS-Daten für die Steigerung der Kapazität des vorhandenen deutschen Bahnnetzes zum Ziel gesetzt. Hierzu werden echtzeitaugliche Algorithmen entwickelt, welche die FOS-Daten zur räumlich kontinuierlichen Information über die Integrität (Vollständigkeit) qualifizieren. Im Rahmen von FOSSIL wurden die Algorithmen für eine robuste Zugverfolgung in Echtzeit weiter verbessert. Störgeräusche nahe der Strecke, wie sie durch Lastverkehr oder Industrieanlagen verursacht werden, haben keinerlei Einfluss auf die Zugerkennung. Bislang kritische Stellen, wie sie durch die akustische Signalüberlagerung bei Zugkreuzungen und Zugüberholungen entstehen, konnten durch eine spezielle Logik eliminiert werden und haben mittlerweile keinen Einfluss mehr auf die robuste Zugverfolgung. Der Vergleichstest mit einem bildgebenden Verfahren hat gezeigt, dass im Vergleichszeitraum alle Zugfahrten sicher und ortsrichtig erkannt wurden (Bild 6).

Um eine FOS basierte Gleisfreimeldung und Zugintegritätsprüfung zu realisieren, soll das FOS-System in eine DSTW/ETCS-Landschaft integrierbar sein. Dazu wurden die Schnittstellen und Datenübergaben zu den Umsystemen zu ERTMS definiert. Darüber hinaus wurden im Rahmen von FOSSIL ausführliche Gefährdungs- und Risikoanalysen durchgeführt.

Ein großer österreichischer Infrastrukturbetreiber hat es sich in einem spannenden Projekt zum Ziel gemacht, verschiedene Sensorsysteme mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen sowie Safety-Integrity-Level (SIL)-Einstufungen zusammenzuführen. Über mehrere Jahre hinweg wird daran gearbeitet durch diese Sensorfusion einen Nachweis gleicher Sicherheit im Bereich Zugpositionierung zu erreichen. Ziel ist eine SIL4-Zertifizierung des Gesamtsystems und dadurch der Übergang zu Moving-Block-Betrieb auf allen Hauptbahnen in Österreich.



Bild 6: Signalmodulation über die Zeit gemessen mit FOS bei der Zugdurchfahrt

Fig. 6: Signal modulation over time measured with FOS during train passage

“Smart Maintenance”. Above all, the ability to provide precise positional data as a continuous positioning system also enables a multitude of applications. One such application involves its use as a passenger notification system that notifies passengers on the platforms of incoming trains in good time.

The introduction of an automatic passenger notification system at platforms using FOS is expected to result in cost savings compared to previous announcement techniques, as well as the increased quality of announcement timing.

In order to be able to assess the operational feasibility of this use case, a proof of concept (PoC) was carried out on a section of the Berlin – Dresden line in 2021 together with DB Station & Service, DB Systel, FOS manufacturers and DB Netz. The current train location data from the FOS manufacturers was first merged with the DB internal data on an IT platform newly developed by DB Systel so that a forecast of the train’s arrival time at the relevant platform could then be performed. These calculations are carried out continuously and a corresponding notification is issued once the specified limit value has been reached. A forecast accuracy of 90 % was able to be achieved in this PoC and potential for improvement has been identified, so that a forecast accuracy of at least 97 % can currently be assumed to be achievable in the final state.

3 Research project status

Research projects are currently being conducted in parallel to the practical implementations and pilot projects in order to develop approaches and solutions for safety-relevant areas of application.

The FOSSIL 4.0 project in Germany and Greenlight II project in Austria are both using FOS technology for the reliable detection of train position, train speed and train length. A common sub-goal of both projects involves the reliable detection of spatially and temporally continuous train integrity. Both projects are being realised in close cooperation with the respective infrastructure operators, DB Netze and ÖBB. FOSSIL (Faseroptische Sensorik für sicherheitsrelevante (Safety Integrity Level) Bahnanwendungen) has set itself the goal of developing, utilising and refining safe FOS data for railway operations in order to increase the capacity of the existing German railway network. Algorithms that use the FOS data for spatially continuous qualified information about train integrity and are suitable for real-time are currently being developed. The algorithms for robust train tracking in real time have been further improved within the framework of FOSSIL. Noise near the track, such as that caused by heavy traffic or industrial plants, has no influence on the train detection. Previously critical points, such as those caused by any acoustic signal overlap at train crossings and train overtaking points, have been able to be eliminated using a special logic and now have no influence on the robust train tracking. A comparative test with an imaging procedure has showed that all the train movements were detected reliably and correctly in the comparison period (fig. 6).

In order to realise a FOS-based track vacancy detection and train integrity check, the FOS system should be integrable into a DSTW/ETCS landscape. The interfaces and data transfers to the surrounding systems have been defined for ERTMS for this purpose. In addition, detailed hazard and risk analyses have also been carried out as part of FOSSIL.

In an exciting project, a large Austrian infrastructure operator has set itself the goal of combining different sensor systems with

FOS spielt in diesem Projekt eine maßgebliche Rolle. Speziell in Bereichen wie Tunneln, urbanen Umgebungen sowie Bereichen schlechten Empfangs wird erwartet, dass eine genaue Positionierung nur durch FOS gewährleistet werden kann.

Dieses Leuchtturmprojekt greift auf eine Teststrecke zurück, die über knapp 100 km alle erdenklichen Szenarios bedient. Dazu zählen Tunnel, mehrgleisige Abschnitte und urbane sowie freie Umgebungen, welche im Mischverkehr befahren werden. FOS hat schon in einer Vorstudie gute Ergebnisse geliefert und Messzüge in einem schwingungsgedämpften Tunnel detektiert.

Jedoch sind die Herausforderungen in diesem Projekt groß. Dies gilt besonders für die Schnittstellen zwischen den unterschiedlichen Sensorsystemen. Hier muss auf eine gemeinsame Grundlage in Position und Zeit zurückgegriffen werden. FOS kann hier als einziges streckenseitiges System seine Vorteile als stationärer Sensor ausspielen und zu einer deutlichen Reduktion der Komplexität beitragen.

4 Systemintegration in Bestandssysteme und Neuentwicklungen

„Daten sind das neue Öl“ sagen Presse, Forschungseinrichtungen und Anwender unisono. Geht es nach der Menge der Daten, so ist ein FOS-System im Bahnbereich eine Cash-Cow. Durchschnittlich 4 Terabyte (TB) Daten liefert ein einziger Überwachungsabschnitt von ca. 80 km – pro Tag. Doch die Datenmenge allein bringt noch keinen Nutzen. Sie müssen strukturiert, indexiert und relevant sein. Der eigentliche Nutzen ergibt sich dann aus dem Anwendungsfall (Use Case), der in der Regel mehr als eine Datenquelle benötigt. Die zeitgerechte Reisendenwarnung benötigt zum Beispiel Informationen zum eingestellten Fahrweg, um die Geschwindigkeits- und Ortsinformationen des FOS-Systems in eine ETA (Estimated Time of Arrival) überführen zu können. Der eigentliche Nutzen ist dann die rechtzeitige Warnung der Reisenden am Bahnsteig. Dafür muss das System automatisiert auf die Ansage zugreifen können. Die Systemintegration an geeigneten Schnittstellen ist somit der entscheidende Faktor. FOS ist kein stand-alone-System, sondern ein Team-Player. Es befähigt Bestandssysteme und Neuentwicklungen durch die Anreicherung der Prozesse und Prozessdaten mit kontinuierlichen Informationen entlang des Gleises. Auch solche Anwendungen, die für sich allein funktionsfähig sind, wie beispielsweise Schienenbruchde-

a variety of advantages and disadvantages, as well as different Safety Integrity Level (SIL) classifications. Work is being done over the course of several years to acquire proof of equal safety in the area of train positioning by means of this sensor fusion. The goal is SIL4 certification of the entire system and thus a transition to Moving Block operations on all the main lines in Austria. FOS is playing a crucial role in this project. The expectation is that accurate positioning can only be ensured by means of FOS, especially in areas such as tunnels, urban environments and areas of poor reception.

This lighthouse project is making use of a test track that serves all conceivable scenarios over a distance of almost 100 km. This includes tunnels, multi-track sections and both urban and open environments that are used in mixed traffic. FOS has already provided good results in a preliminary study and detected the measurement trains in a vibration-damped tunnel.

However, the challenges in this project are great. This is especially true for the interfaces between the different sensor systems. Here, a common positional and temporal basis must be used. FOS is the only trackside system that can exploit its advantages as a stationary sensor and contribute to a significant reduction in complexity.

4 System integration into existing systems and new developments

“Data is the new oil” say the press, research institutions and users in unison. When it comes to the amount of data, a FOS system in the railway sector is a cash cow. On average, a single monitoring section of about 80 km delivers 4 terabytes (TB) of data - per day. But the amount of data alone does not bring any benefit. It must be structured, indexed and relevant. The actual benefit then comes from the use case, which usually requires more than one data source. A timely passenger announcement at the platform, for example, needs information on the set route in order to be able to convert the speed and location information from the FOS system into an ETA (estimated time of arrival). The real value then lies in the timely notification of the passengers on the platform. The system must be able to access the announcement automatically in order to achieve this. System integration at suitable interfaces is therefore the decisive factor. FOS is not a stand-alone system, but a team player. It em-



Drive digital rail forward. Gain a wide range of actionable expertise from a single source.

NEXTRAIL's leading teams of seasoned experts develop pioneering solutions for railway and infrastructure operators.

**Visit us at InnoTrans in Berlin, 20 – 23 Sep.
Hall CityCube A, Stand 270**

Start digitizing now: [nextrail.com](https://www.nextrail.com)

NEXTRAIL

tektion oder Flachstellendetektion, sind dann wirklich effizienzsteigernd, wenn sie in den Dateninformationsverbund integriert werden.

Für Bestandssysteme müssen hierfür häufig proprietäre Schnittstellen bedient werden. Ein Aufwand, der sich lohnt und durch die bahnunternehmeneigenen IT-Abteilungen effizient unterstützt werden kann. So kann für Tests zügig eine Erstimplementierung erfolgen und anschließend die vollständige Systemintegration übernommen werden.

Für Neuentwicklungen und zukünftige Systeme unterstützen die FOS-Systeme typische Schnittstellen, wie OPC-UA (Open Platform Communications – Unified Architecture). Im Greenlight-Projekt der ÖBB werden beispielsweise die FOS-Daten, neben vielen weiteren Informationen, über Standard-API in die Sensorkombination eingebunden, um höchstmögliche Präzision und Verfügbarkeit der Ortungsdaten zu erhalten.

Als System mit einer Vielzahl an Anwendungen stellt die Gewerkezuordnung häufig eine Herausforderung dar. Auch wenn das FOS-System Daten für das Oberbau-Monitoring liefert, ist es noch kein System des Oberbaus. Betrachtet man die Dienstleistung, die das FOS-System bietet, neutral, handelt es sich um ein IT-System, das unter Nutzung von Telekommunikationsinfrastruktur (Lichtwellenleiter, LWL) Dienstleistungen erbringt und dabei COTS (Commercial-off-the-Shelf)-Hardware für die Datenaufbereitung und Weiterleitung verwendet. Die Zuordnung als Telekommunikationssystem erscheint daher als logisch. Mit dieser Zuordnung ist auch weiterhin eine Datenlieferung an sicherheitsrelevante Anwendungen, wie beispielsweise Ortung und Zugintegrität, möglich. Andere Initiativen und Entwicklungen im Bahnbereich zeigen, dass nicht das System oder die Hardware entscheidend für die Klassifikation ist, sondern die Anwendung. Die darunterliegenden Systeme sollen möglichst austauschbar bleiben [1].

5 Was bringt FOS4R?

Die Faseroptische Sensorik zeichnet sich durch ihre Vielfältigkeit der Anwendungsgebiete aus. Der Nutzen erstreckt sich von Diagnostik von Ingenieurbauwerken über Oberbau-Monitoring hin zu Diagnostik und Analyse im Bahnverkehr für Infrastruktur und Fahrzeuge bis zu sicherheitsrelevanten Anwendungen der Leit- und Sicherungstechnik. Gerade dieser große Umfang stellt Anbieter und Nutzer gleichermaßen vor Herausforderungen, da die einfache Zuordnung zu Gewerken, Erstellung von Business Cases und User Stories zu einem komplexen Gebilde werden.

Der Verein Fibre Optic Sensing for Railways e.V. (FOS4R) bietet Nutzern, Anbietern und Forschung eine gemeinsame Plattform zum Wissensaustausch, strategischer Entwicklung, Projektgestaltung und Projektakquise. Darüber hinaus fördert der Verein die Standardisierung für die einfache Integration von FOS-Systemen in das Bahnumfeld. Einerseits werden hierfür die Ausgabeinformationen für typische Use Cases, wie Ort oder Geschwindigkeit, standardisiert, andererseits wird die Integration in weiterführende Standardisierungsaktivitäten auf europäischer Ebene unterstützt. Konkret sollen hier die definierten Schnittstellen in EULYNX und RCA bedient werden, sodass eine nahtlose Integration möglich ist.

6 Zusammenfassung

FOS hat in mehreren Anwendungsbereichen in Europa nachweisen können, dass die Technologie bereit für den Regelbetrieb ist. Die größte Herausforderung stellt die Systemintegration dar –

powers existing systems and new developments by enriching processes and process data with continuous information along the track. Even those applications that function on their own, such as rail break detection or flat spot detection, are truly efficiency enhanced when they are integrated into the data information network.

Proprietary interfaces often have to be operated for existing systems. This is an effort that is worthwhile and can be efficiently supported by the railway companies' own IT departments. In this way, the initial implementation can be implemented quickly for tests and a complete system integration can then be adopted.

FOS systems support typical interfaces such as OPC-UA for new developments and future systems. For example, FOS data and a lot of other information is integrated into the sensor combination via a standard API in the ÖBB Greenlight project in order to obtain the highest possible precision and availability of the positioning data.

As a system with a multitude of applications, trade classification can often present a challenge. Even though the FOS system provides data for superstructure monitoring, it is not yet a superstructure system. Looking at the service that the FOS system provides neutrally, it is an IT system that provides services using telecommunication infrastructure (LWL) and COTS (Commercial-off-the-shelf) hardware for data processing and forwarding. Its classification as a telecommunications system therefore seems logical. The delivery of data to safety-relevant applications, such as tracking and train integrity, is still possible with this classification. Other initiatives and developments in the railway sector show that it is not the system or the hardware that is decisive for the classification, but the application. The underlying systems should remain as interchangeable as possible [1].

5 What are the benefits of FOS4R?

FOS technology is characterised by the diversity of its applications. The benefits range from the diagnostics of engineering structures to superstructure monitoring, diagnostics and analysis in rail traffic for infrastructure and vehicles and safety-relevant applications in control and safety technology. It is precisely this wide scope that poses challenges for providers and users alike, as the simple assignment to trades and the creation of business cases and user stories become a complex entity.

The Fibre Optic Sensing for Railways e.V. (FOS4R) association offers users, suppliers and researchers a common platform for knowledge exchange, strategic development, project design and project acquisition. Furthermore, the association promotes standardisation for the easy integration of FOS systems into the railway environment. On the one hand, the output information for typical use cases, such as location or speed, has been standardised, while integration into further standardisation activities is supported at the European level on the other hand. Specifically, the defined interfaces in EULYNX and RCA are to be served here so that seamless integration is possible.

6 Summary

FOS has been able to prove that the technology is ready for regular operations in several application areas in Europe. The greatest challenge lies in system integration – the diverse areas of ap-

die vielfältigen Anwendungsgebiete sprengen übliche Systemgrenzen. In Verbindung mit ersten Realisierungsprojekten und der Anbindung an Standardschnittstellen der europäischen Standardisierungsinitiativen ist die Eintrittsschwelle gesunken. Die Zeit für die Migrationsplanung ist bereit. FOS ist ready to go! ■

plication extend beyond the usual system boundaries. The entry threshold has been lowered in connection with the initial realisation projects and the connection to the standard interfaces from European standardisation initiatives. The time for migration planning is ready. FOS is ready to go! ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Steffens, S.; Suess, T.; Eschmann, F.; Marsch, P.: SIL4 Data Center – Eine neue Plattform-Architektur für sichere Bahnanwendungen, SIGNAL+DRAHT (113), 10/2021, https://digitale-schiene-deutschland.de/Downloads/Signal%26Draht_113_10_21_SIL4DataCenter.pdf
- [2] Drapp, B.; Leitner, L.; Maleschitz, M.: Monitoring of high-voltage cables with optical fibres, Elektrische Bahnen (119), 4/2021, p 152 ff.
- [3] Hartog, A.H.: An Introduction to distributed optical fibre sensors, p 161 ff, CRC Press, ISBN 978-1-4822-5957-5
- [4] Hartog, A.; Kotov, O.; Kumovich, L.: The Optics of Distributed Vibration Sensing, The materials of proceedings of the second EAGE Workshop on Permanent Reservoir Monitoring
- [5] Kowarik, S. et al.: Fiber Optic Train Monitoring with Distributed Acoustic Sensing: Conventional and Neural Network Data Analysis, Sensors (Basel, Switzerland) 20 (2020): n. pag.

AUTOREN | AUTHORS

Andy Lämmerhirt

Projektleiter / Project Manager Fiber Optic Sensing (FOS)
DB Netz

Anschrift / Address: Mainzer Landstraße 205, D-60326 Frankfurt am Main
E-Mail: andy.laemmerhirt@deutschebahn.com

Max Schubert

Geschäftsführer / Managing Director
INCYDE GmbH

Anschrift / Address: Schaumainkai 91, D-60596 Frankfurt am Main
E-Mail: max.schubert@incyde.com

Bernd Drapp

Innovation Director
AP Sensing GmbH

Anschrift / Address: Herrenberger Straße 130, D-71034 Böblingen
E-Mail: bernd.drapp@apsensing.com

Rene Zeilinger

Chief Technical Officer (CTO)
Sensonic GmbH

Anschrift / Address: Bahnhofstraße 57a, A-4780 Schärding
E-Mail: rene.zeilinger@sensonic.com



InnoTrans 2022 – The Future of Mobility
20.–23. September



Besuchen
Sie uns!
Halle 25
Stand 525

**Erleben Sie
unsere innovative
Weichenheizung**

- Powerheizen
- Wärmenetzmodell
- Wetterdatenanbindung
- Energiemanagement

www.esa-grimma.de

TrackOps Depot – Schlanke Betriebsprozesse im Depot und Instandhaltung

TrackOps Depot – lean operations in shunting and maintenance

Jörg Schütte | Jonas Kley | Alfons Noti

Komplexität und Verkehrsdichte im Bahnbetrieb nehmen stetig zu, bei gleichzeitig hohen Erwartungen an Effizienz, Sicherheit und Pünktlichkeit. Diese Weiterentwicklung kann nur erfolgreich gemeistert werden, wenn man die zugehörigen Prozesse so schlank wie möglich gestaltet. Mit der fortschreitenden Digitalisierung und Vernetzung eröffnen sich neue technische und betriebliche Möglichkeiten. Die Matterhorn Gotthard Bahn (MGBahn) setzt auf TrackOps Depot und bringt damit erstmals in der Schweiz Public-Cloud-Technologien in einem sicherheitsrelevanten Bereich der Bahninfrastruktur zum Einsatz.

1 Übersicht

Controlguide® TrackOps Depot (kurz TrackOps Depot) ist eine ins Controlguide® Iltis N-Leitsystem (kurz: Iltis N) integrierte mobile Depotsteuerung, die das Bedienen von Rangierfahrstraßen und Weichen für die Durchführung von kleinen, nicht sicherheitskritischen Servicearbeiten (wie z.B. Schmieren, Enteisen, Entfernen von Steinen oder Ähnliches) erlaubt. Sie ermöglicht eine koope-

The complexity and traffic density in railway operations are constantly increasing, while expectations in the areas of efficiency, safety and punctuality remain high. It will only prove possible to keep pace with these developments, if the relevant processes are designed to be as lean as possible. Advances in digitalisation and networking are opening up new technical and operating opportunities. Matterhorn Gotthard Bahn (MGBahn) has invested in TrackOps Depot, making it the first rail operator in Switzerland to use public cloud technologies in a safety-related area of railway infrastructure.

1 Overview

Controlguide® TrackOps Depot (TrackOps Depot for short) is a mobile depot controller integrated into the Controlguide® Iltis N control system (Iltis N for short), which allows shunting routes and points to be controlled in order to carry out minor, non-safety-critical service work (such as lubricating, de-icing, stone removal, etc.). It enables the cooperative implementation of shunt-

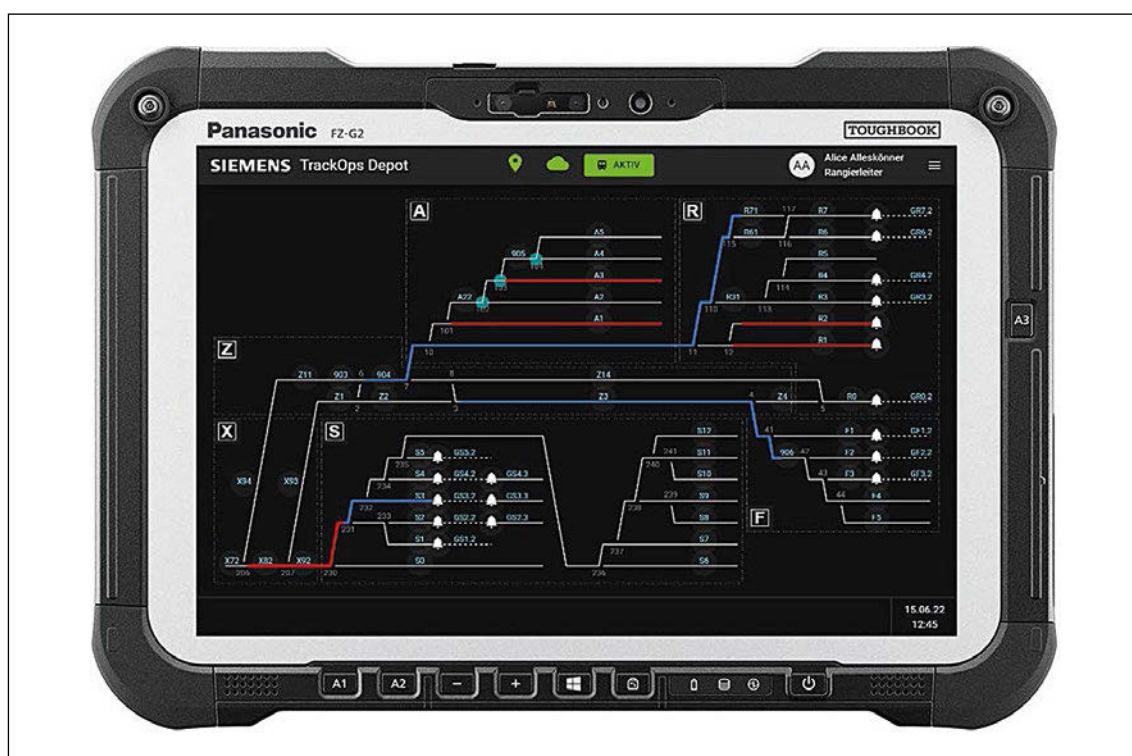


Bild 1: Tablet TrackOps Depot
Fig. 1: A TrackOps Depot tablet

Quelle / Source:
Siemens Mobility AG

rative Durchführung der Rangierprozesse, bringt einen Gesamtüberblick über den Betrieb und verschlankt die Kommunikationsabläufe. Nach Aktivierung des Lokalbetriebes kann der Depotbereich vom lokalen Rangierleiter, dem Rangierer oder dem Unterhaltsdienst eingesehen und – entsprechend ihren im Betriebskonzept definierten Rollen und zugewiesenen Verantwortlichkeiten – auch gesteuert werden. Das Betriebskonzept definiert die Rollen und Prozesse klar und war die Grundlage für die Erteilung der Plangenehmigungsverfügung durch das Schweizerische Bundesamt für Verkehr (BAV) (Bild 1).

1.1 Ausgangslage

Im Rahmen der Erneuerung des Depots Glisergrund wird das bestehende Stellwerk ersetzt. Zusätzlich erfolgen im Zuge der Anschaffung der neuen Triebzugflotte «ORION» durch die MGBahn, diverse Anpassungen im bestehenden Depot. Um die Anforderungen an die Instandhaltung erfüllen zu können, werden auch die Werkstätten der MGBahn im Glisergrund erweitert und das gesamte Gleisfeld rundum erneuert. Dies wurde als Chance zur Digitalisierung des Depotbetriebs erkannt und mit TrackOps Depot umgesetzt (Bild 2).

1.2 Rahmenbedingungen

TrackOps Depot wird im abgegrenzten Depotbereich eingesetzt. Dieser ist durch eine Entgleisungsvorrichtung vom übrigen Streckennetz abgetrennt. Damit und durch die nahtlose Integration in Leitsystem und Stellwerk ist die funktionale Sicherheit sichergestellt. TrackOps Depot entspricht den gängigen Standards für Sicherungsanlagen im Bahnbereich (wie EN 50126, EN 50128, EN 50129), den Standards für IT Security (IEC 62443-3-3 und IEC 62443-4-2), der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), des Schweizer Datenschutzgesetzes sowie weiterer Regeln/Vorgaben seitens Siemens Mobility im Bereich Cybersecurity. Mit den Anforderungen aus dem Bahnbetrieb, den regulativen Vorgaben sowie den Aspekten rund um Security und Safety entsteht eine Komplexität, welche mit TrackOps Depot für die Nutzer einfach gelöst wird.

ing processes, provides an overview of operations and streamlines communication procedures. Once the local operating mode has been activated, the depot area can be viewed and – depending on the defined roles and the responsibilities assigned in the operating concept – also controlled by the local foreman shunter, the shunter or the maintenance service personnel. The operating concept clearly defines the roles and processes and it constituted the basis for the issue of the planning approval by the Swiss Federal Office of Transport (FOT) (fig. 1).

1.1 The situation

The existing interlocking at the Glisergrund Depot is being replaced as part of renovation work. In addition, a number of diverse adaptations are being made at the existing depot following the acquisition of the new fleet of “ORION” multiple units by MGBahn. MGBahn’s workshops at Glisergrund are also being extended and the entire surrounding track area is being renovated in order to enable it to meet the maintenance requirements. This was seen as an opportunity to digitalise depot operations, which has been achieved using TrackOps Depot (fig. 2).

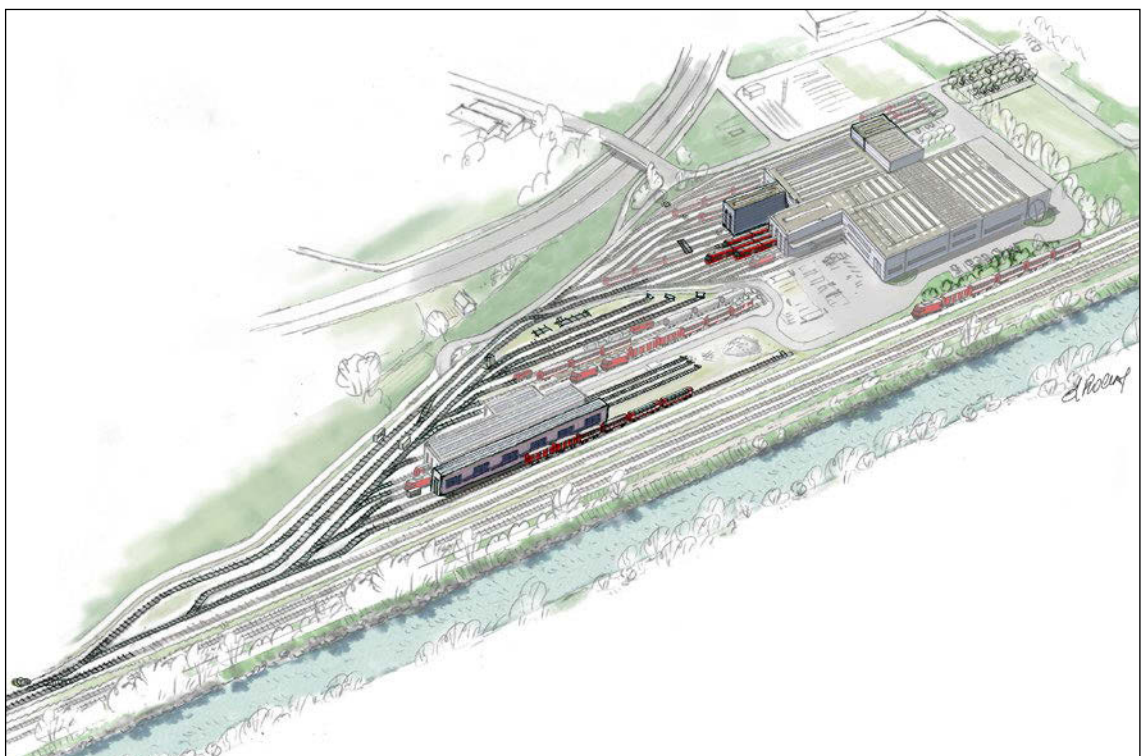
1.2 The boundary conditions

TrackOps Depot is used within the separate depot area. This area has been separated from the rest of the rail network by means of a derailment device. This ensures functional safety, along with its seamless integration into the control system and interlocking. TrackOps Depot complies with the current standards for signalling and safety systems in the railway sector (such as EN 50126, EN 50128 and EN 50129), the IT security standards (IEC 62443-3-3 and IEC 62443-4-2), the General Data Protection Regulation (GDPR), the Swiss Data Protection Act and other Siemens Mobility rules/specifications in the area of cybersecurity. TrackOps Depot is able to make light work of simplifying the railway operating requirements, regulatory provisions and security and safety related aspects for its users.

Bild 2: Übersicht Depot Glisergrund

Fig. 2: An overview of the Glisergrund Depot

Quelle / Source: matterhorn-gotthardbahn.ch



1.3 Sicherungsanlage im Depot Glisergrund

Im Depot Glisergrund wird kein Personenverkehr geführt, und es werden keine Gefahrgüter umgeschlagen. Das Depot dient im Wesentlichen als Abstellanlage sowie für den Unterhalt des Rollmaterials und den Umschlag von bahnspezifischen Gütern.

Die Innen- und Außenanlage der Sicherungsanlage werden komplett erneuert, und das bestehende Relais-Stellwerk vom Typ Domino 55 wird mit einem elektronischen Stellwerk vom Typ Simis IS modernisiert. Zusätzlich werden Zwergsignale (Sigmaguard® LED-ZS) für signalisierte Rangierfahrten installiert.

Die heute bestehende Anlagensteuerung erlaubt dem Rangierpersonal an fixen Bedienstandorten vor Ort, die Weichen entweder einzeln zu steuern oder mehrere Weichen zu einer Rangierfahrstraße gleichzeitig zu kombinieren. Nach der Erneuerung der Gesamtanlage wird es mit TrackOps Depot möglich sein, Rangierfahrstraßen durch den lokalen Rangierleiter über das mobile Bediengerät anzufordern sowie Weichenumläufe durch den Rangierdienst vorzunehmen. Somit bedarf es keiner weiteren Eingriffe aus der Betriebsleitzentrale (BLZ) durch einen Fahrdienstleiter für die Steuerung der Betriebsabläufe im Depotbereich.

2 Bestandteile des Systems

TrackOps Depot besteht im Wesentlichen aus drei Teilen:

1. Das Fundament des Systems bildet das bewährte Iltis N zusammen mit dem elektronischen Stellwerk Simis IS.
2. Das Herzstück der mobilen Depotsteuerung besteht aus dem TrackOps-Server, welcher in einer Public-Cloud-Umgebung zum Einsatz kommt. Dieser stellt die Kommunikation mit allen Systembestandteilen sicher und stellt die Benutzeroberfläche zur Verfügung.
3. Für die mobile und stationäre Bedienung werden handelsübliche, industrietaugliche Tablets mit einem gehärteten Betriebssystem eingesetzt. Die Bedienung und Anzeige der Depotsteuerung finden in einer browserbasierten Web-Applikation statt (Bild 3).

2.1 Iltis N-Leitsystem

Das Iltis N ist ein höchst zuverlässiges sowie zukunftssicheres Leitsystem, welches das gesamte Spektrum der Betriebssteuerung abdeckt. Es reicht von der lokalen Bedienung von Stellwerken vor

1.3 The signalling and safety system at the Glisergrund Depot

The Glisergrund Depot has no passenger transport and no hazardous materials are handled there. The depot serves essentially as a stabling yard and is used for the maintenance of rolling stock and the transshipment of railway-specific goods.

The indoor and outdoor signalling and safety system installations are being fully renovated and the existing Domino 55 relay interlockings are being upgraded with a Simis IS electronic interlocking. In addition, shunting signals (Sigmaguard® LED-ZS) are being installed for signalled shunting movements.

The existing system controller allows the shunting personnel either to control the points individually or to combine multiple points simultaneously to form a shunting route from fixed operating locations on site. Once the overall system has been renovated, TrackOps Depot will enable shunting routes to be requested by the local foreman shunter via a mobile operating device and point operations to be carried out by the shunting service. Consequently, no further interventions by a signaller from the operations control centre will be required for controlling the operations in the depot area.

2 The system components

TrackOps Depot essentially comprises three parts:

1. The basis of the system is the tried-and-tested Iltis N, together with the Simis IS electronic interlocking.
2. The core element of the mobile depot controller is the TrackOps server, which is used in a public cloud environment. This ensures communication with all the system's components, as well as providing the user interface.
3. Commercially available industry-grade tablets with a hardened operating system are used for both mobile and stationary operations. The operation and depot control display take place within a browser-based web application (fig. 3).

2.1 The Iltis N control system

Iltis N is an extremely reliable and future-proof control system that covers the entire spectrum of operation control, ranging from the local control of the interlockings on site through to the complete automation of national rail networks.

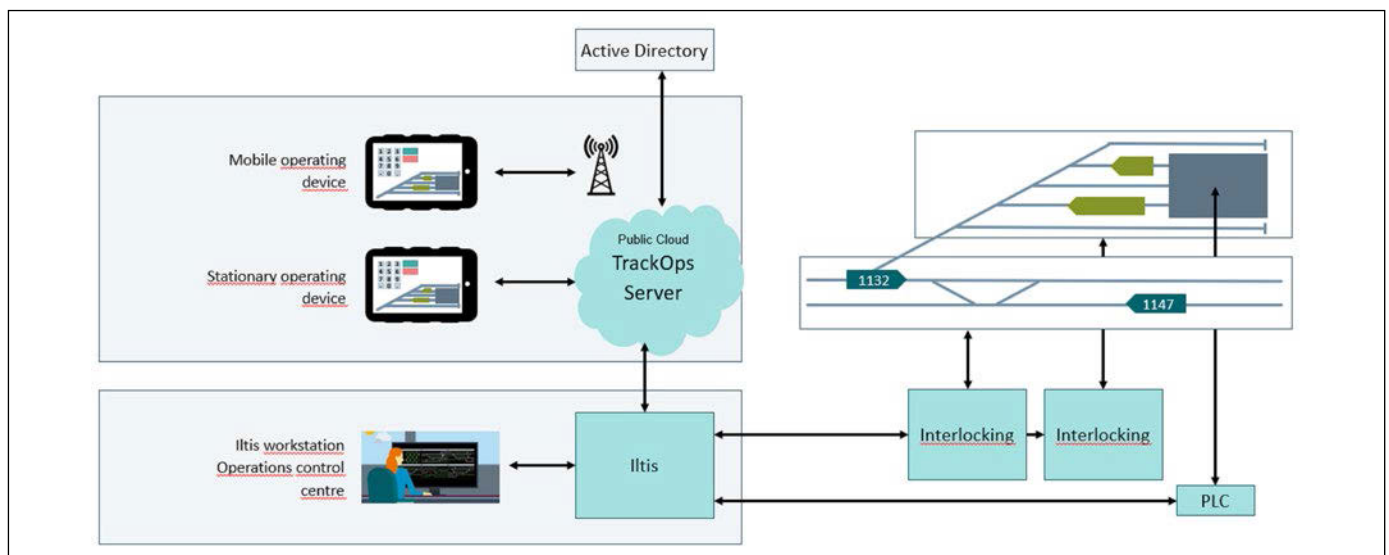


Bild 3: Technischer Überblick TrackOps Depot

Fig. 3: A technical overview of TrackOps Depot

Quelle / Source: Siemens Mobility AG

Ort bis hin zur kompletten Automatisierung von landesweiten Bahnnetzen.

Unter anderem erlaubt das Iltis N Betreibern von Eisenbahninfrastrukturen ihr Schienennetz effizient zu betreiben und dessen Kapazität optimal auszunutzen. Dabei helfen umfangreiche Funktionen wie z.B. die automatische Zuglenkung, die Fahrdienstleiter von Routinetätigkeiten zu entlasten. Es ist skalierbar und kann die Anforderungen großer wie auch kleiner Bahnbetreiber passgenau erfüllen.

Iltis N ist seit mehr als 20 Jahren auf dem Schweizer Schienennetz, eines der am dichtesten befahrenen der Welt, im Einsatz. Es hat in dieser Zeit seine Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit auch in internationalem Umfeld wie beispielsweise in Österreich, Malaysia, Ungarn, Slowenien und der Slowakei eindrücklich unter Beweis gestellt. Durch eine redundante, ausfallsichere Systemarchitektur garantiert es eine maximale Verfügbarkeit.

2.2 TrackOps-Server

Auf dem vorgehend beschriebenen Iltis N, welches bei der MGBahn vor Ort auf dedizierter IT-Infrastruktur betrieben wird, setzt der TrackOps-Server auf. Dieser wird in der Public Cloud betrieben und kommuniziert mit dem Iltis N über eine standardisierte Schnittstelle.

Der Betrieb des TrackOps-Servers in der Public Cloud bietet viele Vorteile: Vielfach bewährte Sicherheitskonzepte aus dem Betrieb von modernen IT-Systemen werden mit spezifischen Anforderun-

Amongst other things, Iltis N enables railway infrastructure operators to operate their rail networks efficiently and to make optimum use of the rail network capacity. Wide-ranging functions such as automatic train control help to relieve signallers of routine tasks. The system is scalable and can be precisely tailored to meet the requirements of both large and small rail operators. Iltis N has been in use on the Swiss rail network, one of the busiest in the world, for more than 20 years. During that time, it has also clearly demonstrated its efficiency and reliability in other countries, for example in Austria, Malaysia, Hungary, Slovenia and Slovakia. Its redundant, failsafe system architecture guarantees maximum availability.

2.2 The TrackOps server

The TrackOps server is based on the aforementioned Iltis N control system, which MGBahn runs on a dedicated IT infrastructure. It operates in the public cloud and communicates with Iltis N via a standardised interface.

Operating the TrackOps server in the public cloud offers numerous advantages: tried-and-tested security concepts from the operation of cutting-edge IT systems are upgraded to meet any specific cybersecurity requirements pertaining to the operation of critical infrastructure. This results in reliable, low-maintenance operations with increased stability and improved fault tolerance. For example, if a site fails, it is possible to switch quickly to other sites as a fallback.

Steuern, stellen, sichern.



Scheidt & Bachmann – innovative Sicherheitstechnologie seit 1872.

- Betriebsleittechnik
- Stellwerkstechnik
- Bahnübergangstechnik

gen im Bereich Cyber Security für den Betrieb von kritischen Infrastrukturen erweitert. Daraus resultiert ein sicherer und wartungsarmer Betrieb mit erhöhter Stabilität und besserer Ausfallsicherheit. Beispielsweise ist es möglich, beim Ausfall eines Standorts rasch auf andere Standorte als Rückfallebene zurückzugreifen.

Dank moderner DevOps-Ansätze im Software-Engineering wie Continuous Integration (CI) und Continuous Deployment (CD) wird die Kluft zwischen Entwicklung und Betrieb aufgelöst. Die unterschiedlichen Aufgaben rücken zusammen und ermöglichen eine Reihe von Vorteilen:

- Durchgängige Sicherheit von der Konzeption bis zum Betrieb
- automatisierte Softwaretests zur besseren Reproduzierbarkeit (Regressionstests) und breiteren Abdeckung (Test Coverage) der Anforderungen bei geringerem Aufwand
- Bereitstellung neuer Software-Builds, um neue Funktionalitäten oder Updates rasch in den Betrieb zu überführen
- standardisiertes und automatisiertes Verfahren zum Deployment der Software-Builds, damit Störungen im Ablauf vermieden werden und notwendige Korrekturmaßnahmen schneller greifen können
- Einsatz von Kubernetes als Orchestrator, um die ordnungsgemäße Konfiguration des Systems zu überwachen und defekte Konfigurationen automatisch zu ersetzen.

Alle Personendaten, die für die Authentifizierung des beteiligten Personals notwendig sind, werden gemäß den Vorgaben des Schweizer Datenschutzgesetzes sowie der DSGVO verarbeitet, und die Datensicherheit ist entsprechend den geltenden Gesetzen gewährleistet.

2.3 Bedienterminal

Als Bedienterminals werden für TrackOps Depot im Depot Glisergrund Panasonic Toughbook Tablets eingesetzt. Diese sind für die rauen Bedingungen konzipiert, welche im Gleisfeld vorherrschen, und gewährleisten einen zuverlässigen Einsatz. Die Tablets werden mit einem gehärteten Windows betrieben, welches die Security-Anforderungen erfüllt. Auf den Fahrzeugen erfolgt die Netzwerkanbindung der Tablets über das Mobilfunknetz mittels Private APN. Zusätzlich gibt es fix installierte Tablets im Depotbereich, welche über Ethernet an das Netzwerk angeschlossen sind. Diese werden in abschließbaren Schaltschränken vor unbefugtem Zugriff geschützt.

Zum Schutz des Systems ist die einzige Applikation auf dem Tablet ein Browser, welcher die Web-Applikation der mobilen Depotsteuerung aufruft. Die Kommunikation zwischen den Bedienterminals und dem TrackOps-Server ist durch Zertifikate gesichert. Alle Verbindungen in die Cloud sind VPN basiert. Bei einem Mobilfunknetzausfall erfolgt die Bedienung über die fix installierten Tablets. Bei einem Ausfall von TrackOps Depot können alle Bedienhandlungen auch durch den Fahrdienstleiter in der BLZ vorgenommen werden (Rückfallebene).

2.4 Bedienungsbeschreibung

Bei der Benutzeranmeldung wird auf die Authentifizierung des Authentifizierungssystems der MGBahn zurückgegriffen. Auf diese Weise werden Nutzerdaten, Rechte und Rollen auf einem System zentral gepflegt und werden auch nur auf diesem vorgehalten, sodass die Sicherheit dieser Daten zu jeder Zeit gewährleistet ist.

Für das Rangieren sind im Betriebskonzept die Rollen Rangierleiter und Rangierer definiert. Beiden Rollen wird die Übersicht über den Betriebszustand im Depotbereich zur Verfügung gestellt. Dem Rangierleiter ist es aber zudem möglich, Bedienhandlungen

The gap between development and operations is being closed thanks to cutting-edge DevOps initiatives in software engineering such as continuous integration (CI) and continuous deployment (CD). The various functions are moving closer together, which brings with it a number of advantages:

- security throughout the process, from the design through to the operations
- automated software tests, for better reproducibility (regression tests) and broader coverage (test coverage) of the requirements with reduced costs
- the provision of new software builds, so that new functionalities or updates can swiftly be incorporated into operations
- a standardised and automated procedure for the deployment of software builds, so that disruptions in the process can be avoided and any necessary corrective measures can be implemented more quickly
- the use of Kubernetes as an orchestrator for monitoring the proper system configuration and automatically replacing any defective configurations.

All the personal data that is necessary for authenticating the personnel involved is processed in accordance with the provisions of the Swiss Data Protection Act, as well as the GDPR, and data security is ensured in compliance with the applicable law.

2.3 The operator terminal

Panasonic Toughbook tablets are used as operator terminals for TrackOps Depot at the Glisergrund Depot. They are designed for the tough conditions that prevail in the trackside environment and ensure reliable use. The tablets run on a hardened Windows operating system that meets the security requirements. On vehicles, the tablets are connected via the mobile phone network by means of a private APN. In addition, tablets have been installed at fixed locations in the depot area and are connected to the network via the Ethernet. They are kept in lockable control cabinets protected against any unauthorised access.

In order to protect the system, the only application on the tablet is a browser which calls up the mobile depot controller web application. The communication between the operator terminals and the TrackOps server is secured by means of certificates. All the connections to the cloud are VPN-based. In the event of a mobile phone network failure, the operations will continue using the tablets installed at the fixed locations. If TrackOps Depot fails, all the operator actions can also be carried out by the signaller at the operations control centre (the fallback level).

2.4 User instructions

MGBahn's authentication system is used for authentication when a user logs in. In this way, user data, privileges and roles are centrally maintained on a system and are also held only on this system, so as to ensure the security of the data at all times.

The roles of the foreman shunter and the shunter in shunting are defined in the operating concept. Both roles have an available overview of the operating status in the depot area. However, the foreman shunter can also perform operator actions. In order to enable the foreman shunter to take active control of the depot, the signaller must first surrender their access rights to the local control of the depot in accordance with the defined procedure (the operating concept). The foreman shunter will then have the option of requesting active local control over the depot. If a foreman shunter is already actively logged in, control can be transferred either by being requested or by being surrendered. Only one person is allowed to perform operator actions in TrackOps

vorzunehmen. Um dem Rangierleiter die aktive Steuerung des Depots zu ermöglichen, muss der Fahrdienstleiter gemäß dem dafür definierten Prozess (Betriebskonzept) zunächst die Bedienhoheit über die lokale Bedienung des Depots abgeben. In der Folge hat der Rangierleiter die Möglichkeit, die aktive lokale Steuerung des Depots anzufragen. Ist bereits ein Rangierleiter aktiv angemeldet, kann die Übergabe der Bedienung erfolgen, indem sie entweder angefragt oder abgegeben wird. Bei TrackOps Depot ist es zu jedem Zeitpunkt nur einer einzigen Person erlaubt, Bedienhandlungen vorzunehmen. Damit werden die klaren Verantwortlichkeiten durch das System sichergestellt, und der sichere Betrieb wird zu jeder Zeit gewährleistet.

In der Rolle des Rangierleiters können mit TrackOps Depot Rangierfahrstraßen selbstständig eingestellt und die Torklingeln des Depotgebäudes bedient werden. Für Ausnahmefälle ist es zudem möglich, eine eingelaufene Rangierfahrstraße in Einzelteile aufzulösen. Falls eine Rangierfahrstraße aufgrund einer konkurrierenden Fahrstraße nicht eingestellt werden kann, wird die betreffende Rangierfahrstraße in den Fahrstraßenspeicher übertragen und eingestellt, sobald alle notwendigen Elemente verfügbar sind. Sollte die Abmeldung vergessen werden oder sollte ein Tablet verloren gehen, wird der Nutzer nach einer einstellbaren Zeit automatisch abgemeldet. Es ist auch jederzeit möglich, einem Nutzer bzw. einem Tablet die Berechtigung der Bedienung zu entziehen (Entzug des Zertifikates), sollte es gestohlen werden.

Für den Unterhaltsdienst ist im Betriebskonzept von TrackOps Depot eine separate Rolle definiert. In dieser ist es möglich, Weichen oder Weichengruppen für Rangierfahrstraßen kurzfristig zu sperren und umlaufen zu lassen.

Auf der Benutzeroberfläche wird das Gleisbild des Depots inklusive der Weichenstellungen und Gleisbelegungen angezeigt. Die Anzahl der Nutzer, die nur sehen können, ist nicht begrenzt. Es ist jederzeit ersichtlich, ob die lokale Bedienung vom Fahrdienstleiter aktiviert wurde. Wie für solche Anwendungen üblich, gilt das Gleisbild als „nicht sichere Anzeige“, aus der keine sicherheitskritischen Entscheidungen abgeleitet werden dürfen. Damit die angezeigten Informationen verlässlich sind, wird eine redundante Anbindung des TrackOps-Servers an das Iltis N verwendet. Hierbei werden die eintreffenden Informationen beider Kanäle miteinander verglichen und nur dann angezeigt, wenn diese übereinstimmen.

2.5 Komponenten und Services

Ein Kernelement der genutzten Standardkomponenten von Drittanbietern ist das weit verbreitete Kubernetes. Dabei handelt es sich um eine Open-Source-Software, welche die Rolle des Orchestrators und damit die Bereitstellung und Verwaltung von Anwendungen oder Modulen in Instanzen übernimmt. Für diese Instanzen werden Container mit Prozessen zur Bereitstellung, Wartung und Skalierung ausgeführt. In diesen Containern können Microservices oder ganze Lösungen betrieben werden. Kubernetes verwaltet den Cluster, um die Ausfallsicherheit durch redundante Instanzen sicherzustellen. Im Anwendungsfall des TrackOps-Servers ist dies ein Amazon EC2 Cluster, welches als gemeinsame, redundante Infrastruktur genutzt wird.

Der TrackOps-Server wird auf einem schlanken und gehärteten Linux betrieben, welches von allen Instanzen als Basis genutzt wird. Der TrackOps-Server ist dabei so konzipiert, dass weitere Depots in der gleichen Umgebung betrieben werden könnten. Kubernetes stellt dafür sogenannte Namespaces zur Verfügung, welche unüberwindbare Barrieren zwischen einzelnen Instanzen aufweisen. Hierdurch können gegenseitige Beeinflussung, Rückwirkun-

Depot at any one time. This means that clear responsibilities are ensured by the system and safe operations are guaranteed at all times.

TrackOps Depot can be used in the role of the foreman shunter to set shunting routes independently and to operate the depot building's doorbells. In exceptional cases, it is also possible to divide an entered shunting route into separate sections. If a shunting route cannot be configured due to a competing route, the shunting route concerned is transferred to the route memory and configured as soon as all the necessary elements become available. If a user forgets to log out or if a tablet is lost, the user will be automatically logged out after a configurable time. It is also possible to withdraw operating privileges from a user or a tablet at any time (withdrawal of certificate), if it is stolen.

A separate role is defined for the maintenance service in the TrackOps Depot operating concept. It is possible to temporarily block and throw points or point control units for shunting routes in this role.

The user interface displays the depot's track image, including the point positions and track occupancies. The number of users who are able to view only is unlimited. It is always possible to see whether local control has been activated by the signaller. As is normal for such applications, the track image is considered to be a "non-secure display", on which safety-critical decisions must not be based. A redundant connection is used between the TrackOps server and the Iltis N control system so that the displayed information is reliable. The information incoming on both channels is compared and only displayed if it matches.



Digitalisierung von Bahnbaustellen mittels Cloudlösung Minimel Web Uplink

- Standortunabhängige Überwachung (PC/Tablet/Smartphone)
- Kompakt, unscheinbar, nachrüstbar
- Effizienter Warnsystembetrieb
- Betriebsdaten für statistische Auswertungen



www.schweizer-electronic.com

safety on tracks

gen und die Weiterausbreitung von Fehlfunktionen beispielsweise zwischen verschiedenen Depots ausgeschlossen werden.

Das Deployment der einzelnen Komponenten kann komplett voneinander getrennt vorgenommen werden. Somit kann man den TrackOps-Server aktualisieren, ohne die Tablets neu zu provisionieren.

Durch diese Entkoppelung wird eine hohe Flexibilität erreicht und die Sicherheit des Systems erhöht. Die Notwendigkeit für Wartungsfenster entfällt, da die genutzten Komponenten ein unterbrechungsfreies Update der Systemkomponenten ermöglichen.

3 Betrieb und Wartung

Um einen Betrieb von TrackOps Depot mit möglichst wenig manuellem Aufwand und Eingreifen sicherstellen zu können, wurde ein möglichst hoher Automatisierungsgrad bei der Überwachung angestrebt. Dazu werden notwendige Daten automatisiert gesammelt, gespeichert, ausgewertet und mit vorgegebenen Referenzwerten und Limits verglichen. Sollten Limits über- bzw. unterschritten werden, trifft das System – soweit möglich – automatisch Gegenmaßnahmen. So können vom System bestimmte Korrekturen von Anomalien vorgenommen werden, beispielsweise der automatisierte Umzug des Systems auf eine andere Infrastruktur im Falle eines Hardwarefehlers. Weiter ist das System in der Lage, Lastspitzen automatisiert zu brechen und so die Leistungsfähigkeit sicherzustellen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass sich Softwarefehler durch die Continuous-Integration- und Continuous-Delivery-Prozesse unbemerkt bis ins produktive System auswirken können, ist dank der engen Verknüpfung von Entwicklung und Betrieb und auch durch automatisierte Tests als äußerst gering einzustufen. Für diesen Fall sind bei TrackOps Depot spezifische und automatisierte Mechanismen vorgesehen, welche Anomalien erkennen und Module und/oder Komponenten des Systems neu starten können, um die Funktionalität des Gesamtsystems sicher zu stellen.

Durch zielgerichtetes Reporting und Logging ist es mit dem DevOps-Konzept möglich, Rückschlüsse aus dem Betriebszustand des Produktsystems zu ziehen und dessen Gesamtzustand zu beurteilen. Falls sich Korrekturbedarf abzeichnet, kann eine Aktualisierung geplant und über die Continuous-Delivery-Pipeline rasch und unterbrechungsfrei durchgeführt werden. Oftmals kann so ein kostspieliger Einsatz in der Nacht oder an Wochenenden verhindert werden.

4 Fazit

Mit TrackOps Depot steht erstmals eine mobile Depotsteuerung zur Verfügung, welche Public-Cloud-Infrastrukturen und State-of-the-Art-Softwaretechnologien im sicherheitskritischen Bahnumfeld einsetzt. Bei der Konzeption der Lösung standen die einfache, selbsterklärende und zuverlässige Bedienmöglichkeit für das Rangierpersonal vor Ort sowie die nahtlose Integration mit dem Leitsystem im Vordergrund. Die bekannten Bedienkonzepte aus Itis N wurden in der Benutzeroberfläche soweit möglich eingehalten und situationsbezogen für den Anwendungsfall im Depotbereich optimiert.

TrackOps Depot setzt Cloud-Technologien und die Möglichkeiten der Digitalisierung und Vernetzung ein, um eine kooperative Betriebsführung zwischen Fahrdienstleitern in der BLZ und dem Rangierpersonal im Depotbereich zu ermöglichen. Alle an der Betriebsführung beteiligten Rollen erhalten eine Gesamtsicht auf die Bahnanlage. Dadurch ergeben sich einfachere Abläufe und schlankere Kommunikationsprozesse, welche sowohl die Fahrdienstleiter in der

2.5 Components and services

Kubernetes is a core element of the standard third-party components that are used. This is open-source software which performs the role of the orchestrator, handling the deployment and management of applications or modules in instances. Containers with processes for deployment, maintenance and scaling are executed for these instances. Microservices or entire solutions can be operated in these containers. Kubernetes manages the cluster in order to ensure fault tolerance through redundant instances. In the case of the TrackOps server, this is an Amazon EC2 cluster which is used as a shared redundant infrastructure.

The TrackOps server is run on a lean and hardened Linux system, which all the instances use as their basis. The TrackOps server is designed so that additional depots could be operated in the same environment. For this purpose, Kubernetes provides what are referred to as namespaces, which have insurmountable barriers between the individual instances. In this way, the possibility of reciprocal interference, feedback effects and the spread of malfunctions, for example between different depots, can be excluded.

The individual components can be deployed completely separately from one another. Consequently, you can update the TrackOps server without reprovisioning the tablets.

This decoupling means that a high level of flexibility is achieved and the system security is increased. Maintenance windows are no longer needed, as the used components enable the continuous updating of the system components.

3 Operation and maintenance

The aim is the maximum possible automation of monitoring in order to ensure that TrackOps Depot can be operated with as little manual effort and intervention as possible. The data required for this is automatically collected, stored, analysed and compared with specified reference values and limits. If the limits are exceeded or not reached, the system implements automatic countermeasures, where possible. In this way, the system can correct certain anomalies: for example, it can automatically transfer the system to a different infrastructure in the event of a hardware error. The system is also able to shave load peaks, thereby ensuring performance capability.

The probability of software errors being able to have an unnoticed impact on the production system due to the continuous integration and continuous delivery processes can be classified as extremely low as a result of the close linking of development, operations and automated testing. TrackOps Depot provides specific automated mechanisms for this purpose which can detect anomalies and restart system modules and/or components, so as to ensure the functionality of the overall system.

The DevOps concept makes it possible to draw conclusions from the operating status of the live system and to assess its overall status through targeted reporting and logging. If it becomes clear that a correction is needed, an update can be quickly planned and implemented without any interruption by means of the continuous delivery pipeline. Costly intervention at night or at weekends can often be avoided in this way.

4 Conclusion

TrackOps Depot is the first mobile depot controller to use public cloud infrastructure and state-of-the-art software technologies in a safety-critical railway environment. The solution's design is centred around simple, self-explanatory and reliable operator

BLZ als auch die lokalen Rangierleiter und das Rangierpersonal im Depot entlasten.

Zum Einsatz kommen handelsübliche Hardware- und praxiserprobte Komponenten aus dem Softwarebereich, welche die geforderten Standards im Bereich Cybersecurity erfüllen. Die funktionale Sicherheit wird durch den modularen Aufbau der Lösung auf bewährten Stellwerken und Leitsystemen jederzeit gewährleistet. Diese Kombination stellt eine zukunftsorientierte Lösung zur Verfügung, welche die Skalierung und damit die Ausrüstung weiterer Depots ohne aufwendige Umbauten der Bahninfrastruktur ermöglicht.

Die Umsetzung von TrackOps Depot im Depot Glisergrund der MGBahn zeigt eindrücklich, wie das Potenzial von Digitalisierung und Vernetzung mittels Einsatzes von modernen Softwaretechnologien und Public-Cloud-Infrastrukturen auf einfache Art und Weise nutzbar gemacht werden kann. ■

AUTOREN | AUTHORS

Jörg Schütte

Project Manager TrackOps Depot
Siemens Mobility AG
Anschrift / Address: Hammerweg 1, CH-8304 Wallisellen
E-Mail: joerg.schuette@siemens.com

Jonas Kley

Head of Product Management – Traffic Management Systems
Siemens Mobility AG
Anschrift / Address: Hammerweg 1, CH-8304 Wallisellen
E-Mail: jonas.kley@siemens.com

Alfons Noti

Responsible safety device railway equipment
Matterhorn Gotthard Bahn
Anschrift / Address: Bahnhofplatz 7, CH-3900 Brig
E-Mail: alfons.noti@mgbahn.ch

controls for on-site shunting personnel and seamless integration with the control system. The operating concepts that are familiar from Iltis N have been left unchanged in the user interface as far as possible and have been optimised for use in different situations in the depot area.

TrackOps Depot uses cloud technologies and the capabilities of digitalisation and networking to enable operations to be managed cooperatively between signallers in the operations control centre and the shunting personnel in the depot area. All the roles involved in operation management are provided with an overview of the railway infrastructure. This results in simpler procedures and leaner communication processes, which lighten the workload for both the signallers in the operations control centre and the local foreman shunters and shunting personnel in the depot area.

Commercially available hardware components and field-tested software components that meet the required standards in terms of cybersecurity are used. Functional security is assured at all times by the modular structure of the solution on tried and tested interlockings and control systems. This combination provides a forward-looking solution that enables scaling and thus the equipping of further depots without the need for costly modifications to the railway infrastructure.

The implementation of TrackOps Depot in MGBahn's Glisergrund depot clearly demonstrates how the potential of digitalisation and networking can readily be exploited by using state-of-the-art software technologies and public cloud infrastructure. ■

LITERATUR | LITERATURE

<https://www.matterhorngotthardbahn.ch/de/gliserggrund/>



Bahnhofinfrastrukturplanung aus einer Hand - von WSP

Werden Sie Teil unseres **interdisziplinären Expertenteams** und wirken Sie in den **bedeutenden und komplexen Eisenbahninfrastrukturprojekten Deutschlands** mit.

WSP bietet Ihnen hervorragende Perspektiven als **Planungsingenieure** und **Projektleiter** der Gewerke **Leit- und Sicherungstechnik, Oberleitungsanlagen, Elektrotechnik, Telekommunikation, Verkehrsanlagen** und **Ingenieurbauwerke**.

40	150	55.300
JAHRE BAHNEXPERTISE IM DEUTSCHEN MARKT	MITARBEITENDE IM BAHNSEKTOR IN DEUTSCHLAND	MITARBEITENDE WELTWEIT

beruf.wsp.com

WSP Infrastructure Engineering GmbH
Frankfurt/Main | Berlin Braunschweig Dresden Hannover Leipzig
wsp-ie@wsp.com | wsp.com

Maschinelles Lernen für sicherheitsrelevante Entscheidungen in der Eisenbahnautomatisierung?

Machine learning for safety related decisions in railway automation?

Jens Braband

Trotz des großen Hypes um Künstliche Intelligenz (KI) gibt es noch keine Variante, die komplett automatisiert sicherheitsrelevante Entscheidungen treffen darf. Zwar gibt es teilweise Fortschritte in der Automobiltechnik, diese betreffen aber entweder Assistenzsysteme oder sehr eingeschränkte Betriebsszenarien z. B. auf der Autobahn bei geringer Geschwindigkeit und gutem Wetter. Für die Eisenbahnautomatisierung ist es aber wichtig, Algorithmen zu haben, die sicherheitsrelevante Entscheidungen unter allen Randbedingungen automatisiert treffen dürfen, z. B. weil dies mit konventioneller Technik schon erlaubt ist.

Die populären Techniken der KI, die Verfahren zum Maschinellen Lernen (ML) sind einerseits sehr komplex und schwer erklärbar, andererseits sind Daten oft auch sehr hochdimensional und die Umgebungsbedingungen schwierig, sodass häufig mehrfache Probleme beim Einsatz von ML vorliegen und schwer erkennbar ist, welche die wesentlichen Probleme darstellen.

Daher wurde ein Versuch gemacht, nach dem Einstein zugeschriebenen Motto „Man muss die Dinge so einfach wie möglich machen. Aber nicht einfacher“ eine Aufgabenstellung zu finden, die einerseits einfach ist, andererseits aber auch nicht trivial, sodass die wesentlichen Probleme der ML-Anwendung für sicherheitsrelevante Entscheidungen deutlich werden, und gleichzeitig störende Randeffekte minimiert werden. Dabei wurde schnell klar, dass es sich um eine künstliche Aufgabenstellung mit bekanntem Ergebnis handeln muss, insbesondere auch, um die Qualität der Ergebnisse eindeutig bewerten zu können.

1 Ein einfaches Entscheidungsproblem

Die Wahl fiel dabei schnell auf ein einfaches Entscheidungsproblem, wie es in den meisten Lehrbüchern zur KI, z. B. [1], schon auf den ersten Seiten vorkommt und das jedem Experten wohl bekannt ist, da meistens die Grundprinzipien daran erläutert werden: Es liegt ein Datensatz mit einer zusätzlichen binären Klassifikation, d. h. einem Label, vor, z. B. „Rot“ für ein haltzeigendes Signal und „Grün“ für ein fahrtzeigendes Signal. Dies ist das einfachste Problem einer Signalerkennung, z. B. an einer Ampel oder einem einfachen Eisenbahnsignal. In der Regel sind die Daten, z. B. Bilddaten, hochdimensional, aber durch Extraktion von Features kann man bei einfachen Entscheidungsproblemen oft die Dimension reduzieren. Im vorgeschlagenen Beispiel wird in den Lehrbüchern nur von zwei Dimensionen ausgegangen, dies hat den Vorteil, dass man die Daten einfach visualisieren kann.

Despite the great deal of hype about artificial intelligence (AI), there is still no variant that can make completely automated safety-relevant decisions. Although there have been some advances in automotive technology, these concern either assistance systems or very limited operating scenarios, e.g. on motorways at low speeds and good weather. For railway automation, however, it is important to have algorithms that are allowed to make safety-relevant decisions automatically under all the boundary conditions, i.e. because this is already permitted with conventional technology.

On the one hand, the popular AI techniques, i.e. machine learning (ML) methods, are highly complex and difficult to explain, while on the other hand the data is often very high dimensional and the environmental conditions complex, so that multiple problems often arise during the use of ML and it is difficult to recognise what the main problems are.

An attempt was therefore made to find a definition of the task that is simple, but also not trivial, in line with the motto attributed to Einstein, “Things have to be made as simple as possible. But not simpler”, so that the essential problems of the ML application for safety-relevant decisions would become clear and any disturbing side effects would be minimised at the same time. It quickly became clear that this had to be a synthetic task with a known result, especially in order to be able to clearly evaluate the quality of the results.

1 A simple decision problem

A simple decision problem was quickly chosen. It is one that appears on the first pages of most AI textbooks, e.g. [1], and which is well-known to every expert, since the basic principles are usually explained by the following problem: there is a data set with an additional binary classification, i.e. a label such as “red” for a stop signal and “green” for a go signal. This is the simplest type of signal detection problem, such as at a traffic light or a simple railway signal. The data, i.e. images, is typically high dimensional, but the dimension can often be reduced for simple decision-making problems by extracting the features. Only two dimensions in the proposed example are assumed in the textbooks. This has the advantage that the data can be easily visualised.

Fig. 1 shows an example of just such a data set with colours representing the classification. This means that, if a new unclassified point is added, the question arises: “Should the new point

Bild 1: Beispiel-Datensatz

Fig. 1: Example Data Set

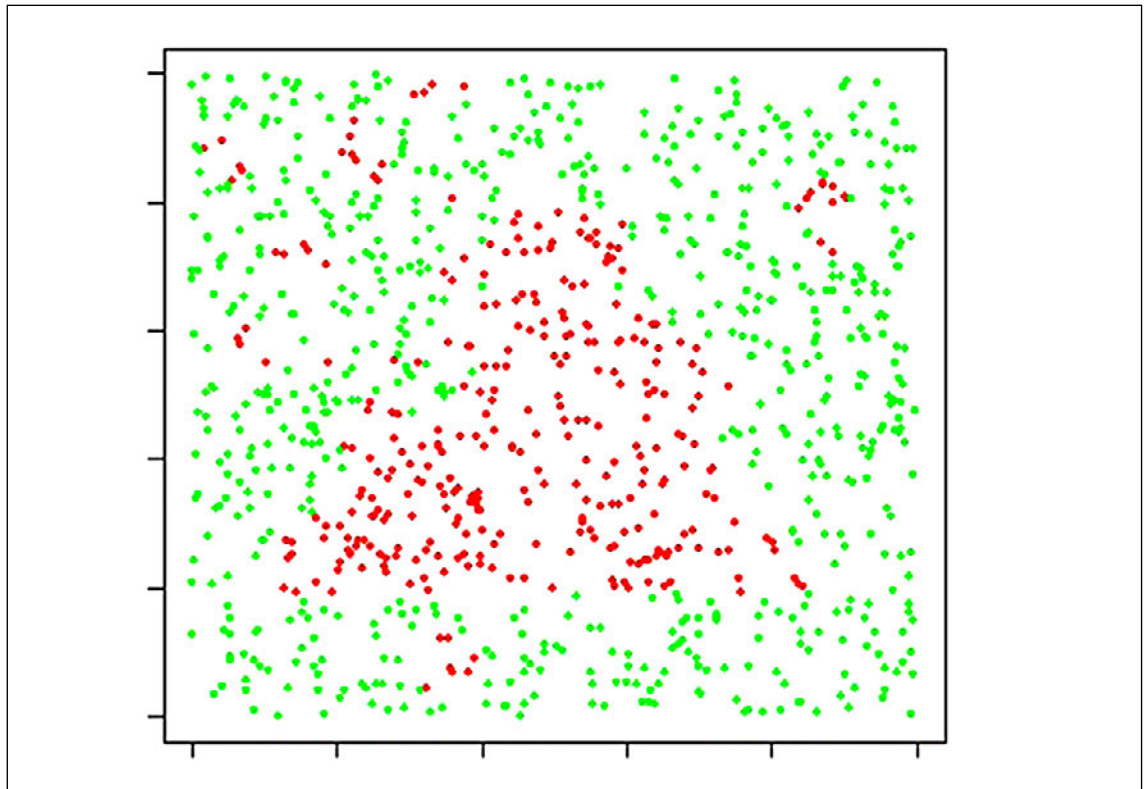


Bild 1 zeigt ein Beispiel für einen solchen Datensatz, wobei die Farbe die Klassifikation darstellt. Wenn jetzt ein neuer umklassifizierter Punkt dazukommt, stellt sich die Frage: „Sollte der neue Punkt rot oder grün klassifiziert werden?“. Generell können dann zwei Fehler gemacht werden:

- Wird ein eigentlich roter Punkt als grün klassifiziert, so haben wir ein Sicherheitsproblem, denn ein Fahrzeug würde jetzt am eigentlich haltzeigenden Signal vorbeifahren dürfen.
- Wird ein eigentlich grüner Punkt als rot klassifiziert, so gibt es ein Verfügbarkeitsproblem, denn das Fahrzeug stoppt am eigentlich fahrtfreigebenden Signal.

Der Vorteil ist, dass man bei einem solchen synthetischen Datensatz alle Parameter in der Hand hat, d. h. man kennt die „Wahrheit“ (ground truth) und kann auch einige Probleme, die sich sonst in praktischen Anwendungen ergeben, einfach ausblenden:

- Die Daten stehen in beliebiger Anzahl zur Verfügung, sowohl zum Training als auch zur Validierung.
- Alle Daten sind korrekt klassifiziert.
- Die Daten sind identisch und unabhängig verteilt, d. h. sie sind repräsentativ, und die Verteilung ändert sich nicht mit der Zeit, z. B. weil sich die Umgebung verändert.
- Es wurde angenommen, dass die Datensätze separabel sind, d. h. es gibt eine ideale Trennung der Bereiche.

Damit kann man sich auf die folgenden wesentlichen Aufgaben konzentrieren:

- Unter welchen Annahmen kann man eine verlässliche Abschätzung für die Fehlklassifikationswahrscheinlichkeit erhalten?
- Mit welcher Konfidenz kann man die Fehler abschätzen?
- Wie kann man die Sicherheitsargumentation führen?

Wenn man diese Aufgaben selbst für diese einfache Aufgabenstellung nicht so lösen könnte, dass ein Einsatz in sicherheitsrelevanten Anwendungen möglich ist, dann müsste man den Einsatz von ML generell für solche Anwendungen in Frage stellen. Man könnte dann allerdings genau eingrenzen, warum man geschei-

be classified as red or green?“. In general, two mistakes can be made:

- If a red dot is classified as green, we have a safety problem, because a vehicle will be allowed to drive past the signal that actually shows a stop.
- If a green dot is classified as red, there is an availability problem, because the vehicle will stop at a signal that is actually releasing it for travel.

The advantage lies in the fact that one has all the parameters to hand with such a synthetic data set, i.e. the “truth” (ground truth) is known and some problems that otherwise arise in practical applications can also be easily dismissed:

- the data is available in any sample size, both for training and validation
- all the data is correctly labelled
- the data is identically and independently distributed, i.e. it is representative and the distribution does not change over time, e.g. because the environment changes
- it was assumed that the data sets were separable, i.e. there was an ideal separation of the areas.

This made it possible to concentrate on the following essential tasks:

- Under what assumptions can a reliable estimate of the probability of misclassification be obtained?
- With what degree of confidence can the errors be estimated?
- How can the safety argument be made?

If even such a simple task was unable to be solved in this way so that it could be used in safety-relevant applications, it would prove necessary to question the use of ML for such applications in general. However, it would then be possible to narrow down exactly why it had failed. If, however, the task was able to be solved, it would still be necessary to resolve the problems dismissed above for concrete applications, but it would be a start.

tert ist. Wenn man diese Aufgabe lösen könnte, müsste man allerdings für konkrete Anwendungen noch die oben ausgeblendeten Probleme lösen, aber ein Anfang wäre gemacht.

2 Der Wettbewerb

Natürlich müsste man jetzt dieses Problem mit möglichst vielen Methoden, unter verschiedenen Annahmen etc. angehen. Um hier eine möglichst große Diversität zu erreichen und den Aufwand begrenzt zu halten, hat sich die Siemens Mobility GmbH entschieden, diese Aufgabe als Studentenwettbewerb offen auszusprechen. Der sogenannte „AI – Dependability Assessment – Student’s Challenge“ (AI-DA-SC) genannte Wettbewerb lief vom 15. Februar 2021 bis zum 16. Juli 2021. Teilnahmeberechtigt waren Teams von bis zu drei Studierenden, die noch keinen Dokortitel erworben hatten.

Die Ausschreibung und Durchführung des Wettbewerbs erfolgte über eine Webseite ([2], siehe Link zur Website weiter unten), auf der drei Datensätze unterschiedlichen Umfangs und unterschiedlichen Charakters bereitgestellt wurden. Die Teams sollten als Wettbewerbsbeitrag eine Ausarbeitung mit dem gewählten Modell, der Abschätzung der Fehlerrate sowie einem Sicherheitsargument einreichen. Dabei wurde ein eher moderates Sicherheitsziel von 1:1000 für eine sicherheitsgerichtete Fehlklassifikation vorgegeben, da gleichzeitig auch die Anzahl der Datensätze relativ klein gehalten wurde (1000-50 000). Dies entspricht einerseits eher der typischen Größe von Datensätzen in der Eisenbahnautomatisierung, andererseits sollten die Berechnungen auch ohne Spezialhardware ausgeführt werden können.

Diese Ausarbeitungen wurden von einer Expertenjury bewertet, die aus

- Prof. Dr.-Ing. Corinna Salander (Leiterin des DZSF, Honorarprofessorin Universität Stuttgart),
 - Prof. Dr. Martin Fränzle (Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg),
 - Prof. Dr. Volker Tresp (Siemens AG, Honorarprofessor LMU München)
- sowie dem Autor bestand. Jede Einreichung wurde von mindestens drei (teilweise zusätzlichen) Experten bewertet. Anschließend erhielten die Teams zusätzliche, unklassifizierte Validierungsdatensätze, anhand derer die Fehlerabschätzungen praktisch überprüft wurden.

Insgesamt wurden 32 Arbeiten von 18 Universitäten aus 15 Ländern eingereicht. Diese Ausarbeitungen deckten nicht nur praktisch alle bekannten ML-Modelle ab, von statistischen Ansätzen bis zu Neuronalen Netzwerken, sondern auch Kombinationen von Modellen oder sogar eigene innovative Ansätze.

Aufgrund dieser Bandbreite beschloss die Jury, drei erste Preise zu verteilen, und zwar für

- den besten Original-Beitrag,
 - die beste Balance zwischen Sicherheit und Verfügbarkeit,
 - das beste praktische Ergebnis
- sowie fünf zweite Preise.

3 Die Ergebnisse

Um es gleich vorwegzunehmen: Kein Team, auch die Gewinner nicht, konnte eine theoretische Abschätzung abgeben, mit der das Sicherheitsziel erreicht werden konnte. Hinzu kam, dass in über der Hälfte der Fälle die praktische Validierung schlechter ausgefallen ist als die eigene theoretische Abschätzung. Praktisch konnten nur wenige Teams das Sicherheitsziel erreichen oder ihm sehr nahekommen, einige davon aber nur auf Kosten einer inakzeptablen Verfügbarkeit. Bild 2 illustriert dies für einen Datensatz:

2 The competition

Of course, this problem would now have to be tackled with as many methods as possible, under different assumptions, etc. In order to achieve a wide degree of diversity and to limit the effort, Siemens Mobility GmbH decided to openly advertise this problem as a student competition. The so-called “AI – Dependability Assessment – Student’s Challenge” (AI-DA-SC) competition ran from 15th February 2021 to 16th July 2021. Teams of up to three students who had not yet obtained a doctorate degree were eligible to participate.

The publication of the problem and the implementation of the competition took place via a website ([2], see link to website below) on which three data sets of different sizes and properties were made available. The teams were required to submit a paper with their chosen model, the estimated error rate and a safety argument as their competition entry. A rather moderate safety target of 1:1000 was specified for a safety-related misclassification, since the number of data records was also kept relatively small (1000-10,000). On the one hand, this more or less corresponds to the typical size of data sets in railway automation, while, on the other hand, the calculations were also supposed to have been able to be carried out without the need for any special hardware.

The submissions were evaluated by a jury of experts consisting of

- Prof Dr-Ing Corinna Salander (Head of DZSF, Honorary Professor University Stuttgart),
- Prof Dr Martin Fränzle (Carl-von-Ossietzky-University Oldenburg),
- Prof Dr Volker Tresp (Siemens AG, Honorary Professor LMU Munich)

and the author. Each submission was evaluated by at least three (sometimes more) experts. The teams then received additional, unclassified validation datasets that were used to practically verify their error estimates.

A total of 32 submissions from 18 universities and 15 countries were submitted. These submissions covered not only virtually all the known ML models, from statistical approaches to neural networks, but also combinations of models or even new innovative approaches.

Based on this diversity, the jury decided to award three first prizes in the following categories

- the best original approach,
 - the best balance between safety and availability,
 - the best practical result
- and five second prizes.

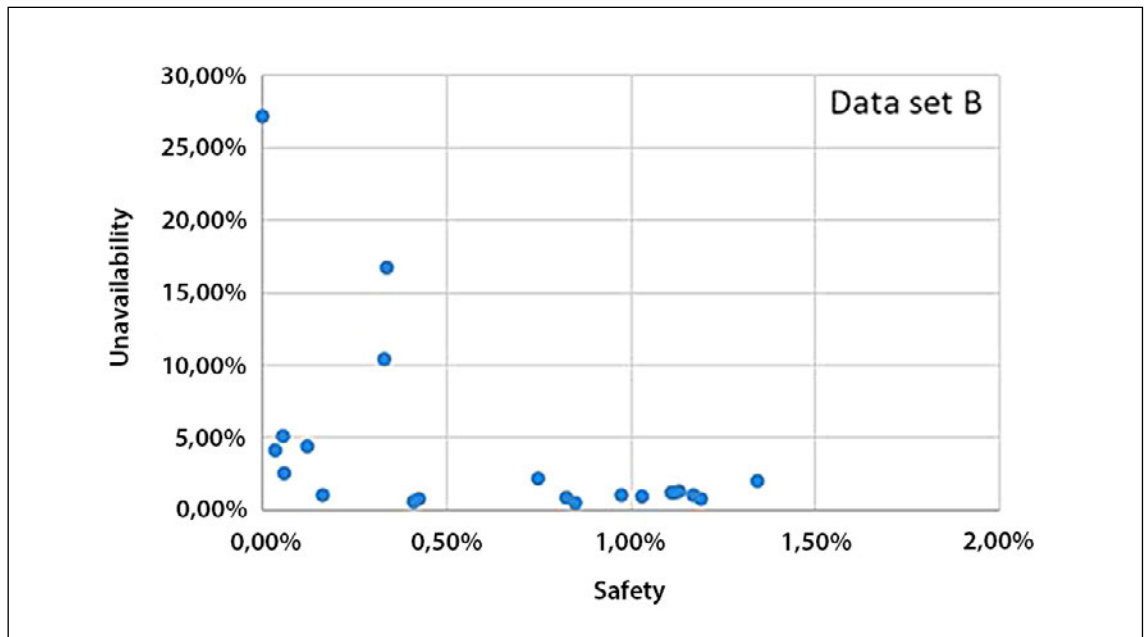
3 The results

In order to break the suspense, no team, not even the winners, was able to give a theoretical argument that achieved the safety goal. In addition, the practical validation was worse than our own theoretical forecast in more than half the cases. In practice, only a few teams were able to achieve the safety goal or to come quite close to it, but even some of them only did so at the expense of unacceptable availability. Fig. 2 illustrates this for a data set: the safety target corresponded to 0.1 % misclassifications and the hidden goal was to minimise unavailability. Each point represents the results of a team.

- Almost all the teams avoided making any additional assumptions, even though this was sometimes obvious. For example, the uniform distribution of the data points in fig. 1 seems obvious and could also have been statistically checked.

Bild 2: Das Verhältnis von Sicherheit und Verfügbarkeit

Fig. 2: Relationship between Safety and Availability



Das Sicherheitsziel entspräche 0,1 % Fehlklassifikationen, und dabei sollte die Nichtverfügbarkeit minimiert werden. Jeder Punkt repräsentiert die Ergebnisse eines Teams.

Über die Gründe dafür kann man eher nur spekulieren, aber auffällig war:

- Fast alle Teams haben es vermieden, zusätzliche Annahmen zu machen, obwohl dies manchmal auf der Hand lag. Z.B. in Bild 1 scheint eine Gleichverteilung aller Datenpunkte offensichtlich und hätte auch statistisch plausibilisiert werden können.
- Einige Teams haben nicht alle Annahmen, die bez. der Datensätze vorgegeben waren, ausgenutzt, z. B. die Separation der Daten.
- In der Aufgabenstellung wurde bewusst offengelassen, auf welchem statistischen Vertrauensniveau die Untersuchungen erfolgen sollten. Viele Teams haben sich für deutlich höhere Niveaus als 95 % entschieden (wie z. B. bei wichtigen medizinischen Stu-

- Some teams did not take advantage of all the assumptions that were given, such as the separation of the data.
- The level of statistical confidence at which the investigations should be carried out was deliberately left open in the task. Many teams opted for levels significantly higher than 95 % (such as in major medical studies). However, a higher level of confidence worsens the estimates, i.e. it would also be necessary to agree on a uniform level for reasons of the comparability of the results.

4 The findings

Even though the task could not be solved, the competition brought many interesting insights. The multitude of ideas, some of them very creative, was also impressive. Since the prob-

Intelligente Lösungen für Transport & Logistik

- Sichere und hochverfügbare Übertragungsnetzlösungen
- Bahnbetriebliche IP-Netze

- Managed Security Services
- Digitaler Betriebsfunk für den ÖPNV



Besuchen Sie uns!
20. September - 23. September 2022
Halle 4.1b | Stand 440 | Berlin



dien). Ein höheres Vertrauensniveau verschlechtert allerdings die Abschätzungen, d. h. es wäre notwendig, sich auch aus Gründen der Vergleichbarkeit der Ergebnisse auf ein einheitliches Niveau zu einigen.

4 Erkenntnisse

Der Wettbewerb hat, obwohl die Aufgabe nicht gelöst werden konnte, viele interessante Erkenntnisse gebracht. Auch die Vielzahl teilweise sehr kreativer Ideen war beeindruckend. Da das Problem nicht gelöst wurde, wurde auch der Prozess, mit dem die Daten generiert wurden, nicht veröffentlicht. D. h. es ist weiter möglich, sich an der Lösung des Problems zu versuchen [2].

Bezüglich der angewandten ML-Algorithmen war kein klarer Trend erkennbar. Es gab sehr gute Ergebnisse sowohl mit klassischen Methoden wie Support Vector Machines als auch mit komplexeren Methoden wie Neuronalen Netzwerken. Dies könnte ggf. aber auch mit der relativen Einfachheit des Problems zusammenhängen, dass es hier keine Vorteile bezüglich der verwendeten Methode gab.

Es war erstaunlich, dass so viele theoretische Abschätzungen falsch waren bzw. sich in der Praxis als falsch herausgestellt haben, insbesondere, da viele Abschätzungen einfach auf statistischen Konfidenzintervallen beruhten. Vielleicht wurde diese Aufgabe von den Teams unterschätzt. Nur wenige Abschätzungen beruhten auf statistischer Lerntheorie, wobei auch dort eher auf klassischen Resultaten aufgesetzt wurde [3]. Allerdings wurde bei den Abschätzungen häufig lax mit den Annahmen umgegangen, wie z. B. Unabhängigkeit.

Alle Abschätzungen für die Fehlerwahrscheinlichkeit p_E für einen Klassifikator F folgten allerdings der folgenden Form (etwas vereinfacht nach [3], nicht alle Parameter waren in allen Varianten vorhanden):

$$p_E = R_{emp}[F] + c \sqrt{\frac{S_{F,n} + \ln^1/\delta}{n}} \quad (1)$$

Die grundsätzlichen Einflussfaktoren sind [3]

- die empirische Fehlerwahrscheinlichkeit $R_{emp}[F]$. Hier muss das Ergebnis der Validierung angesetzt werden, nicht das Ergebnis des Trainings.
- $S_{F,n}$ hängt von der strukturellen Komplexität des ML-Algorithmus F ab und dem Stichprobenumfang n . In der Regel ist dieser Term nur sehr schwer abschätzbar und meistens auch nur sehr konservativ.
- $1-\delta$ ist das angestrebte statistische Vertrauensniveau. Wenn dieses Niveau einmal festgelegt ist, geht es als Konstante ein.
- c ist eine Konstante, die für jede Abschätzung spezifisch ist und die alle anderen Einflüsse sammelt, z. B. von Verteilungsannahmen etc.

Man erkennt in Formel (1), dass man offensichtlich nicht besser werden kann als das Ergebnis der Validierung $R_{emp}[F]$. Dies ist nicht erstaunlich, sollte aber immer bedacht werden, da hier der Stichprobenumfang n linear eingeht. Im besten Fall wäre dieser Term null, d. h. es gibt keine Fehlklassifikationen in der Validierung. Aber auch in diesem Fall geht im zweiten Term die Wurzel des Stichprobenumfangs n in die klassischen Abschätzungen ein. D. h. um diesen Term um eine Größenordnung zu verringern, muss man den Stichprobenumfang ver Hundertfachen! Dies erklärt auch, warum die klassischen Abschätzungen im Wettbewerb schwach ausfielen.

Das bedeutet aber, dass ohne weitere Annahmen ein sehr großer Stichprobenumfang notwendig ist, um einen ML-Algorithmus für

lem was not resolved, the process used to generate the data was not published. This means that it is still possible to try to solve the problem [2].

There was no clear trend with regard to the used ML algorithms. Very good results were achieved both with classical methods such as support vector machines and with more complex methods such as neural networks. However, this could also be related to the relative simplicity of the problem, meaning that there were no advantages with regard to the method used.

It was amazing that so many theoretical estimates were wrong or turned out to be wrong in practice, especially since many estimates were simply based on statistical confidence intervals. Perhaps this task was underestimated by the teams. Only a few estimates were based on statistical learning theory, whereby classical results were also used [3]. However, the estimates were often lax and included assumptions, such as independence.

However, all the estimates for the error probability p_E for a classifier F followed the following form (somewhat simplified - not all the parameters were available in all the variants):

$$p_E = R_{emp}[F] + c \sqrt{\frac{S_{F,n} + \ln^1/\delta}{n}} \quad (1)$$

The basic influencing factors are [3]

- the empirical error probability $R_{emp}[F]$. Here, the result of the validation must be applied, rather than the result of the training.
- $S_{F,n}$ depends on the structural complexity of the ML algorithm F and the sample size n . As a rule, this term is very difficult to estimate and usually only very conservative.
- $1-\delta$ is the desired level of statistical confidence. Once this level has been set, it enters as a constant.
- c is a constant that is specific to each estimate and collects all other influences, e.g. distribution assumptions, etc.

You can see in formula (1) that it is obviously not possible to get a better result for the validation $R_{emp}[F]$. This is not surprising, but should always be considered, as here the sample size n declines linearly. In the best case, this term would be zero, i.e. if there were no misclassifications in the validation. But even in this case, the root of the sample size n is included in the classic estimates in the second term. This means that in order to reduce this term by an order of magnitude, you have to increase the sample size by a hundredfold! This also explains why the classic assessments were weak.

However, this also means that a very large sample size is necessary to qualify an ML algorithm for safety applications without any further assumptions. This therefore seems hopeless, at least for high safety requirements.

However, if you compare this situation with other complex problems in safety applications, you can see that safety assessment works best on a model-based basis. For example, the Binary Symmetric Channel (BSC) model has proven its worth in safe data transmission, the Arrhenius equation in reliability prediction or Markov models for evaluating safety architectures, etc. To paraphrase George P. Box, however, the following applies generally: "All the models are wrong, but some are useful", because these models never hold exactly. However, they have been supplemented with application rules in standardisation and calculation assumptions have been agreed, so that comparable results can be obtained in comparable applications. AI is completely missing this so far, but it is necessary for the successful safety approval of such procedures.

Sicherheitsanwendungen zu qualifizieren. Zumindest für hohe Sicherheitsanforderungen erscheint dies aussichtslos.

Vergleicht man diese Situation allerdings mit anderen komplexen Problemen in der Sicherheitstechnik, so erkennt man, dass Sicherheitsbewertung am besten modellbasiert funktioniert. Z. B. in der sicheren Datenübertragung hat sich das Modell des Binary Symmetric Channel (BSC) bewährt, oder die Arrhenius-Gleichung in der Zuverlässigkeitsvorhersage oder Markov-Modelle zur Bewertung von Sicherheitsarchitekturen etc. Frei nach George P. Box gilt allerdings für alle: „All the models are wrong, but some are useful“, denn exakt gelten diese Modelle niemals. Allerdings sind sie durch Anwendungsregeln in der Normung ergänzt worden, und man hat sich auf die Berechnungsgrundlagen geeinigt, sodass in vergleichbaren Anwendungen vergleichbare Ergebnisse herauskommen. Dies fehlt für KI bisher komplett, ist aber für erfolgreiche Zulassung von solchen Verfahren notwendig.

Um dann noch zu handhabbaren Datenumfängen zu kommen, lohnt es sich, die Bücher vom Turing-Preisträger Judea Pearl [4] zu lesen: Er kommt zur Erkenntnis, dass es notwendig ist „*ein Modell des Prozesses, der die Daten generiert, zu formulieren, oder zumindest einiger Aspekte dieses Prozesses*“. Dies entspricht dem oben formulierten Ansatz, Annahmen über das Datenmodell bzw. die Anwendungsumgebung aufzustellen (und zumindest zu plausibilisieren), um die Komplexität des ML-Modells und den benötigten Datenumfang zu reduzieren.

5 Zusammenfassung

Auch für ein sehr einfaches Entscheidungsproblem unter günstigen Randbedingungen konnte bisher kein ML-Modell gefunden werden, mit dem theoretisch oder zumindest praktisch minimale Sicherheitsanforderungen erfüllt werden können (bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Verfügbarkeit). Daher ist es nicht verwunderlich, dass auch für komplexere Probleme bisher keine Erfolge berichtet wurden. Es gibt sogar fundamentale Bedenken, die anhand dieses einfachen Problems erläutert wurden. Sinnvoll wäre es, zunächst solche einfachen Probleme zu lösen. Dies ist zwar nicht hinreichend für die Lösung komplexerer Probleme, aber notwendig.

Ein Weg vorwärts könnte in einem modellorientierten Ansatz bestehen, der schon in anderen komplizierten Gebieten der Sicherheitstechnik erfolgreich gewesen ist. Dazu ist es notwendig, existierende Modelle wie in Formel (1) mit domänenspezifischen Annahmen zu stützen und in der Normung anschließend die Bemessungsgrundlagen und Anwendungsregeln abzustimmen.

Dies bedeutet auch, dass Fortschritte zunächst bei Aufgaben mit eher geringen Sicherheitsanforderungen zu erwarten sind, für die solche Modelle einfacher formuliert werden können, z. B. weil es physikalisches oder domänenspezifisches Wissen gibt, das in solche Modelle eingebracht werden kann. ■

Link zur Wettbewerbsseite / Link to the competition website:



In order to arrive at manageable data volumes, it is worth reading the books by Turing Prize winner Judea Pearl [4]: he arrives at the conclusion that it is necessary to formulate “*a model of the process that generates the data or at least some aspects of this process*”. This is in line with the aforementioned approach of making assumptions about the data model or application environment (and at least verifying plausibility) in order to reduce the complexity of the ML model and the required amount of data.

5 Conclusion

Even for a very simple decision problem under favourable boundary conditions, no ML model could be found so far, with which the safety minimum requirements can be theoretically or at least practically satisfied (while at the same time taking availability into account). It is therefore not surprising that no successes have been reported to date, even for more complex problems. There are fundamental concerns that have been explained on the basis of this simple problem. It would make sense to solve such simple problems first. While this is not sufficient to solve more the complex problems, it is necessary.

One way forward could be a model-oriented approach that has already been successful in other complicated areas of safety technology. For this purpose, it is necessary to enrich the existing models as in formula (1) with domain-specific assumptions and then to coordinate the assumptions and application rules in standardisation.

This also means that progress can initially be expected in tasks with rather low safety requirements for which such models can be formulated more easily, i.e. because there is physical or domain-specific knowledge that can be incorporated into them. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Duda, R. O.; Hart, P. E.; Stork, D. G.: Pattern Classification, Wiley, 2001
- [2] Siemens AG: AI-DA Challenge, <https://ecosystem.siemens.com/universityrelations/ai-da-challenge-ai-dependability-assessment/overview>, letzter Abruf 10.6.2022
- [3] Vapnik, V. N.: The Nature of Statistical Learning Theory, Springer, 2010
- [4] Pearl, J.; Mackenzie, D.: The Book of Why, Penguin Science, 2018

AUTOR | AUTHOR

Prof. Jens Braband
Principal Key Expert
Siemens Mobility GmbH
Anschrift / Address: Ackerstraße 22, D-38126 Braunschweig
E-Mail: jens.braband@siemens.com

Unabhängige Bewertung und Zertifizierung von SPS für Bahnanwendungen

The independent safety assessment and certification of PLC for railway applications

Dominik Strixner | Hendrik Schäbe

Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS, engl. PLC = Programmable Logic Controller) kommen zunehmend für bahntechnische Anwendungen zum Einsatz. Üblicherweise wurden diese SPS bereits von einem unabhängigen Sicherheitsgutachter (ISA, engl. Independent Safety Assessor) als „generisches Produkt“ für Industrieanwendungen nach IEC 61508 [8] zertifiziert und benötigen für die Anwendung in der Bahntechnik eine weitere zusätzliche ISA-Bewertung, mit optionaler Zertifizierung, nach EN 50126-1/-2 [9], EN 50128/EN 50657 [10, 11] und EN 50129 [12]. Die Nutzung einer bereits als „generisches Produkt“ nach IEC 61508 [8] zertifizierten SPS hat den Vorteil, dass anstelle einer aufwendigen und teuren Entwicklung einer SPS auf ein vorhandenes und bewährtes Industrieprodukt zurückgegriffen werden kann. Dieser Beitrag soll einen Überblick über die Verfahren der Zulassung für die Bahntechnik mit Fokus auf die Zugrundelegung einer bereits vorhandenen Industriezertifizierung geben.

1 Grundlagen zu SPS und deren Anwendung

Eine SPS lässt sich als eine Computer- bzw. Rechneinheit verstehen, welche auf Basis von Eingaben und einprogrammierten Regeln festgelegte Ausgaben generiert und mit dessen Hilfe sich bestimmte Vorgänge automatisieren lassen. Dieser kleine Automatisierungsrechner dient meist dazu, mechanische Komponenten an Maschinen, sowohl in logischer Hinsicht als auch in zeitlicher Hinsicht, zu steuern, zu regeln und zu überwachen.

Im Gegensatz zu „verbindungsprogrammierten“ Steuerungen (VPS, engl. hard-wired control, HWC), welche aus fest verdrahteten Komponenten wie Relais oder Halbleiterbauelementen bestehen, bieten SPS verschiedenste Vorteile. Neben möglichen Kostenersparnissen und dem Vorteil, dass sich Steuerungen mittels SPS bereits auf kleinerem Raum realisieren lassen, bietet der Einsatz von SPS insbesondere eine hohe Flexibilität durch die sehr unkompliziert möglichen Vervielfältigungen und Änderungen an der Programmierung. Zudem kann eine bestehende Programmierung für mögliche spätere Anwendungen problemlos gespeichert werden. Je nach Anwendung kann es aber auch sinnvoll sein, SPS in Kombination mit Relais an Ein- oder Ausgängen einzusetzen.

Eine SPS ist neben dem notwendigen Netzteil zur Stromversorgung grundlegend aus drei Modulen aufgebaut: einem Eingabemodul (Input Modul), einem Verarbeitungsmodul (CPU Modul) und einem Ausgabemodul (Output Modul).

Programmable logic controllers (PLC) are increasingly being used in railway applications. Typically, these PLC have already been certified by an independent safety assessor (ISA) as a “generic product” for industrial applications according to IEC 61508 [8] and require a further additional ISA assessment with optional certification according to EN 50126-1/-2 [9], EN 50128/EN 50657 [10, 11] and EN 50129 [12] for railway applications. The use of a PLC that has already been certified as a “generic product” according to IEC 61508 [8] has the advantage that an existing and proven industrial product can be used instead of developing a PLC that uses a complex and expensive approach. This article is intended to provide an overview of the approval procedures for railway technology with a focus on the use of an existing industrial certification as a basis.

1 The basics for PLC and their application

A PLC can be understood as a computer or computer unit that generates defined outputs on the basis of inputs and programmed rules which can be used to automate certain processes. This small automation computer is usually used to control, regulate, and monitor mechanical components on machines, both with regard to logic and in terms of time.

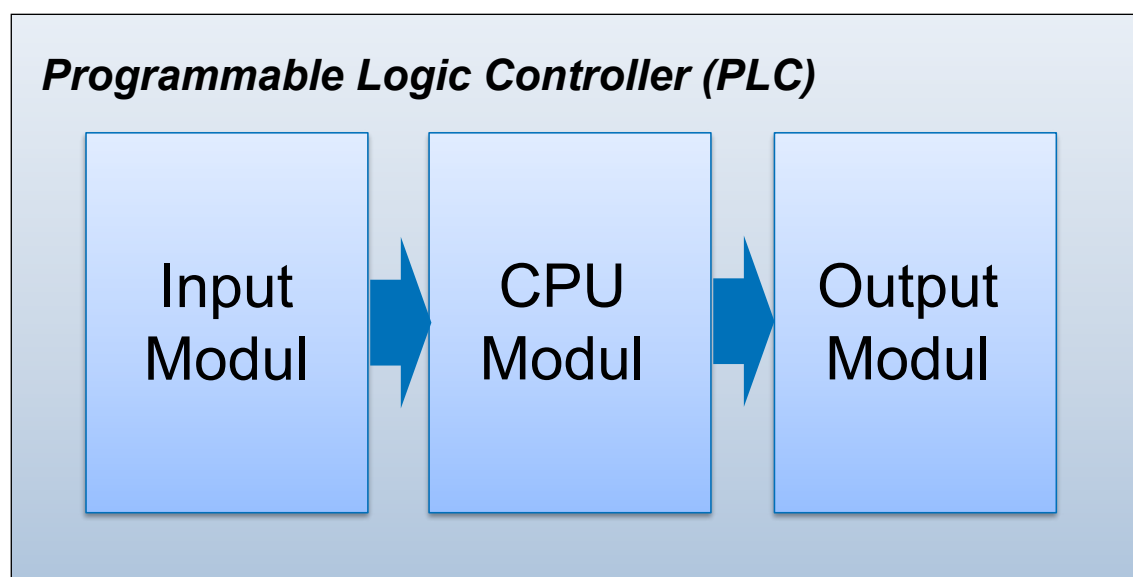
PLC offer various advantages compared to hard-wired controls (HWC), which consist of hard-wired components such as relays or semiconductor components. In addition to possible cost reductions and the advantage that controls can be implemented in a smaller space using PLC, the use of PLC particularly offers a high degree of flexibility due to the options for uncomplicated duplication and changes to the programming. Furthermore, existing programming can easily be saved for possible future applications. It can also be advantageous to use PLC in combination with relays at inputs or outputs depending on the application.

In addition to the necessary power supply unit, a PLC is basically made up of three modules; an input module, a processing module and an output module.

The input module receives signals from the sensors, which are adjusted regarding the voltage and transmitted to the processing module. The output module transmits the amplified signals received from the processing module to the actuator, which is controlled by the PLC. Input modules can be digital input modules that process signals from, for example, motion

Bild 1: Grundlegender Aufbau einer SPS (auch PLC)

Fig. 1: The basic PLC structure



Das Eingabemodul (Input Modul) empfängt Signale von Sensoren, welche von diesem spannungsmäßig angepasst und an das Verarbeitungsmodul übermittelt werden. Das Ausgabemodul (Output Modul) übermittelt die vom Verarbeitungsmodul erhaltenen Signale nach deren Verstärkung an den zu steuernden Aktor. Als Eingabemodule können sowohl digitale Eingabemodule, die Signale von z. B. Bewegungssensoren, Thermometern oder Ein / Aus-Schalter verarbeiten, als auch analoge Eingangsmodule, die Signale von z. B. Drehschaltern oder nicht digitalisierten Messeinrichtungen verarbeiten, Anwendung finden. Ausgabemodule können ebenfalls sowohl als analoge- als auch als digitale Ausgabemodule vorliegen. Im Gegensatz zu digitalen Ein- und Ausgabemodulen bieten analoge Ein- und Ausgabemodule den Vorteil, dass deren Signale beliebige Werte annehmen können. Herzstück einer jeden SPS ist das Verarbeitungsmodul (CPU Modul), welches im Wesentlichen aus ein oder mehreren Mikroprozessoren (CPU), einem Programmspeicher (auf dem das Anwendungsprogramm Platz findet, welches meist zyklisch durchlaufen wird), einem Arbeitsspeicher sowie verschiedenen Schnittstellen (sowohl Kommunikationsschnittstellen als auch Schnittstellen zum Bediener) besteht. Zum Zwecke der erwähnten zeitlichen Steuerung ist zudem ein Timer (Zeituhr und Kalender) in dem Verarbeitungsmodul untergebracht. Zudem können optional weitere Bestandteile, wie z. B. ein Bildschirm für eine Benutzeroberfläche vorhanden sein. Für die in diesem ersten Kapitel präsentierten Informationen sowie für tiefgehende SPS-Grundlagen sei an dieser Stelle auf [1 – 5] verwiesen.

2 Möglichkeiten des Einsatzes von SPS in der Bahntechnik

SPS finden, unter anderem aufgrund der in Kapitel 1 genannten Vorteile gegenüber VPS, neben deren Haupteinsatzgebiet in der Fertigungstechnik in letzter Zeit auch verstärkt in anderen Gebieten wie der Bahntechnik Anwendung [5]. Neben beispielsweise Steuerungen in Fahrzeugen können ebenso kleinere Stellwerke oder Bahnübergangssteuerungen hiermit realisiert werden. Um eine solche SPS in der Bahntechnik einsetzen zu können, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Hersteller und Anwender von SPS wählen können. Die vielleicht naheliegendste Möglichkeit ist die Neuentwicklung einer SPS für den Einsatz im Bahnbereich und eine damit verbundene und unter Verantwortung des Herstellers durchzuführende vollständige ISA-Bewertung der SPS, mit optionaler Zertifizierung,

sensors, thermometers or on/off switches or analogue input modules that process signals from, for example, rotary switches or non-digitised measurement equipment. Output modules can also be both, analogue and digital output modules. In contrast to digital input and output modules, analogue input and output modules offer the advantage that their signals can accept any discrete values. The processing module (CPU module), which essentially consists of one or more microprocessors (CPU), a program memory (which contains the application program that is usually run cyclically), a main memory, and various interfaces (both communication interfaces and interfaces to the operator), is at the heart of every PLC. A timer (time clock and calendar) has also been accommodated in the processing module for the purpose of the aforementioned time control. In addition, other components, such as a screen for a user interface, may also be optionally present. The reader is referred to [1 – 5] with regard to the information presented in this first Chapter and in-depth PLC basics.

2 The possibilities of using PLC in railway technology

In addition to their main area of application in manufacturing technology, PLC are also becoming increasingly popular in other areas such as railway technology [5] due to the advantages they have over HWC, as mentioned in Chapter 1. In addition to possible applications as the control system in vehicles, smaller interlockings or level crossing control systems can also be implemented with PLC. In order to be able to use such a PLC in railway technology, there are various options that PLC manufacturers and users can choose from.

Perhaps the most obvious option is the development of a new PLC for use in the railway sector and the associated complete ISA assessment of the PLC carried out under the responsibility of the manufacturer with optional certification for the generic product in accordance with the EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 and EN 50129 [9 – 12] railway standards. However, this approach mainly involves some cost disadvantages, both for manufacturers and users. Moreover, the development of a completely new PLC for use in a specific railway sector is very expensive. The basic procedure for such a railway-specific safety assessment with possible certification is

für das generische Produkt nach den Bahnnormen EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 und EN 50129 [9–12]. Dieses Vorgehen birgt jedoch vor allem einige Kostennachteile, sowohl für Hersteller als auch für Anwender, zudem ist eine komplette Neuentwicklung einer SPS für den Einsatz in einem bestimmten Bahnbereich sehr aufwendig. Auf den grundlegenden Ablauf einer solchen bahnspezifischen Bewertung mit möglicher Zertifizierung wird tiefergehend in [6] eingegangen, dieser soll hier nicht weitergehend thematisiert werden. Die meist genutzte und bewährteste Möglichkeit, was sowohl Kosten-Nutzen-Verhältnis als auch das Projektrisiko angeht, ist daher das Zurückgreifen auf ein bereits nach IEC 61508 [8] zertifiziertes und bewährtes Industrieprodukt. Dieses Vorgehen mit einer nach IEC 61508 [8] zertifizierten SPS lässt sich für die Bahnanwendung mittels zweierlei Varianten realisieren.

Die erste Variante ist der direkte Einsatz einer nach IEC 61508 [8] für das generische Produkt zertifizierten SPS für eine spezifische Anwendung im Bahnbereich, also ohne eine ISA-Bewertung bzw. Zertifizierung für das generische Produkt nach den Bahnnormen EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 und EN 50129 [9–12]. Ein solches Vorgehen ist zwar theoretisch möglich, jedoch nur schwer und mit großem Aufwand des Anwenders umsetzbar, da dieser hierbei für sein spezifisches Projekt alle notwendigen Nachweise erbringen muss, die belegen, dass die genutzte SPS die Mehranforderungen der Bahnnormen gegenüber der Industrienorm IEC 61508 [8] (siehe Kapitel 3) für den entsprechenden Sicherheitsintegritätslevel (SIL, engl. Safety Integrity Level) erfüllt.

Die zweite und meist bevorzugte Variante ist eine direkte und unter Verantwortung des Herstellers durchzuführende ISA-Bewertung der SPS, mit optionaler Zertifizierung, für das generische Produkt nach EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 und EN 50129 [9–12]. Da hier auf eine bereits nach IEC 61508 [8] zertifizierte SPS zurückgegriffen wird, kann sich bei dieser ISA-Bewertung hauptsächlich auf die Unterschiede in den Anforderungen von IEC 61508 [8] und EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 und EN 50129 [9–12] konzentriert werden.

Auf diese zu beachtenden Unterschiede zwischen den entsprechenden Normen soll nun tiefergehend in den folgenden Kapiteln eingegangen werden. Zudem wird in Kapitel 4 diese bahnspezifische Bewertung mit optionaler Zertifizierung einer nach IEC 61508 [8] vorzertifizierten SPS unter Einbezug der aus Kapitel 3 gewonnenen Erkenntnisse vertieft und ein Weg für die erfolgreiche bahnspezifische Bewertung aufgezeigt.

3 Wesentliche Unterschiede zwischen IEC 61508 und den Bahnnormen

Trotz vieler Gemeinsamkeiten zwischen der Industrienorm IEC 61508 [8] sowie den Bahnnormen EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 und EN 50129 [9–12] gibt es, wie in Kapitel 2 beschrieben, eine Reihe von wesentlichen Unterschieden, wobei es sich meist um Mehranforderungen bzw. strengere Anforderungen der bahnspezifischen Normen handelt.

Diese Unterschiede zwischen den Normen finden sich sowohl auf System- als auch auf Hardware (HW)- und Software (SW)-Ebene. Auf Systemebene betreffen diese SIL-abhängigen Mehranforderungen neben der zu erstellenden Dokumentation oder notwendiger Dokumenteninhalte vor allem die Sicherheitsorganisation. Hierbei werden von den EN 50126-1/-2 [9] sowohl Mehranforderungen an Projektrollen und die mit den Rollen verbundenen Aufgaben als auch an die Unabhängigkeit der im Projekt beteiligten Rollen gestellt. Diese Mehranforderungen an die Sicherheitsorganisation betreffen ebenso die HW- und SW-Ebene.

dealt with in more detail in [6] and will not be discussed any further here.

The most frequently used and proven option, in terms of both the cost-benefit ratio and the project risk, is therefore the use of an existing PLC for industrial applications that has already been certified in accordance with IEC 61508 [8]. This procedure involving a PLC certified according to IEC 61508 [8] can be applied to railway applications in two variants.

The first variant involves the direct use of a PLC that has already been certified according to IEC 61508 [8] as a generic product for a specific application in the railway sector, i.e. without an ISA assessment or certification for the generic product according to the EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 and EN 50129 [9–12] railway standards. Although such an approach is theoretically possible, it is difficult to implement and requires a great deal of effort on the part of the user, since the user must provide all the necessary evidence for its specific project to prove that the used PLC meets the additional requirements of the railway standards compared to the IEC 61508 industry standard [8] (see Chapter 3) for the corresponding Safety Integrity Level (SIL).

The second and most preferred variant involves an ISA assessment of the PLC to be performed directly and under the responsibility of the manufacturer with optional certification for the generic product according to EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 and EN 50129 [9–12]. Since this is based on a PLC that has already been certified according to IEC 61508 [8], this ISA assessment can mainly focus on the differences between the requirements of IEC 61508 [8] and EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 and EN 50129 [9–12].

The differences between the corresponding standards, which must be taken into account, will now be dealt with in more detail in the following Chapters. In addition, this railway-specific assessment with optional certification of a PLC pre-certified in accordance with IEC 61508 [8] has also been dealt with in greater depth in Chapter 4, while taking into account the knowledge gained from Chapter 3, and a path is shown for a successful railway-specific assessment.

3 The essential differences between IEC 61508 and the railway standards

Despite many similarities between the IEC 61508 [8] industrial standard and the EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 and EN 50129 [9–12] railway standards, there are a number of significant differences as described in Chapter 2, mostly involving the additional or more stringent requirements of the railway-specific standards.

These differences between the standards are found at the system level as well as at the hardware (HW) and software (SW) levels. At the system level, these SIL-dependent additional requirements primarily concern the safety organisation in addition to the documentation that has to be created or the necessary document contents. Within this context, EN 50126-1/-2 [9] imposes additional requirements on the project roles and the tasks associated with these roles, as well as on the independence of the roles involved in the project. These additional safety organisation requirements also apply to the HW and SW levels.

At the SW level, EN 50128/EN 50657 [10, 11] additionally require specific documentation in table A.1 of Annex A depending on the SIL. In addition, EN 50128 describes the required

Auf SW-Ebene wird von der EN 50128/EN 50657 [10, 11] zusätzlich in Tabelle A.1 des Annex A spezifische, vom SIL abhängige, Dokumentation gefordert. Zudem beschreibt die EN 50128 die erforderliche Dokumentenstruktur sowie die erforderlichen Dokumenteninhalte der in Tabelle A.1 aufgeführten Dokumentation im Vergleich zur IEC 61508-3 [8] in vielen Bereichen deutlich detaillierter. Des Weiteren fordert die EN 50128/EN 50657 [10, 11] in den Tabellen A.2 – A.23 des Annex A SIL-abhängig die Anwendung von bestimmten Techniken und Maßnahmen, bzw. von bestimmten SIL-abhängigen Kombinationen von diesen, die bei der SW-Entwicklung genutzt werden müssen. Die nach der EN 50128/EN 50657 [10, 11] erforderlichen SIL-abhängigen Techniken und Maßnahmen sind zwar grundsätzlich mit denen aus Annex A und Annex B der IEC 61508-3 [8] vergleichbar, unterscheiden sich jedoch an vielen Stellen.

Auf HW-Ebene stellt die IEC 61508 [8] schärfere Anforderungen an den erreichbaren SIL. Dieser wird hier durch eine Kombination von HW-Fehlertoleranz und Anteil sicherer Ausfälle eines Elements (siehe IEC 61508-2 [8], Tabelle 2 und 3) beschränkt, wobei zusätzlich zwischen zwei Typen von Elementen unterschieden wird – je nachdem, ob alle Fehlermodi bekannt sind. Dahingegen fordert die EN 50129 [12] lediglich, dass es zu keinen gefährlichen Einzel Fehlern für SIL3- und SIL4-Systeme kommen darf. Dies ist in der Regel leicht erfüllbar, wenn die betreffende Einheit den Anforderungen der IEC 61508 [8] genügt. Die Raten gefährlicher Fehler (TFFR) sind für alle SIL in IEC 61508 [8] und EN 50129 [12] identisch. Damit können auch alle Nachweise hierfür direkt übernommen werden. Dies betrifft beispielsweise Fehlermöglichkeits- und -Einflussanalysen (FMEA) mit Berechnungen der Rate gefährlicher Ausfälle sowie Fehlerbäume oder Markov-Analysen für Mehrfachausfälle. Besondere Aufmerksamkeit erfordern auch die Techniken und Maßnahmen gegen systematische Fehler gemäß Anhang E der EN 50129 [12]. Auch hier ist, genau wie auf SW-Ebene, ein direktes Übertragen der Anforderungen der IEC 61508 [8] und ihrer Nachweisdokumente auf die Bahnnormen nicht möglich.

Durch die spezifischen Einsatzbedingungen bei der Bahn sind zudem, wie von der EN 50129 [12] gefordert, die Anforderungen der bahnspezifischen EMV Norm und der Normen zu spezifischen bahntechnischen Einsatzbedingungen EN 50121 [13] (Elektromagnetische Verträglichkeit), EN 50124 [14] (Isolationskoordination) und EN 50125 [15] (Umgebungsbedingungen) nachzuweisen.

4 Bahntechnische Bewertung nach den CENELEC-Normen auf Basis einer vorhandenen Industriezertifizierung nach IEC 61508

Bei Nutzung einer bereits nach IEC 61508 [8] als generisches Produkt vorzertifizierten SPS im Bahnbereich muss eine bahnspezifische ISA-Bewertung des Produkts, mit optionaler Zertifizierung, erfolgen. Hierbei müssen insbesondere die in Kapitel 3 beschriebenen Mehranforderungen der Bahnnormen gegenüber der Industrienorm IEC 61508 [8] vom Hersteller (oder Anwender, je nach gewählter Variante) beachtet und erfüllt und vom ISA bewertet werden. Neben den in Kapitel 3 beschriebenen Mehraufwänden bezüglich der Projektorganisation, bezüglich SIL-abhängigen Techniken und Maßnahmen sowie dokumentarischen und inhaltlichen Mehraufwänden können zusätzlich die notwendigen bahnspezifischen Umwelt- und EMV-Prüfungen weitere Prüfungen durch akkreditierte Labore notwendig werden lassen.

Wurde die bahnspezifische Bewertung der nach IEC 61508 [8] zertifizierten SPS bereits unter Verantwortung des Herstellers durchgeführt, so gestaltet sich die Nutzung für eine spezifische Anwendung für den Anwender als verhältnismäßig einfach, da hier der

document structure as well as the required document contents of the documentation listed in table A.1 much more precisely in many areas than IEC 61508-3 does [8]. Furthermore, tables A.2 – A.23 of Annex A, EN 50128/EN 50657 [10, 11] require the use of certain techniques and measures or certain combinations thereof depending on the SIL which must be used during the SW development. The SIL-dependent techniques and measures required according to EN 50128/EN 50657 [10, 11] are basically comparable with those from Annex A and Annex B of IEC 61508-3 [8], but they differ in many places.

At the HW level, IEC 61508 [8] places stricter requirements on the achievable SIL. The achievable SIL is limited by a combination of the HW fault tolerance and the safe failure fraction for an element (see IEC 61508-2 [8], tables 2 and 3), whereby a distinction is even made between two types of element – depending on whether or not all the fault modes are known. By contrast, EN 50129 [12] only requires that no dangerous single point failures can occur for SIL3 and SIL4 systems. This is usually easily fulfilled, if the unit in question meets the requirements of IEC 61508 [8]. The dangerous failure rates (TFFR) are identical for all SIL in IEC 61508 [8] and EN 50129 [12]. This means that all the evidence for them can also be adopted directly. This concerns, for example, the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) with calculations of the dangerous failure rate, as well as fault trees or Markov analyses for multiple failures.

Special attention must also be paid to the techniques and measures applied against systematic faults in accordance with Annex E of EN 50129 [12]. As at the SW level, the direct transfer of the requirements of IEC 61508 [8] and its verification documents to the railway standards is also not possible here.

The specific operating conditions on the railway mean that the requirements of the railway-specific EMC standard and the standards for the specific railway operating conditions of EN 50121 [13] (electromagnetic compatibility), EN 50124 [14] (insulation coordination) and EN 50125 [15] (environmental conditions) must also be proven, as required by EN 50129 [12].

4 A railway assessment according to CENELEC standards based on an existing industrial certification according to IEC 61508

If a PLC that has already been pre-certified as a generic product according to IEC 61508 [8] is used in the railway sector, a railway-specific ISA assessment of the product must be performed with optional certification. The additional requirements of the railway standards compared to the IEC 61508 industrial standard [8] (described in Chapter 3) must especially be taken into account, fulfilled by the manufacturer (or the user, depending on the selected variant) and assessed by the ISA. The necessary railway-specific environmental and EMC tests may require further tests by accredited laboratories in addition to the extra work described in Chapter 3 with regard to the project organisation, SIL-dependent techniques and measures and additional work in terms of documentation and content.

If the railway-specific assessment of the PLC certified according to IEC 61508 [8] has already been carried out under the responsibility of the manufacturer, the use for a specific application is quite simple for the user, since in this case the manufacturer of the PLC has already demonstrated the fulfilment of the necessary additional requirements described in Chap-

Hersteller der SPS bereits die notwendigen, in Kapitel 3 beschriebenen, Mehranforderungen nachgewiesen und somit den bahnspezifischen Bewertungsprozess durchlaufen hat.

Um die EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 und EN 50129 [9–12] bezogenen Mehranforderungen auf Herstellerseite in diesem Fall abzudecken, ohne die bestehende IEC 61508-Dokumentation anpassen zu müssen, bietet es sich dem Hersteller an, zwei bahnspezifische „Manteldokumente“ (eines auf Planungs- sowie eines auf Akzeptanzebene) zu erstellen, welche sowohl auf die vorhandene projektspezifische IEC 61508- [8] Dokumentation referenzieren als auch die von den Mehranforderungen der Bahnnormen [9–12] geforderten Informationen enthalten. Alternativ muss die bestehende IEC 61508-spezifische Dokumentation durch den Hersteller entsprechend angepasst werden.

Im Gegensatz dazu kommen insbesondere im Falle der Nutzung einer SPS, die lediglich als generisches Produkt nach IEC 61508 [8] zertifiziert wurde, für eine bahnspezifische Anwendung erhebliche Mehraufwände auf den Anwender zu. Zwar müssen für beide Varianten die in Kapitel 3 beschriebenen Mehranforderungen nachgewiesen werden, bei Nutzung einer nicht als generisches Produkt nach den Bahnnormen bewerteten SPS für eine spezifische Bahnanwendung muss diese jedoch durch den Anwender auf Systemebene für jede spezifische Anwendung geschehen.

Hierzu muss für das System, das die SPS enthält, der Prozess nach den CENELEC Normen [9–12] in voller Detailtiefe durchlaufen werden. Das bedeutet, dass auf Systemebene alle wesentlichen Elemente des Sicherheitsmanagements einschließlich Gefahrenprotokoll, des Qualitätsmanagements und der technischen Sicherheit einschließlich Umweltprüfungen durchzuführen und darzustellen sind. Das beinhaltet auch die Anwendung der Techniken und Maßnahmen der Anhänge A der EN 50128 [10] bzw. EN 50657 [11] sowie des Anhanges E der EN 50129 [12]. Hierbei kann natürlich auf die bereits vorhandene IEC 61508- [8] Zertifizierung der SPS aufgebaut werden. Z.B. wird hierdurch bereits eine Rate gefährlicher Ausfälle (TFFR) bestätigt. Auch auf eine Reihe anderer Dokumente, meist eine FMEA, ein Fehlerbaum oder bestimmte umgesetzte Maßnahmen gegen systematische Fehler, die im Zuge der IEC 61508- [8] Zertifizierung erstellt wurden, kann sich der Anwender stützen. Dies setzt dann natürlich voraus, dass Zugriff auf diese Dokumente besteht oder zumindest auf den Bericht des Gutachters, der die Bewertung nach IEC 61508 [8] durchgeführt hat.

Zu erwähnen ist zudem, dass sich die Sicherheitsargumentation in wenigen Anwendungsfällen vereinfachen lässt, wenn die Anwendung im Bahnsystem als äquivalent zu einer Anwendung bei Anlagen dargestellt werden kann, siehe z.B. [7]. Dort wurde die SPS beispielsweise für eine Abschalt- und Erdungsautomatik in einer Wagenhalle eingesetzt. Ein derartig vereinfachtes Verfahren gelingt jedoch nicht, wenn die SPS in bahnspezifischen Prozessen Sicherheitsverantwortung trägt, also z. B. als Stellwerk fungieren soll.

5 Zusammenfassung und Fazit

In der vorliegenden Arbeit wurde die Verfahrensweise, wie SPS nach den bahnspezifischen CENELEC-Normen [9–12] bewertet und zertifiziert werden können, wenn diese bereits erfolgreich nach IEC 61508 [8] zertifiziert worden sind, dargestellt. Es hat sich dabei als vorteilhaft herausgestellt, wenn diese bahnspezifische Bewertung im Auftrag derselben Organisation geschieht, die auch die IEC 61508- [8] Zertifizierung verantwortet hat, in den meisten Fällen also der Hersteller der SPS. Ebenso ist vorteilhaft, wenn derselbe Gutachter eingesetzt wird.

ter 3 and has thus completed the railway-specific assessment process.

In order to cover the additional requirements related to EN 50126-1/-2, EN 50128/EN 50657 and EN 50129 [9–12] on the manufacturer's part, it is advisable for the manufacturer to create two railway-specific “umbrella documents” (one at the planning level and one at the acceptance level), which both reference the existing project-specific IEC 61508 [8] documentation and contain the information required by the additional requirements of the railway standards [9–12]. The existing IEC 61508 documentation would then not have to be adapted in this case. Alternately, the existing IEC 61508-specific documentation must be adapted accordingly by the manufacturer.

By contrast, particularly in the case of the use of a PLC that has only been certified as a generic product in accordance with IEC 61508 [8], the user is faced with considerable additional work for a railway-specific application. Although the additional requirements described in Chapter 3 must be demonstrated for both variants when using a PLC that has not been assessed as a generic product in accordance with the railway standards, this must be done by the user at the system level for each specific application.

For this purpose, the process according to the CENELEC standards [9–12] must be completed in full detail for the system containing the PLC. This means that all the essential safety management elements, including the hazard log, quality management and technical safety and environmental testing, must be performed and presented at the system level. This also includes the application of the techniques and measures from Annexes A of EN 50128 [10] and EN 50657 [11], as well as Annex E of EN 50129 [12]. Of course, one can then take advantage of the fact that the PLC has already been evaluated according to IEC 61508 [8]. For example, the dangerous failure rate (TFFR) has already been proven. The user can also rely on a number of other documents, usually an FMEA, a fault tree or certain measures implemented against systematic faults, which were created during the course of the IEC 61508 [8] certification. Of course, this then presupposes that there is access to these documents or at least to the report issued by the assessor who carried out the assessment according to IEC 61508 [8].

It should also be mentioned that the safety argumentation can be simplified in a few application cases, if the application in the railway system can be represented as being equivalent to an industrial application, e.g. see [7]. There, for example, the PLC was used as an automatic earthing and switching system in a depot. However, such a simplified procedure will not succeed, if the PLC is responsible for safety in railway-specific processes, i.e. if it is used as an interlocking.

5 Summary and conclusion

In the present paper, the procedure for evaluating and certifying PLC in accordance with the railway-specific CENELEC standards [9–12] has been described for the case, where they have already been successfully certified in accordance with IEC 61508 [8]. It has proven to be advantageous, if this railway-specific assessment is carried out on behalf of the same organisation that was also responsible for the IEC 61508 [8] certification, i.e. in most cases the PLC manufacturer. It is also advantageous to use the same ISA.

RAILIMPACTS

— ETCS ■ ATO ■ FRMCS —

Digitization of rail transport

Rail Impacts – the new digital information service on the topic of digitization of rail transport – always offers you an up-to-date and reliable overview of the status of relevant topics in the increasingly dynamic rail transport market:



Available in german
and english language

NEW!

Try now
for 4 weeks

- **ETCS:** The European Train Control System as a future-oriented control and signaling system for rail traffic is about to be rolled out throughout Europe.
- **ATO:** Automatic Train Operation stands for the automation of rail operations up to fully automatic and driverless operation
- **CBTC:** Communication Based Train Control stands for automated train operation, especially in local transport networks
- **FRMCS:** The Future Railway Mobile Communication System is the future European standard for radio and data communication in rail transport
- **Market environment:** Political and industrial general conditions
- **Technologies:** Overview of current products and services for the digitalization of rail transport and activities in research and science



Try now 4 weeks for free:

www.eurailpress.de/rail-impacts-try-now

Allgemein ist es auch möglich, eine lediglich nach IEC 61508 [8] zertifizierte SPS für eine bahnspezifische Anwendung zu nutzen. In diesem Fall kommen jedoch erhebliche Mehraufwände auf den Anwender zu. Nur in Ausnahmefällen kann die SPS direkt eingesetzt und daher ohne großen Aufwand in den Sicherheitsnachweis des übergeordneten Systems aufgenommen werden, nämlich wenn die Anwendung im Bahnsystem vergleichbar zu einer industriellen Anwendung ist. ■

In general, it is also possible to use a PLC that is only certified according to IEC 61508 [8] for a railway-specific application. In this case, however, the user will have to incur considerable additional costs. Only in exceptional cases can the PLC be used directly and therefore included in the safety verification of the higher-level system without any great effort, namely if the application in the railway system is comparable to an industrial application. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Kamel, K. et al.: Programmable Logic Controllers: Industrial Control, ISBN: 9780071810470, McGraw-Hill Education, 2013
- [2] Favre-Bulle, B.: Automatisierung komplexer Industrieprozesse: Systeme, Verfahren und Informationsmanagement, ISBN: 9783709105627, Springer Vienna, 2013
- [3] Skolaut, W.: Maschinenbau: Ein Lehrbuch für das ganze Bachelor-Studium. Germany, ISBN: 9783662558829, Springer Berlin Heidelberg, 2018
- [4] Böge, A.: Das Techniker Handbuch: Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik, ISBN: 9783322969552, Vieweg+Teubner Verlag, 2013
- [5] Früh, K. F. et al.: Handbuch der Prozessautomatisierung: Prozessleittechnik für verfahrenstechnische Anlagen, ISBN: 9783835631427 Oldenbourg Industrieverlag, 2009
- [6] Wigger, P.: Independent Safety assessment and Methodology, Handbook of RAMS in Railway systems – Theory and Practice, Qamar Mahboob, Enrico Zio (Eds.), 2018, Boca Raton, Taylor and Francis, chapter 2, p. 475-486
- [7] El Adlouni, O.; Schäbe, H.: Die Anwendung der EN 50128 / EN 50129 für den Nachweis der funktionalen Sicherheit der Abschalt- und Erdungsautomatik – ein Fallbeispiel / Application of EN50128 / EN 50129 to prove the functional safety of automatic disconnecting and earthing system – a case study, SIGNAL+DRAHT (109) 6/2017, S. 43-51
- [8] IEC 61508:2010: Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 1 - 7
- [9] CLC EN 50126:2017: Railway Applications – The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) – Part 1 - 2
- [10] CLC EN 50128:2011: Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Software for railway control and protection systems
- [11] CLC EN 50657:2017: Rolling stock applications – Software on Board Rolling Stock
- [12] CLC EN 50129:2018: Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signaling
- [13] CLC EN 50121:2017: Railway applications – Electromagnetic compatibility, All Parts
- [14] CLC EN 50124:2017: Railway applications – Insulation coordination, Part 1
- [15] CLC EN 50125:2017: Railway applications – Environmental conditions for equipment, Parts 1 and 3

AUTOREN | AUTHORS

Dominik Strixner, M. Sc.
 Begutachter FuSi / Assessor
 E-Mail: dominik.strixner@de.tuv.com

Dr. Hendrik Schäbe
 Prinzipalbegutachter RAMS / Principal Assessor
 E-Mail: schaebe@de.tuv.com

Beide Autoren / both authors:
 TÜV Rheinland Intertraffic GmbH
 Anschrift / Address: Am Grauen Stein, D-51105 Köln

Umsetzung eines toolgestützten Gefährdungsprotokolls

Implementing a tool-based hazard log

Florian Wieland | Patrick Winkler

Für Systeme mit Sicherheitsverantwortung gilt: Gefährdungen müssen in allen Lebenszyklusphasen des Systems identifiziert und gemanaged werden. Für ihre Bewertung werden sie dabei immer auf die Phase des Betriebes projiziert. Je früher dies im Lebenszyklus geschieht, umso geringer sind die Kosten für Maßnahmen zur Beherrschung. Praktisch muss das Safety Management der generischen ETCS-Systementwicklung (European Train Control System, ETCS) Gefährdungen aus allen Phasen des Systemlebenszyklus berücksichtigen, da mehrere Entwicklungsreleases zur selben Zeit in unterschiedlichen Stadien betreut werden, von der Fortschreibung der Lastenhefte bis hin zum Betrieb fertiger Anlagen.

1 Generische Prozessdarstellung

Einen Überblick über den generischen Prozess des Gefährdungsprotokolls in Abhängigkeit von den Phasen nach EN 50126 und der verwendeten Tools soll Bild 1 darstellen.

Die Grundlage der Gefährdungsbewertung wird in der Phase der Lastenhefterstellung (Phasen 1–4 gem. EN 50126) gelegt. Hier werden die in den Lastenheften spezifizierten Funktionen hinsichtlich ihres Restrisikos bewertet und im Gefährdungsprotokoll „Lasten-

The following applies to all safety systems: hazards must be identified and managed within all the system's life-cycle phases. They are always projected onto the phase of operation in order to be evaluated. The earlier this happens in the lifecycle, the lower the costs for any control measures. In practice, the safety management for generic ETCS (European Train Control System) system development needs to account for any hazards that arise throughout all the system's lifecycle phases from updating the specifications to operating the finished systems, since several development releases are simultaneously managed in different stages.

1 Generic process representation

Fig. 1 provides an overview of the generic hazard record process dependent upon the phases according to EN 50126 and the tools used.

The basis for the hazard assessment is established in the specification creation phase (phases 1–4 according to EN 50126). Here, the functions listed in the specifications are evaluated with regard to their residual risk and are summarised in the “Specification” hazard record. This hazard record is frozen along with the

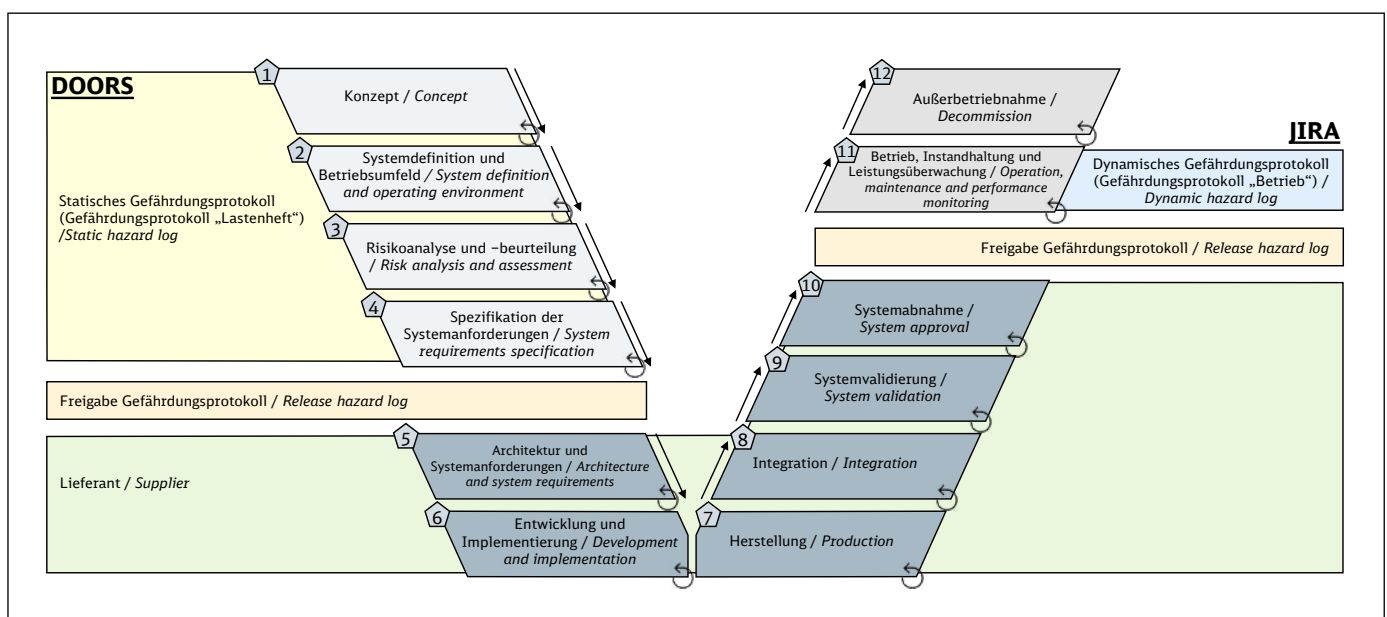


Bild 1: Tool-Unterstützung anhand der Phasen der EN 50126

Fig. 1: Tool support based on the phases of EN 50126

heft" zusammengefasst. Dieses Gefährdungsprotokoll wird mit dem fertigen Lastenheft zusammen eingefroren. Es ist vorgesehen, dieses Gefährdungsprotokoll in „DOORS“ zu führen und zu pflegen, so mit können die Gefährdungen direkt mit den Anforderungen der Lastenhefte verknüpft werden.

Das Gefährdungsprotokoll „Lastenheft“ dient als Basis für die Bewertung der in den späteren Phasen identifizierten Sachverhalte. Diese werden im Gefährdungsprotokoll „Betrieb“ im Ticket basierten Management-Tool JIRA von Atlassian geführt.

Gefährdungen für das Gefährdungsprotokoll „Betrieb“ können sich ergeben aus einer nachträglichen Änderung der Bewertungsgrundlage (z.B. geänderte Umsetzung der Lastenheftanforderungen) oder durch neue Erkenntnisse, welche es erforderlich machen, die bereits durchgeführte Bewertung zu korrigieren (z.B. Annahmen, die sich als falsch herausstellen).

Zur Fortschreibung der Lastenhefte und somit zur Fortschreibung des Gefährdungsprotokolls „Lastenheft“ muss der Bearbeiter einer Risikobewertung eine Abfrage des Gefährdungsprotokolls „Betrieb“ durchführen, um relevante Erkenntnisse aus späteren Phasen früherer Releases berücksichtigen zu können. Dadurch wird eine Durchgängigkeit zwischen beiden Gefährdungsprotokollen erreicht.

completed specifications. Provision has been made for this hazard record to be kept in „DOORS“ so that the hazards can be directly linked to the specification requirements.

The „Specification“ hazard record provides a basis for evaluating the issues identified in the subsequent phases. They are documented in the „Operations“ hazard record in the JIRA ticket-based management tool from Atlassian.

The hazards for the „Operations“ hazard record can result from a subsequent change in the assessment basis (e.g. the changed implementation of the specification requirements) or from new findings that make it necessary to revise the previously undertaken assessment (e.g. assumptions that have turned out to be incorrect).

The person responsible for the hazard assessment must check the „Operations“ hazard record in order to account for any relevant findings from the later phases of earlier releases and so as to update the specifications and consequently the „Specification“ hazard record. This ensures that the two hazard records remain consistent.

The functions of the „Operations“ hazard record will be further described in the course of this article.

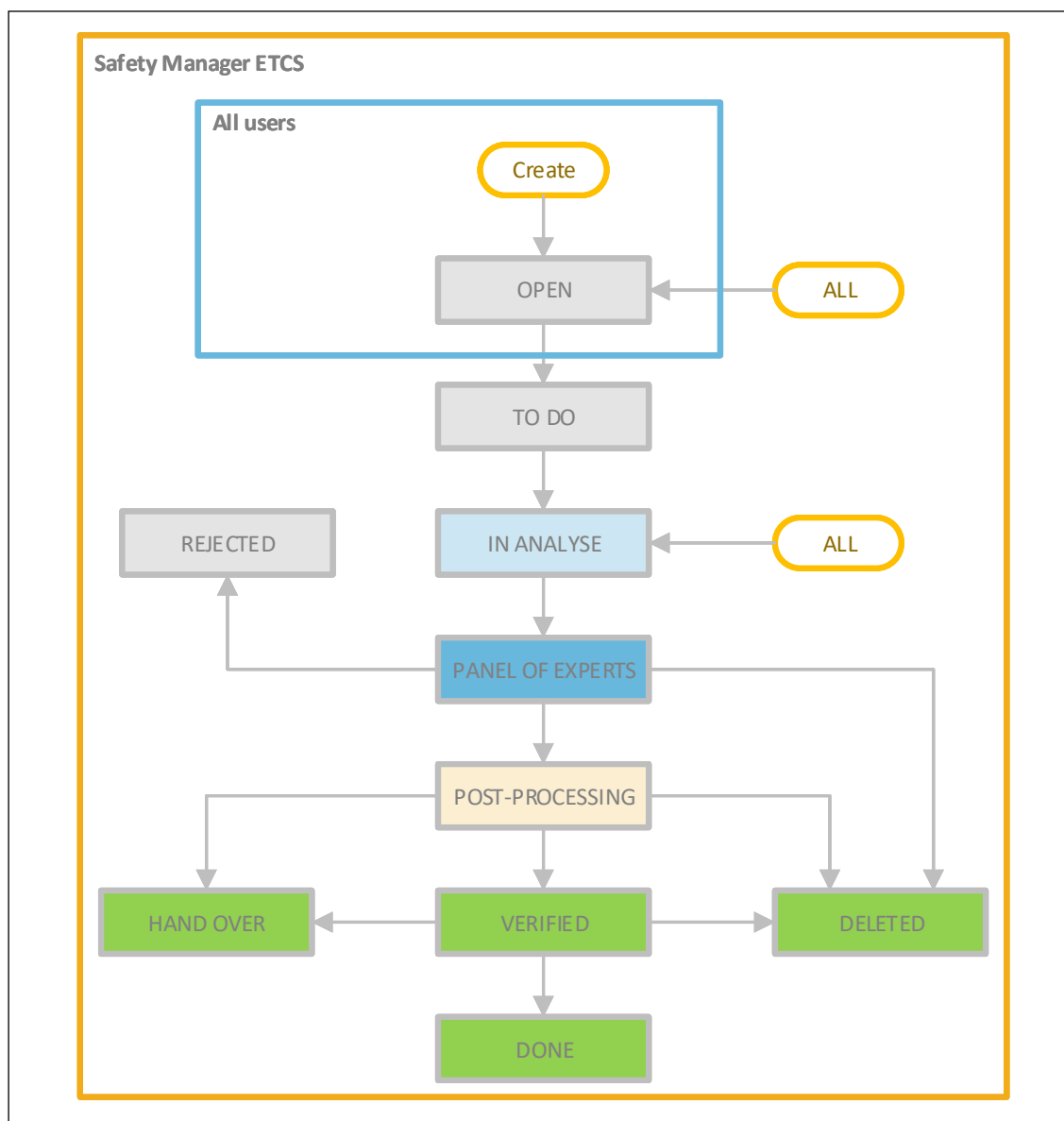


Bild 2: Workflow einer Gefährdung im Tool JIRA

Fig. 2: A hazard workflow in the JIRA tool

Im weiteren Verlauf dieses Beitrags soll die Funktionsweise des Gefährdungsprotokolls „Betrieb“ beschrieben werden.

2 Die Idee

Ziel des dynamischen Gefährdungsprotokolls ist es, ein Gefährdungsprotokoll zu schaffen, welches für Jeden offen zugänglich und jederzeit einsehbar ist. Es soll allen Beteiligten einfach und unkompliziert möglich sein, eine Gefährdung an das Safety Management der generischen ETCS-Systementwicklung heranzutragen sowie für ihr Projekt relevante Gefährdungen und Sicherheitsmaßnahmen einsehen zu können. Jeder beteiligte Mitarbeiter soll daher die Berechtigung haben, neue Gefährdungen anzulegen.

Der Safety Manager prüft den Sachverhalt und stößt die Analyse der Gefährdung an. Dazu werden auch die relevanten Gefährdungen aus dem Gefährdungsprotokoll „Lastenheft“ identifiziert. Nach Abschluss der Analyse werden in einem Expertengremium Entscheidungen zur weiteren Handhabung der Gefährdung getroffen. Ebenso muss der gesamte Prozess manipulationssicher dokumentiert werden.

Aufgrund der freien Möglichkeit, Gefährdungen anzulegen, muss der Prozess die Möglichkeit bieten, Gefährdungen als irrelevant zu kennzeichnen und wieder zu schließen. Der Sachverhalt soll jedoch dokumentiert bleiben, dadurch kann das Gefährdungsprotokoll seiner Aufgabe als „Protokoll“ gerecht werden.

2.1 Umsetzung des toolgestützten Gefährdungsprotokolls

Über eine einfache Eingabemaske kann eine neue Gefährdung im Tool angelegt und können erste prägnante Informationen zur Gefährdung abgegeben werden. Die so im Tool angelegte Gefährdung erhält automatisch eine eindeutige Gefährdungsidentifikationsnummer. Im nächsten Schritt können weitere Details, die zur Gefährdungsbeschreibung notwendig sind, eingegeben werden. Über die Auswahl von „Erstellung abgeschlossen“ übergibt der Ersteller die Gefährdung an das Safety Management, und die Gefährdung ändert den Status von „OPEN“ in „TO DO“. Ab diesem Zeitpunkt ist die Gefährdung nur noch durch die Rolle „Safety Manager“ bearbeitbar, somit ist eine Manipulation durch Dritte ausgeschlossen. Der Workflow einer Gefährdung wird in Bild 2 dargestellt.

Ebenfalls zeigt Bild 2, dass nur die verantwortlichen Safety Manager Gefährdungen zu jedem Zeitpunkt bearbeiten können (gelbes Quadrat). Im Vergleich ist es allen anderen Benutzern nur möglich, eine Gefährdung anzulegen und im Status „OPEN“ zu bearbeiten (blaues Quadrat). Das „ALL“ soll verdeutlichen, dass der Safety Manager eine Gefährdung, egal in welchem Status sich diese befindet, wieder in den Status „IN ANALYSE“ oder „OPEN“ zurückversetzen kann.

Der Status „TO DO“ dient dem ETCS Safety Manager als Evaluierungsschritt. Sind alle Informationen, welche zum Verständnis der Gefährdung benötigt werden, vorhanden, oder fehlen entscheidende Hinweise? Da der Ersteller einer Gefährdung automatisch immer als „Reporter“ in der Gefährdung selbst vermerkt wird, kann so bei Fragen eine einfache Kontaktaufnahme direkt über das Tool oder über die mit dem User verbundenen Kontaktdaten (z. B. E-Mail und Telefon) stattfinden. Wird keine weitere Information zur exakten Darstellung der Gefährdung benötigt, wird die Gefährdung in den nächsten Status „IN ANALYSE“ verschoben. In diesem Status wird die Gefährdung genauestens durchleuchtet. Es können innerhalb des Gefährdungstickets direkt Analyseaufträge an benötigte ETCS-Fachexperten verteilt und ihre Expertisen dazu eingeholt werden. Ist die Gefährdung analysiert und der Sachverhalt klar, wird das Gefährdungsticket mit einer klaren Empfehlung des Safety Managers in die Planung des nächsten Ex-

2 The idea

The aim of the dynamic hazard record is to produce a hazard record that is openly accessible to everyone and can be viewed at any time. It should be possible for all the parties involved to easily submit a hazard to the safety management for generic ETCS system development and to view any hazards and safety measures relevant to their project. Each involved employee should therefore be authorised to create new hazards.

The safety manager will then review the facts and initiate a hazard analysis. The relevant hazards from the “Specification” hazard record are also identified to this end. Once the analysis is complete, a panel of experts will decide on the next steps for managing the hazard. The entire process also needs to be documented in a tamper-proof manner.

The open ability to create hazards means that the process must allow hazards to be marked as irrelevant and then closed again. Nevertheless, the facts should remain documented in order to ensure that the hazard record fulfils its purpose as a “record”.

2.1 Implementing the tool-based hazard record

A new hazard can be created in the tool using a simple input mask and the initial, concise information on the hazard can be entered. Any hazard created using the tool in this way will automatically receive a unique hazard identification number.

Any other details required to describe the hazard can be entered in the next step. The creator then transfers the hazard to safe-

Sicherheits- und Signalschutzlösungen

AC/DC/Signalschutz

Erfahren Sie mehr über unsere elektrischen Schutzlösungen für:

- Zugverkehrskontrolle
- Energieversorgung und Kommunikation
- ETCS, ESTW/DSTW-Systeme

Raycaps umfangreiches Überspannungsschutz-Sortiment unterstützt Bahnsicherheitssysteme mit leicht zu installierenden Lösungen.

Für mehr Informationen zu unseren Lösungen sprechen Sie uns gerne an.

Raycap

raycap.de
info@raycap.de



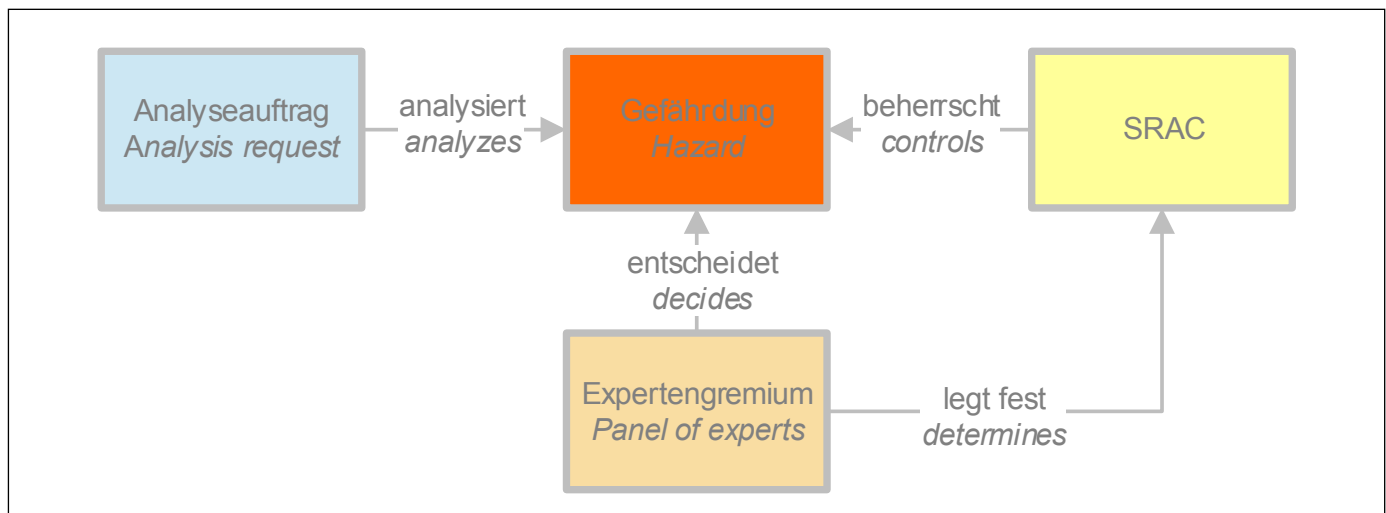


Bild 3: Tickettypen

Fig. 3: Ticket types

pertengremiums aufgenommen. Der Status wird auf „PANEL OF EXPERTS“ verschoben.

Das Expertengremium ist ein Format, welches aus mindestens drei Experten aus den durch die Gefährdung betroffenen Fachbereichen besteht, beispielsweise aus dem Bahnbetrieb, der Bauartverantwortung und einem Safety Manager. Das Expertengremium wird ebenfalls aus Dokumentationsgründen als eigenes Ticket gepflegt (Bild 3). In diesem Ticket wird festgehalten, wann das Gremium stattgefunden hat, wer die Teilnehmer waren und über eine Link-Verknüpfung die in diesem Termin zu behandelnden Gefährdungen. Die Link-Verknüpfung wirkt sich auf beide miteinander verknüpfte Tickets aus. So ergibt sich im Expertengremium eine Liste der zu beurteilenden Gefährdungen, und in den Gefährdungen selbst ist klar ersichtlich, zu welchen Zeitpunkten und mit welchen Teilnehmern diese Gefährdung bereits besprochen bzw. bewertet wurde.

Falls es die Gefährdung zu ihrer Beherrschung erfordert, werden Maßnahmen zur Risikokompensation in Form von Sicherheitsanforderungen definiert. Der entsprechende Objekttyp wurde „SRAC“ (Safety-Related Application Conditions) genannt. Die Eignung und Zweckmäßigkeit der Sicherheitsanforderungen wird ebenfalls durch das Expertengremium bestätigt. Die Umsetzung der Sicherheitsanforderungen wird durch die Safety Manager sichergestellt.

Im Anschluss an das Expertengremium wandert die Gefährdung in den Status „POST-PROCESSING“, hier können Nacharbeiten und Detaillierungen an den im Expertengremium festgelegten Inhalten vorgenommen werden. Ist all dies geschehen, bekommt die Gefährdung den Status „VERIFIED“. In diesem Status verweilt die Gefährdung so lange, bis die getroffenen Sicherheitsmaßnahmen in Kraft getreten sind. Somit dient dieser Status als Sammlung der nachzuhaltenden Gefährdungen. Erst wenn die Maßnahmen umgesetzt sind, bekommt die Gefährdung den Status „DONE“ und ist im eigentlichen Sinne beherrscht.

Der Status „HAND OVER“ dient dazu, zu signalisieren, dass diese Gefährdung nicht das System ETCS betrifft, sondern ein angrenzendes System betroffen ist und die Gefährdung bereits an diese Systemstelle kommuniziert wurde.

Zu bestimmten, extern beliebig vorgegebenen Zeitpunkten kann der aktuelle Status des Gefährdungsprotokolls exportiert und als Bericht abgelegt werden. Dabei können zweckgebunden vorde-

ty management by selecting “initial creation completed” and the hazard status changes from “OPEN” to “TO DO”. From this point on, the hazard can only be edited by the “Safety Manager” role, thus preventing any tampering by third parties. The hazard workflow is shown in fig. 2.

Fig. 2 also shows that only the responsible safety managers can process the hazards at any time (the yellow square). All the other users are only able to create hazards and change them to the “OPEN” status (the blue square). “ALL” is intended to make it clear that the safety manager can return a hazard to the “IN ANALYSIS” or “OPEN” status, regardless of its status.

The “TO DO” status signals that the ETCS safety manager needs to conduct an evaluation. Is all the information needed to understand the hazard available or is any crucial information missing? Since the creator of the hazard is always automatically noted as the “reporter” in the hazard itself, they can easily be contacted directly using the tool or the contact data associated with the user (e.g. their e-mail and telephone) if there are any questions. If no further information is required for the exact description of the hazard, the hazard is moved to the next status, i.e. “IN ANALYSIS”. The hazard is examined in detail when in this status. Analysis tasks can be directly distributed to the required ETCS experts within the hazard ticket so as to obtain their expertise. Once the hazard has been analysed and the facts established, the hazard ticket will be included in the planning of the next panel of experts with a clear recommendation from the safety manager. The status is then moved to “PANEL OF EXPERTS”.

The panel of experts is a format consisting of at least three experts from the departments affected by the hazard, for example railway operations, product line responsibility and a safety manager. The panel of experts is also managed as a separate ticket for documentation purposes (fig. 3). This ticket uses a link to record when the panel took place, who participated in it and what hazards were to be dealt with during the panel. The link connection affects both the linked tickets. This creates a list of hazards to be assessed by the panel of experts. The hazards themselves contain clear information on when the respective hazard was previously discussed or assessed and by whom.

If the hazard needs to be contained, risk compensation measures will be introduced in the form of safety requirements. The corresponding object category has been called “SRAC” (Safety-Relat-

finierte Filter verwendet werden, um nur Gefährdungen mit bestimmten Eigenschaften im Bericht aufzuführen. So können per Knopfdruck Berichte für ein bestimmtes Projekt, ein entsprechendes Lastenheft-Release, oder auch für ein bestimmtes Produkt eines Herstellers erzeugt werden.

Für Berichte des Safety Managements werden Templates angelegt, welche durch das Tool automatisch mit Daten befüllt werden. Der Safety Manager ergänzt die Dateien um eine Einschätzung und ein Fazit, damit wird ein Berichtswesen eingeführt, mit dem in gleichbleibender Form und minimalem Aufwand Auswertungen und Abfragen aus dem Gefährdungsprotokoll erzeugt werden können.

3 Ausblick

Die Gefährdungen aus dem TSI ZZS Subset-113 (ETCS Gefährdungsprotokoll UNISIG) werden, wie jede andere gemeldete Gefährdung auch, alle separat im Gefährdungsprotokoll „Betrieb“ aufgenommen, analysiert und bewertet.

Wie bereits erläutert, bietet das System die Möglichkeit, dass jeder Mitarbeiter Gefährdungen selbst anlegen kann. Dies wird gegenwärtig so noch nicht praktiziert. Im Sinne der Fehlerkultur soll es eine Selbstverständlichkeit werden, dass jeder auch begründete Vermutungen als Gefährdung meldet bzw. selbst anlegt und dadurch den Fachleuten die Möglichkeit gibt, diese zu analysieren und die notwendigen Schlüsse zu ziehen. Hier wird das Safety Management Schulungen und Vorträge halten, um das gewünschte Selbstverständnis bei den Kollegen zu erreichen.

4 Zusammenfassung

Die Umsetzung des Gefährdungsprotokolls „Betrieb“ in einem Ticket basierten Managementtool bringt für uns folgende Vorteile mit sich:

- Transparenter und nachvollziehbarer Gefährdungsmanagementprozess
- Durch ein Berechtigungskonzept ist der Prozess manipulationsicher.
- Jeder kann und darf einen sicherheitsbezogenen Mangel melden.
- Vereinfacht die Kommunikation zwischen allen Beteiligten.
- Durch bestimmte Filter und Übersichten wird stets die Übersicht bewahrt.
- Es können zu jeder Zeit einfach Berichte mit unterschiedlichen Schwerpunkten (Projekt, Lastenheft-Release, Hersteller, Produkte) erzeugt werden. ■

AUTOREN | AUTHORS

Dipl.-Ing. Florian Wieland
Safety Manager ETCS
E-Mail: florian.wieland@deutschebahn.com

M.Sc. Patrick Winkler
Safety Manager ETCS
E-Mail: patrick.pt.winkler@deutschebahn.com

Beide Autoren / both authors:
DB Netz AG
Anschrift / Address: Völckerstraße 5, D-80939 München

ed Application Conditions). The suitability and appropriateness of the safety requirements is likewise confirmed by the panel of experts. The safety managers are responsible for ensuring that the safety requirements are implemented.

Following the panel of experts, the hazard moves to the “POST-PROCESSING” status, where reworking and detailing can be carried out on the elements defined in the panel of experts. Once this is complete, the hazard is given the “VERIFIED” status. The hazard remains in this status until the implemented safety measures have taken effect. Accordingly, this status involves a collection of hazards that need to be tracked. The hazard is only changed to “DONE” and deemed fully under control once the measures have been implemented.

The “HAND OVER” status signals that this hazard does not affect the ETCS system, but an adjacent system instead, and that the hazard has already been communicated to this system unit.

The hazard record’s current status can be exported at any specific, externally specified times and saved as a report. Predefined filters can be used for specific purposes in order to list only those hazards with certain properties in the report. This allows reports to be generated for a specific project, a corresponding specification release or even a specific manufacturer’s product at the click of a button.

Templates are created for safety management reports, which are automatically filled with data by the tool. The safety manager adds a potential evaluation and a conclusion to the files, introducing a reporting system where evaluations and queries can be generated from the hazard record with consistency and minimal effort.

3 Outlook

The hazards from the TSI CCS Subset-113 (ETCS hazard record UNISIG) are, like any other reported hazard, all recorded, analysed and evaluated separately in the “Operations” hazard record.

As previously explained, the system allows each employee to create hazards. This is not the current practise, however. Everyone should report or create well-founded suspicions as hazards as a matter of course for the purposes of nurturing a culture of learning from mistakes, thereby giving experts the opportunity to analyse them and draw the necessary conclusions. With this in mind, safety management can then organise training courses and lectures in order to achieve the desired level of understanding among colleagues.

4 Summary

The implementation of the “Operations” hazard record in a ticket-based management tool provides the following advantages:

- a transparent and traceable hazard management process
- a tamper-proof process due to the authorisation concept
- anyone can and may report a safety-related deficiency
- simplified communication between all the stakeholders
- an overview is always maintained by means of certain filters and overviews
- reports with different focal points (project, specifications release, manufacturer products) can be generated easily at any time. ■

Technologie- und Securityprognose System Bahn – Bedrohungen rechtzeitig erkennen

Technology and security forecast for the railway system – the timely identification of threats

Markus Heinrich | Lukas Iffländer | Dirk Scheuermann | Stefan Katzenbeisser | Simon Unger

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Prognose Securitybedarf und Bewertung möglicher Sicherheitskonzepte für das System Bahn“ wurden Prognosen erstellt, wie digitale Technologien im System Bahn künftig eingesetzt werden und wie diese durch Angriffe missbraucht werden können. Die Beschreibungen der Angriffe wiederum erlaubten eine Abschätzung künftiger Bedrohungen, die durch Standards oder Normen behandelt werden müssen.

1 Einleitung

Die fortschreitende Digitalisierung und Vernetzung des Systems Bahn bringt neue Gefahren für die Informationstechnik (IT)-Sicherheit mit sich – dies gilt sowohl für den operativen Bahnbetrieb als auch für neuartige Anwendungen wie die dynamische und individuelle Reisendenlenkung. Für die IT-Sicherheit des Systems Bahn existiert seit 2021 die technische Spezifikation TS 50701 [5], die sich eng an die IEC 62443 [6] anlehnt und die ursprünglich im Kontext der Industrieautomatisierung entwickelt wurde. Die Normen und Standards bilden den aktuellen Stand der Technik ab.

Allerdings entwickelt sich das Feld der IT-Sicherheit sehr dynamisch – stets kommen neue Angriffstechniken hinzu, gegen die ein effektiver Schutz erforderlich ist. Daher muss geprüft werden, ob die normativ festgehaltenen Maßnahmen der IT-Sicherheit auch zu erwartende künftige Bedrohungen abwehren können.

Im Rahmen des vom Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) beim Eisenbahn-Bundesamt (EBA) finanzierten Projekts „Prognose Securitybedarf und Bewertung möglicher Sicherheitskonzepte für das System Bahn“ wurden daher Prognosen erstellt, wie digitale Technologien im System Bahn künftig eingesetzt werden und wie diese durch Angriffe missbraucht werden können – es entstanden sogenannte Abuse-Cases (Missbrauchsfällen). Diese wiederum erlaubten eine Abschätzung künftiger Bedrohungen, die durch Standards oder Normen behandelt werden müssen.

2 Einsatz digitaler Technologie bis ins Jahr 2050

Der künftige Bedarf an IT-Sicherheitskonzepten für das System Bahn kann nur anhand konkreter Einsatzszenarien digitaler Technologien abgeschätzt werden. Zu diesem Zweck wurde eine Technologieprognose angefertigt, die einen Blick bis in das Jahr 2050 wirft und in mehr als 20 Szenarien die Anwendung digitaler Technologien im Umfeld von Reisenden, Gütern, Schienenfahrzeugen, Infrastruktur und ihren Prozessen beschreibt. Hierbei wurde der Schienenverkehr nicht als geschlossenes System betrachtet, sondern mit dem Übergang auf Straße, Wasser und Luft (intermodaler Verkehr) sowie dem grenzüberschreitenden Verkehr in einen Gesamtkontext gebracht.

Prognoses pertaining to the application of digital technology in the railway system and its abuse through attacks have been undertaken as part of the „Security Requirements Forecast and Evaluation of Possible Security Concepts for the Railway System“ research project. They in turn have allowed us to assess any future threats that have yet to be considered by the standards or norms.

1 Introduction

The advancing digitalisation and interconnection of the railway system poses new risks to the security of information technology (IT); this applies to both current railway operations and to new applications such as dynamic and individual passenger guidance. The TS 50701 technical specification [5], closely based on IEC 62443 [6] which was initially developed for industrial automation, has existed for railway cybersecurity since 2021. The norms and standards represent the current state of the art.

However, the field of cybersecurity is developing dynamically; newly emerging offensive techniques require the development of adequate protections. It is therefore necessary to question whether the normative cybersecurity measures can also ward off any expected future threats.

Prognoses pertaining to the digital technology applied in the railway system and its abuse through attacks (the creation of so-called abuse cases) have been undertaken as part of the “Security Requirements Forecast and Evaluation of Possible Security Concepts for the Railway System” project funded by the German Centre for Rail Traffic Research (DZSF) at the Federal Railway Authority (EBA). They in turn have allowed us to assess future threats that have yet to be considered by the standards or norms.

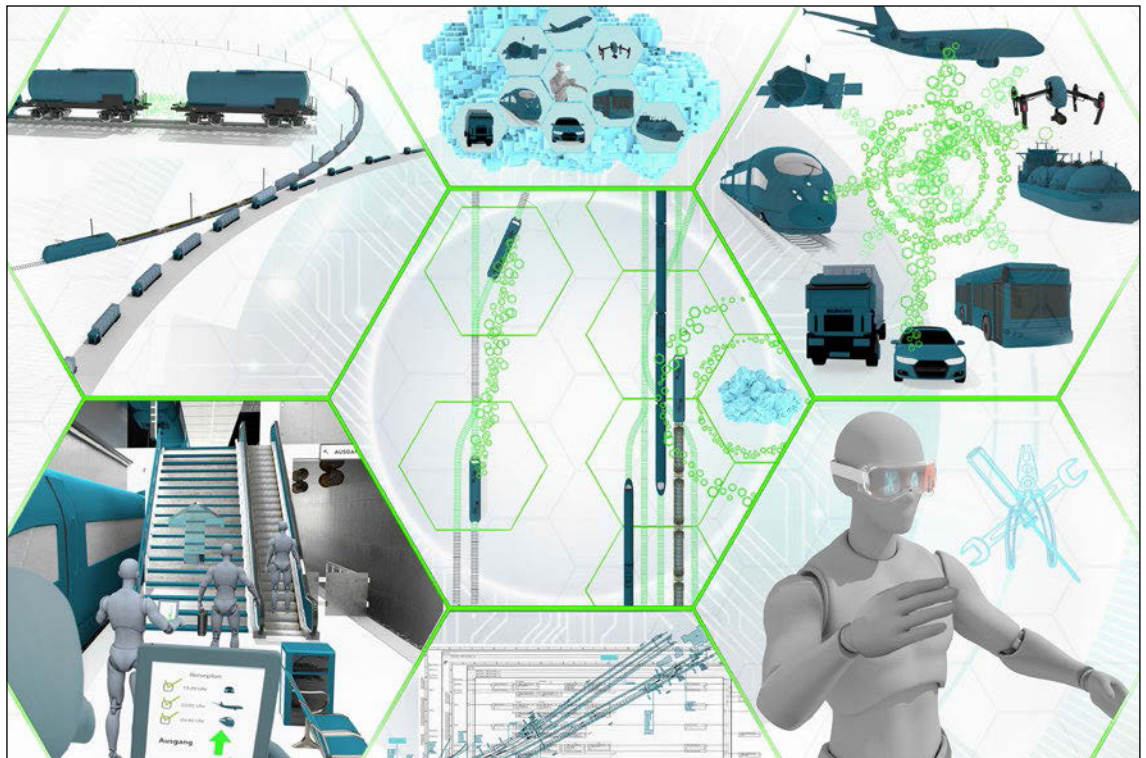
2 The use of digital technology up to 2050

The future need for cybersecurity concepts in the railway system relies on the specific application scenarios for the digital technologies. To this end, we have prepared a technology forecast for 2050 that describes the digital technology applications in the environments of passengers, goods, rail vehicles, and infrastructure and their processes in more than 20 scenarios. We did not consider rail transport to be a closed system here and took a broader view regarding intermodal traffic involving roads, water and airways, and cross-border transportation.

Numerous digital technologies find multiple potential applications in the railway system. Fig. 1 shows examples of this schematically. This applies to the communication between the peo-

Bild 1: Illustration der unterschiedlichen Anwendungsbereiche digitaler Technologien

Fig. 1: Illustration of the different application areas of digital technologies



Es zeigt sich, dass zahlreiche digitale Technologien auf unterschiedliche Art und in verschiedener Ausprägung im System Bahn eingesetzt werden können. Bild 1 stellt Beispiele dafür schematisch dar. Dies betrifft besonders die Kommunikation der beteiligten Personen und Systeme. Funktechnologien wie das Future Railway Mobile Communication System (FRMCS) werden eine zentrale Rolle einnehmen, um den Datenaustausch für eine Vielzahl von Services des Bahnbetriebs (wie die Zugsicherung) und der Kundenkommunikation (etwa die Reisendenlenkung) bereitzustellen. Auch heute noch wenig bis gar nicht eingesetzte kabellose Übertragungsmöglichkeiten wie der Satellitenfunk stellen ein realistisches Szenario dar, um in Kombination aus verschiedenen Kommunikationstechnologien die Resilienz des Systems zu erhöhen.

Im Fokus vieler Anwendungsgebiete steht das Überwachen von Zustand und Bewegung aller Teilnehmer – Güter, Fahrzeuge – im Gesamtsystem. Hervorzuheben sind Themen wie das Internet of (Railway) Things, die Verfolgung und Parameterüberwachung bei Gütern, die Unterstützung der Instandhaltung der Infrastruktur oder das Verbessern des Reiseerlebnisses für die Fahrgäste (Bild 2). Um einen gesteigerten Mehrwert durch die Vernetzung und Interaktion erzielen zu können, muss diese Vernetzung auch aufseiten der Betreiber, Hersteller und Lieferanten des Systems Bahn abgebildet werden. Dies erfordert, dass Unternehmen ihre individuellen Datenbestände verknüpfen, was entsprechende Konzepte und Modelle zum digitalen Datenaustausch impliziert, die auch die Belange der IT-Sicherheit und Privatsphäre berücksichtigen müssen. Daraus ergibt sich auch die Möglichkeit, dem Kunden aus Personen- und Güterverkehr eine bessere Integration des intermodalen Transportes und einen reibungslosen Übergang zwischen den Verkehrsträgern zu bieten. Dafür müssen die relevanten Informationen unternehmensübergreifend zur Verfügung stehen, um so dem einzelnen Kunden individuell zugeschnittene Information, Vorschläge und Organisation zukommen zu lassen.

Weiterhin können sich Mobilitätsanbieter andere Lebensbereiche technisch erschließen und in ihr Geschäftsmodell integrieren, um

ple and the systems involved. Radio technologies such as the Future Railway Mobile Communication System (FRMCS) will play a central role in providing the data exchange for a variety of services in railway operations (such as train control) and customer communication (such as passenger guidance). Wireless transmissions such as satellite radio, which is currently used very little or not at all, also represent a realistic scenario for increasing the system's resilience with the combination of a range of communication technologies.

Many application areas focus on monitoring the status and movement of all the participants (goods and vehicles) in the overall system. Topics such as the Internet of (Railway) Things, the tracking and parameter monitoring of goods, support for infrastructure maintenance or improving the passenger travel experience (fig. 2) should be highlighted. If increased added value is to be created through networking and interaction, this networking must also be reproduced on the part of the railway system's operators, manufacturers, and suppliers. This requires companies to link their data stocks and as such to take into account the corresponding concepts and models for digital data exchange that also consider cybersecurity and privacy concerns. This also results in the possibility of offering passenger and freight transport customers better integration of intermodal transport and a smooth transition between the modes of transportation. The relevant information must be available across all the companies to provide individually tailored information, suggestions, and organisation to the individual customer.

Furthermore, mobility providers can develop other areas of life technically and then integrate them into their business model to ensure their future viability. This development can be achieved, for example, through comprehensive travel and life management that supports travellers with digital assistants already at home and accompanies them on their way to the train with timely reminders, route suggestions and tips on shopping opportunities (breakfast rolls at their favourite bakery). When travelling, the

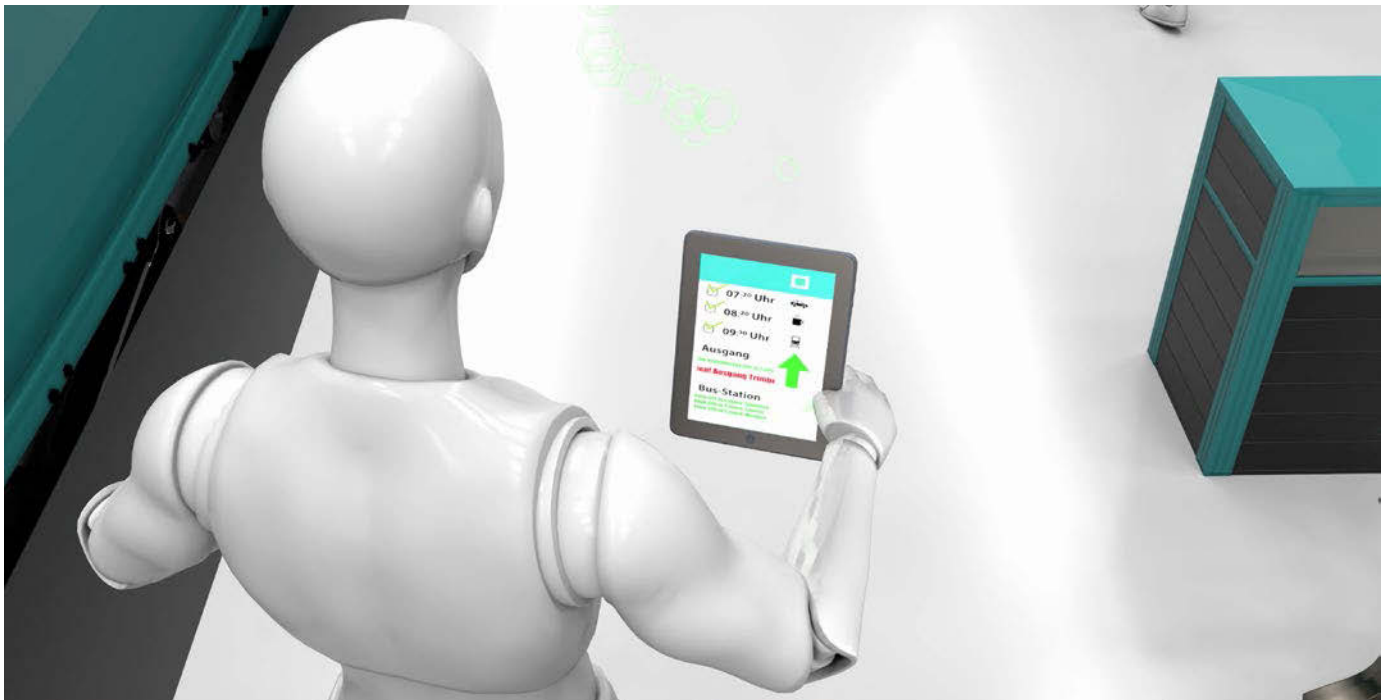


Bild 2: Der digitale Assistent begleitet den Reisenden über alle Verkehrsmittel.

Fig. 2: The digital assistant accompanies the traveller across all means of transport.

ihre Zukunftsfähigkeit sicherzustellen. Dies kann beispielsweise durch ein umfassendes Reise- und Lebensmanagement erfolgen, das den Reisenden durch digitale Assistenten bereits zu Hause unterstützt und den Weg zum Zug durch rechtzeitige Erinnerungen, Routenvorschläge und Hinweise auf Einkaufsmöglichkeiten (Frühstücksbrötchen beim Lieblingsbäcker) begleitet. Beim Reisen kann der digitale Assistent Abteile im Zug für mobiles Arbeiten reservieren oder einen Besprechungsraum am (Umsteige-) Bahnhof für das Treffen mit Kollegen und Kunden organisieren. Über die vollständige Reise wird der Reisende bei der Routenwahl, Verkehrsmittelwahl und der benötigten Reisezeit unterstützt (Bild 2).

Aus diesen Anwendungsfällen sind einige zentrale Herausforderungen und Konflikte zwischen Anwendungsziel und Schutzziel bereits absehbar:

- Hohes Vertrauen in die Korrektheit von erhobenen Daten (z. B. Sensordaten), um auf ihrer Basis operative Entscheidungen treffen zu können bei gleichzeitig millionenfacher Sensorverteilung im Kleinstformat
- Integrität und Authentizität beim Austausch der Daten in den unterschiedlichsten Kommunikationsnetzen (Vehicle to Vehicle, Object to Object)
- Wahrung der Privatsphäre und des Datenschutzes bei der Erhebung und Speicherung personenbezogener Daten, auch bei einem Austausch über Unternehmensgrenzen hinweg, unter Erhalt der Nutzbarkeit (Auswertung) der Information
- räumlich und zeitlich uneingeschränkte Verfügbarkeit von Daten und Kommunikation und damit Resilienz der Übertragungsnetze gegen Ausfälle und gezielte Störungen
- Einfluss der Digitalisierung und damit der IT-Sicherheitskonzepte auf die funktionale Sicherheit des Bahnbetriebs
- flexible Weiterentwicklung der Algorithmen durch KI-Methoden auch im Bereich unüberwachten Lernens bei gleichzeitiger Beibehaltung einer Vorhersagbarkeit der Systemreaktion für Agieren im sicherheitsrelevanten Anwendungsbereich.

digital assistant can reserve compartments on the train for mobile work or organise a meeting room at a (transfer) station for meetings with colleagues and customers. Throughout the entire journey, the system supports the traveller in the choice of route, the means of transport and the required travel time (fig. 2).

Some key challenges and conflicts between the application goal and the protection goal are already foreseeable from these use cases:

- high confidence requirements for the correctness of the collected data (e.g., sensor data) for making operative decisions, while at the same time distributing millions of miniature sensors;
- integrity and authenticity during data exchanges in heterogeneous communication networks (vehicle to vehicle, object to object);
- the preservation of privacy and data protection when collecting, storing and sharing personal data, but also while maintaining the usability (analysis) of the information in question;
- the spatially and temporally unrestricted availability of the data and communication and the resilience of the transmission networks against failures and targeted disruptions;
- the influence of the digitalisation and thus the cybersecurity concepts on the safety of railway operations;
- the flexible further development of algorithms using AI methods, including unsupervised learning, while maintaining the predictability of the system response for actions in the safety-relevant application area.

The complete technology forecast has already been published in the first part of the research report on the project and is available online [1].

3 Abuse cases

The known and new threats to the railway system have been analysed based on the technology forecast use cases and described in the form of abuse cases to derive the future need for protection.

Die vollständige Technologieprognose wurde im ersten Teil des Forschungsberichtes zum Projekt bereits publiziert und ist online abrufbar [1].

3 Abuse-Cases

Zur Herleitung des zukünftigen Schutzbedarfs wurden, aufbauend auf den Anwendungsfällen der Technologieprognose, bekannte und neuartige Bedrohungen auf das System Bahn analysiert und in Form von Abuse-Cases (Missbrauchsfällen) beschrieben. Den identifizierten Abuse-Cases werden existierende Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik und der Normung gegenübergestellt, um zu analysieren, welchen zukünftigen Bedrohungen noch keine angemessenen Schutzmaßnahmen gegenüberstehen. Für diese Analyse kommt die Methodik der Angriffsgraphen zum Einsatz (siehe z. B. Bild 3), die bereits in [2] vorgestellt wurde und für die ein Software-Werkzeug [3] verfügbar ist. Grundlage der hier durchgeführten Risikoanalysen sind die Risikobewertungsmethoden aus der TS 50701 (Cybersicherheit für Bahnanwendungen) [5] und der auf IEC 62443 basierenden Vornorm DIN VDE V 0831-104 für IT-Sicherheit für Bahn-Signalanlagen [6]. Die Methoden wurden hierfür analysiert und widerspruchsfrei implementiert. Die Angriffsgraphen bieten einige Vorteile für die Risikoanalyse der Szenarien aus der Technologieprognose:

- Abschätzung der Angriffsfolgen: Angriffsgraphen bringen konkrete Angriffe mit den unterschiedlichen möglichen Konsequenzen in Verbindung.
- Nachvollziehbarkeit des Angriffsweges: Angriffsgraphen verfeinern die notwendigen Schritte und zeigen Verkettungen und Alternativen in der Durchführung auf.
- Ausgenutzte Schwachstellen: Angriffsgraphen zeigen die technischen Voraussetzungen für die Realisierung eines Angriffs auf.
- Risiko- bzw. Bedrohungsanalyse: Die Charakterisierung eines Angriffs inkl. seiner Konsequenzen wird durch die Angriffsgraphen dargestellt.
- Gegenmaßnahmen: Die risikomindernde Wirkung von Gegenmaßnahmen wird mit konkretem Bezug auf einen Angriff dargestellt.

Eine herkömmliche Dokumentation von Risikoanalysen basiert typischerweise auf einem Tabellenformat, bei dem es nur schwer möglich ist, die Zusammenhänge zwischen Angriffen/Bedrohungen, Schadensausmaß und wirksamen Gegenmaßnahmen intuitiv darzustellen und damit nachvollziehbar zu machen.

We compared the identified abuse cases with the existing protective measures according to the state of the art and the standards so as to analyse which future threats have not yet been countered by adequate protective measures. We employed the attack graph methodology for this analysis (e.g., see fig. 3) as presented in [2] and developed a software tool to this end [3]. The risk analyses carried out here are based on the risk assessment method from TS 50701 (cybersecurity for railway applications) [5] and the DIN VDE V 0831-104 pre-standard for the cybersecurity of railway signalling systems [6] based on IEC 62443. We have analysed and implemented the methods for this purpose without any contradictions.

The attack graphs offer some advantages in the risk analysis of the scenarios from the technology forecast:

- the assessment of the consequences of attacks: attack graphs relate specific attacks to different possible outcomes.
- the traceability of the attack path: attack graphs refine the necessary steps and show the chains and alternatives in the execution.
- the exploited vulnerabilities: attack graphs show the technical requirements for the realisation of an attack.
- the risk or threat analysis: attack graphs represent the characterisation of an attack, including its consequences
- countermeasures: attack graphs represent the risk-reducing effect of countermeasures with specific reference to an attack.

The conventional documentation of risk analyses typically relies on a table format where it is difficult to intuitively present the connections between the attacks and the threats, the extent of the damage and any effective countermeasures and thus to make them understandable.

Attack graphs, on the other hand, prepare the risk analysis graphically, facilitate the reader's understanding and are therefore predominantly suitable for the comprehensive discussion that the technology forecast intends to stimulate. The central challenge in analysing the technology forecast scenarios lies in the systems that have only been abstractly defined, since the system cannot yet be completely technically realised based on an outlook of the future. Therefore, the risk analysis is subject to uncertainty due to the choice of the given technical realisation, which is represented more comprehensibly by logically linking the sub-steps in the attack graphs.



RAIL CYBERSECURITY AT INNOTRANS

Discover solutions designed to mitigate cyber risk within rolling stock, signalling and infrastructure.

Messe Berlin | Booth 230M, Hall 2.2 | September 20-23



Die Angriffsgraphen bereiten die Risikoanalyse dagegen grafisch auf, erleichtern das Verständnis für den Leser und eignen sich daher vorwiegend für die umfassende Diskussion, wie sie die Technologieprognose anregen soll. Die zentrale Herausforderung bei der Analyse der Szenarien der Technologieprognose sind die nur abstrakt definierten Systeme, da es aufgrund des Ausblicks auf die Zukunft noch keine vollständige technische Realisierung des Systems geben kann. Daher ist die Risikoanalyse der Unsicherheit durch die Wahl der konkreten technischen Umsetzung unterworfen, die sich durch die logische Verknüpfung von Teilschritten in den Angriffsgraphen nachvollziehbarer darstellen lässt.

4 Künftige Bedrohungen für das System Bahn

Aus der in den Angriffsgraphen dokumentierten Risikoanalyse für die Szenarien der Technologieprognose lassen sich Trends der zukünftigen IT-Sicherheits-Bedrohungen für das System Bahn ableiten und erste Handlungsempfehlungen entwickeln.

4.1 Resilienz der drahtlosen Kommunikation

Mit dem zunehmenden Einsatz digitaler Technologien steigt auch der Bedarf an Kommunikation und Vernetzung, um alle Vorteile der Digitalisierung ausnutzen zu können. Für viele Anwendungen ist eine drahtlose Kommunikation erforderlich, wofür neben dem bekannten FRMCS (5G) auch andere Übertragungssysteme, wie Bluetooth, Wireless Local Area Network (WLAN), Near Field Communication (NFC), Low Power Wide Area Networks (LPWAN) und Satellitenfunk in Frage kommen. Daher erhöht sich gleichzeitig auch die Angriffsfläche für Manipulationen und Störungen unterschiedlicher Art. Insbesondere Jamming-Angriffe (Störung der genutzten Funkfrequenzen) stellen eine Herausforderung dar, da mit einfachen Mitteln eine starke Einschränkung der Verfügbarkeit erzeugt werden kann. Nach dem Stand der Technik existiert heute keine geeignete Maßnahme, um Jamming vollständig und wirksam zu verhindern. Daher müssen Strategien entwickelt werden, um Anwendungen resilienter gegen den Einfluss von Jamming zu gestalten. Abhängig vom Einsatzszenario der drahtlosen Kommunikation kommen verschiedene Möglichkeiten in Frage, etwa die temporäre Tolerierung punktueller Ausfälle, die Bereitstellung redundanter Kommunikationskanäle über unterschiedliche Technologien oder die schnelle Ortung und Verfolgung dieser Aktivitäten zur Erhöhung der Eintrittsschwelle durch Abschreckung.

4.2 Absicherung der Sensorik des Internet of Railway Things

Der Schienenverkehr verlässt sich auf eine immer größer werdende Menge digitaler Daten unterschiedlichen Typs, die über Sensoren des Internet of Railway Things (IoRT) erfasst werden. Bereits ohne die Gegenwart von Angreifern stellt es heute eine Herausforderung dar, eine korrekte digitale Repräsentation der analogen Welt zu erstellen und aktuell zu halten. Dies wird verstärkt durch den Einsatz von digitalen Zwillingen, die ein System nahezu in Echtzeit auf Veränderungen überwachen müssen (bspw. Bewegung von Zügen oder Personen, Reaktion auf Veränderung der Umweltbedingungen). Durch Cyberangriffe kommt die Dimension der bewussten (gegebenenfalls verschleierte) Manipulation der digitalen Abbildung der analogen Welt in Echtzeit hinzu. Wenn etwa Sensordaten von automatisch fahrenden Zügen durch Manipulation die Realität nicht korrekt widerspiegeln, kann dies auch einen Einfluss auf die funktionale Sicherheit des Bahnbetriebs haben. Anwendungen wie automatisiertes oder gar autonomes Fahren sind in hohem Maße von der korrekten Erfassung der Umwelt und korrekten Erfassung der Position (sichere Ortung) sowie des Zustands (Abnutzungsvorrat) abhängig und somit besonders an-

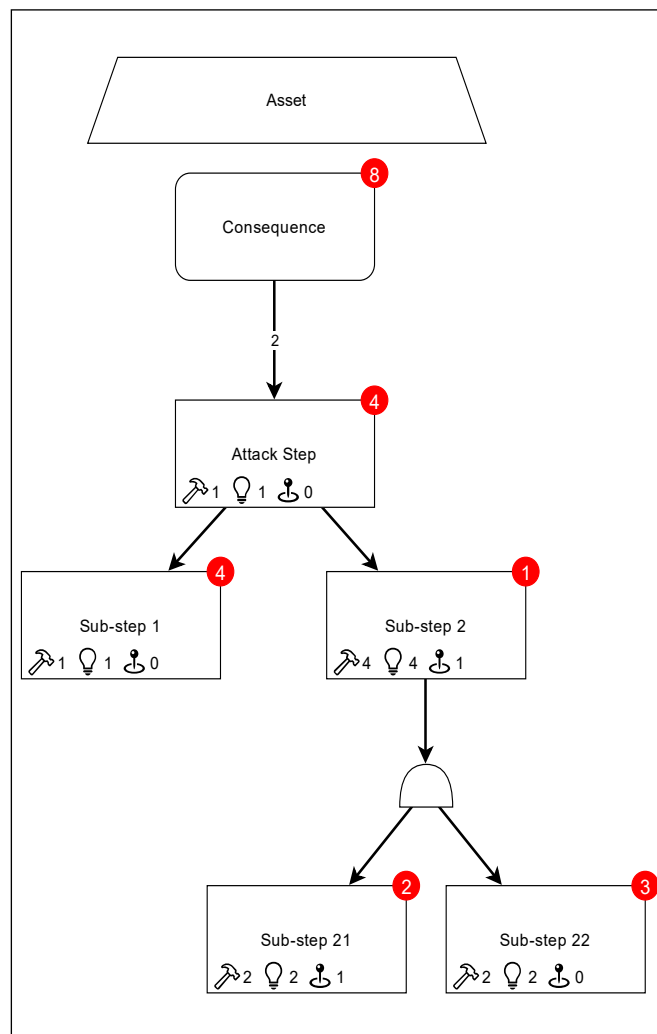


Bild 3: Beispiel eines Angriffsgraphen

Fig. 3: Attack Graph Example

4 Future threats to the railway system

The risk analysis documented in the attack graphs for the technology forecast scenarios enables trends in future cybersecurity threats to the railway system to be derived and initial recommendations for action to be developed.

4.1 The resilience of wireless communication

The increasing use of digital technologies means that the need for communication and networking also has to grow in order to take advantage of all the benefits of digitalisation. Many applications require wireless communication, for which other transmission systems such as Bluetooth, Wireless Local Area Network (WLAN), Near-Field Communication (NFC), Low-Power Wide Area Networks (LPWAN) and satellite radio are possible, in addition to the well-known FRMCS (5G). Therefore, the attack surface for manipulations and disruptions of various kinds also simultaneously increases. Jamming attacks (interference with the radio frequencies) pose a challenge, as a severe restriction of availability can be created using simple means. The state of the art currently provides no suitable measures to prevent jamming entirely and effectively. Therefore, this lack of defence requires the development of new strategies to increase the appli-

fällig. Die zukünftige Herausforderung wird es sein, ein hohes Vertrauen in die korrekte Erhebung und Vorhaltung unterschiedlicher Datensätze sicherzustellen. Technische Ansätze hierzu können die Validierung über die Historie der Messpunkte oder die Verknüpfung unterschiedlicher Messungen darstellen, sodass eine gegenseitige Plausibilitätsprüfung ermöglicht wird. Hinzu kommt eine Ende-zu-Ende-Authentifizierung beginnend an den Sensoren des IoRT unter Berücksichtigung der beschränkten Energie- und Prozessor-Ressourcen, die den Anforderungen an starke Authentifizierungsmechanismen auch unter physischem Zugriff des Angreifers auf den Sensor gerecht werden müssen. Hier stehen die technische Hochrüstung der Sensoren oder die Verwendung von leichtgewichtigen kryptographischen Authentifikationsprotokollen im Vordergrund. Beides sollte bereits jetzt für langfristig geplante Sensornetzwerke in Betracht gezogen werden.

4.3 Schutz und Nachvollziehbarkeit von maschinellem Lernen

Prominentestes Beispiel für den Einsatz von maschinellem Lernen in den Szenarien der Technologieprognose ist die intelligente Instandhaltung. Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz (KI) werden aber auch in weiteren Szenarien eingesetzt, um – teilweise (sicherheits-)kritische – Funktionen zu erfüllen. Durch die vermehrte Übertragung menschlicher Entscheidungen auf eine KI sind solche Entscheidungen aber nicht in gleichem Maße transparent und nachvollziehbar. Angreifer können diesen Umstand ausnutzen, um die Entscheidungen zu ihren Gunsten zu manipulieren.

cation's jamming resilience. Various options, such as the temporary tolerance of delays, the provision of redundant communication channels using different technologies or the rapid location and tracking of these activities to increase the entry threshold through deterrence, are possible depending on the wireless communication deployment scenario.

4.2 Securing the sensor technology for the Internet of Railway Things

Rail transport relies on an ever-increasing amount of digital data collected via sensors on the Internet of Railway Things (IoRT). Even without the presence of attackers, it is currently a challenge to create and keep the correct digital representation of the analogue world up to date. Digital twins, which monitor a system for any changes in near real-time (e.g., the movement of trains or people, reactions to changes in environmental conditions), exacerbate this effect. Cyber-attacks add the dimension of deliberate (possibly disguised) manipulations of the digital image of the analogue world in real-time. If, for example, sensor data from automatically running trains does not correctly reflect reality due to any such manipulation, this can also impact the safety of railway operations. Applications such as automated or even autonomous driving are highly dependent on the correct detection of the environment, the accurate detection of the position (safe location) and the condition (wear stock) and are, therefore, particularly vulnerable. The future challenge lies in ensuring high confidence in the correct collection and retention of different

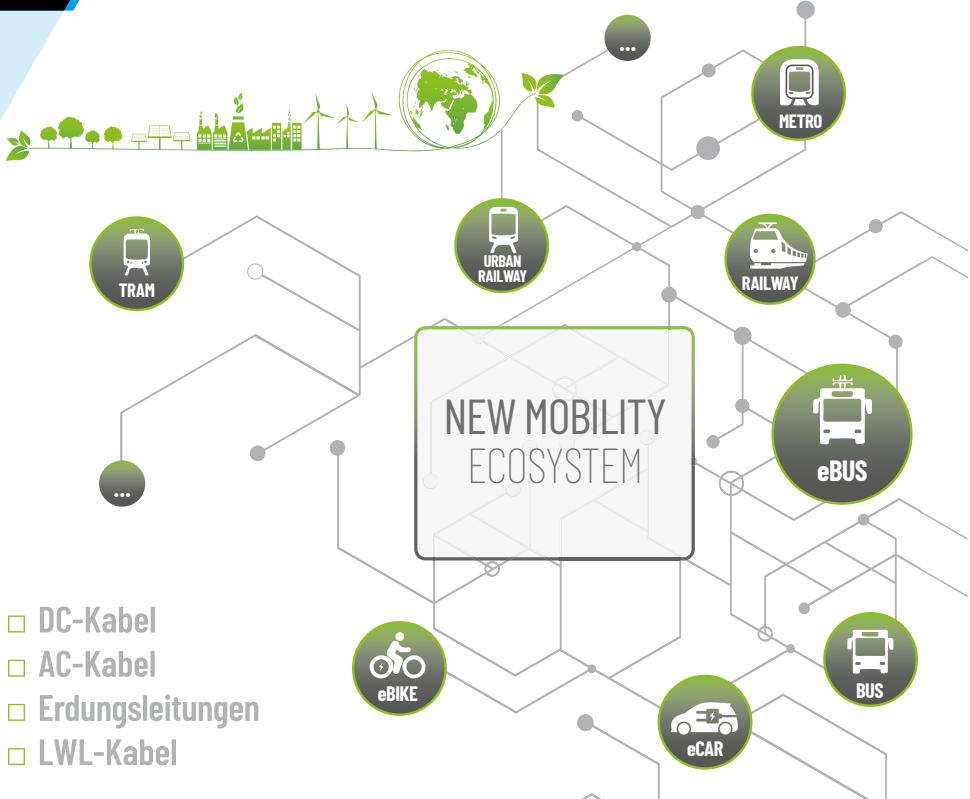


INNOTRANS 2022
BESUCHEN SIE UNS
Halle 12, Stand 130



www.bayka.de

CABLE SOLUTIONS FOR SUSTAINABLE INFRASTRUCTURES



- ☐ DC-Kabel
- ☐ AC-Kabel
- ☐ Erdungsleitungen
- ☐ LWL-Kabel

Die Forschung zu Adversarial Machine Learning (Angriffe auf maschinelles Lernen) hat gezeigt, dass Maschinelles Lernen durch geschickt (und für einen menschlichen Betrachter unbemerkt) manipulierte Eingaben in der Klassifikation getäuscht werden kann. Hierbei nutzt der Angreifer verfügbare Informationen über den Algorithmus und das KI-Modell aus. Dazu werden dem Modell speziell präparierte Eingaben präsentiert, um eine vom Angreifer bestimmte Ausgabe zu erzwingen. Angriffe können sowohl während der Trainingsphase als auch während der Nutzung erfolgen. Besonders in der Bilderkennung sind die zum Täuschen der KI erforderlichen Manipulationen so subtil, dass sie durch einen menschlichen Betrachter nicht erkannt werden können. Wird eine solche KI eingesetzt, um etwa eine Hinderniserkennung für automatisch fahrende Züge zu realisieren, kann ein Angreifer durch Manipulation der Daten falsche Reaktionen der Hinderniserkennung auslösen.

4.4 Schutz vor Angriffen durch Quantencomputer

Quantencomputer nutzen anstelle von Bits sogenannte Qubits, welche neben den Zuständen 0 und 1 auch kohärente Überlagerungen von beiden Zuständen darstellen können. Dies führt bei gewissen Berechnungen, wie sie etwa zum Brechen kryptographischer Verfahren genutzt werden, zu einem deutlichen Vorteil gegenüber klassischen Computern. Zum heutigen Zeitpunkt stellen Quantencomputer noch keine große Gefahr dar, da diese noch über sehr wenige Qubits verfügen. Jedoch arbeiten Forschungseinrichtungen und Industrie weltweit daran, die Technik der Quantencomputer zu verbessern, wodurch es in Zukunft zu einer Bedrohung der Sicherheit (Security) durch leistungsfähigere Quantencomputer kommen kann. Deswegen sollte bereits jetzt sichergestellt werden, kryptographische Verfahren zu verwenden, welche hinreichend stark sind, um auch zukünftig nicht durch Quantencomputer gefährdet zu sein. Nach aktuellem Stand der Technik können hierfür unter anderem die Empfehlungen zur Post-Quanten-Kryptografie des BSI herangezogen werden [7].

5 Ausblick

Für ausgewählte Abuse-Cases wird auf Basis der vorliegenden Bewertungsschemata und des vorhandenen Softwarewerkzeuges als nächstes eine detaillierte Risikoanalyse durchgeführt. Dabei werden zwei verschiedene Experten-Teams jeweils eine getrennte Untersuchung durchführen und ihre Ergebnisse gegeneinander abgleichen. Aus den Ergebnissen der Risikoanalyse wird ein genauerer Schutzbedarf für die einzelnen Anwendungsfälle abgeleitet.

Im abschließenden Schritt folgt die Erarbeitung und Evaluierung von Sicherheitsmaßnahmen zur Minderung der Risiken und zur Erfüllung des identifizierten Schutzbedarfs. Dabei sind zunächst bestehende, auf das System Bahn anwendbare Normen zu betrachten. Anschließend werden Lücken identifiziert und zielgerichtete Sicherheitsmaßnahmen zur Schließung dieser Lücken erarbeitet. Die Entwicklung von Sicherheitsmaßnahmen wird begleitet von einem iterativen Prozess der Risikoneubewertung unter Benutzung der vorhandenen Software-Werkzeuge.

6 Forschungsförderung

Die vorgestellte Arbeit entstand im Rahmen des vom Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt beauftragten und finanzierten Projekts „Prognose Securitybedarf und Bewertung möglicher Sicherheitskonzepte für das System Bahn“.

data sets. Technical approaches can include validation based on measurement point history or the linking of other measurements to enable a mutual plausibility check. In addition, there is also end-to-end authentication, starting with the IoRT sensors, while taking into consideration the limited energy and processor resources, which must meet the requirements for solid authentication mechanisms, even if the attacker has physical access to the sensor. In this case, the technical upgrading of the sensors or the use of lightweight cryptographic authentication protocols have come to the foreground. Sensor network planning should consider them during the design phase.

4.3 The protection and traceability of machine learning

The most prominent example of the use of machine learning in the technology forecast scenarios involves predictive maintenance. However, machine learning and artificial intelligence (AI) are also used in other scenarios to fulfil critical functions (safety). These decisions are no longer as transparent and understandable to the same extent due to the increased transfer of human decisions to AI. Attackers can exploit this circumstance in order to manipulate the decisions in their favour.

Research on Adversarial Machine Learning has shown that machine learning can be fooled by cleverly manipulated (unnoticeable to a human observer) inputs to the classification. Here, the attacker exploits information about the algorithm and the AI model. In order to achieve this, the attacker presents specially prepared inputs to the model to force the output that the attacker desires. Attacks can occur both during the training phase and during use. The manipulations required to fool the AI are so subtle that a human observer cannot detect them, especially in the area of image recognition. For example, an attacker can trigger false obstacle detection reactions by manipulating the data, if the AI performs obstacle detection for automatically moving trains.

4.4 Protection against attacks by quantum computers

Instead of bits, quantum computers use so-called qubits, which, in addition to the states 0 and 1, can also represent coherent superpositions of both states. This gives them a clear advantage over classical computers in specific calculations, such as those used to break cryptographic procedures. At present, quantum computers do not yet pose a significant threat, because they still have very few qubits. However, research institutions and industries worldwide are working on improving quantum computer technology, which could lead to a security threat from more powerful quantum computers in the future. For this reason, system designers must ensure the use of sufficiently cryptographically solid procedures so that quantum computers do not endanger them in the future. The BSI's recommendations on post-quantum cryptography that are based on the current state of the art can be used for this purpose [7].

5 Outlook

A detailed risk analysis will subsequently be conducted for selected abuse cases based on the available assessment schemes and the existing software tool. In the process, two teams of experts will each perform separate investigations and compare their results against one another. We will derive more precise protection requirements for the individual use cases based on the risk analysis results.

The final step involves developing and evaluating safety measures to mitigate the risks and meet the identified need for protec-

AUTOREN | AUTHORS

Dr.-Ing. Markus Heinrich

Expert IT Security

Incyde GmbH

Anschrift / Address: Schaumainkai 91, D-60596 Frankfurt am Main

E-Mail: markus.heinrich@incyde.com

Dr. rer. nat. Lukas Iffländer

Scientific Consultant Cyber Security

Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung

Anschrift / Address: August-Bebel-Straße 10, D-01219 Dresden

E-Mail: ifflanderL@dzsf.bund.de

Dr. rer. nat. Dirk Scheuermann

IT Security Researcher

Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie SIT

Anschrift / Address: Rheinstraße 75, D-64295 Darmstadt

E-Mail: dirk.scheuermann@sit.fraunhofer.de

Prof. Dipl.-Ing. Dr. Stefan Katzenbeisser

Chair of Computer Engineering

Universität Passau

Anschrift / Address: Innstraße 43, D-94032 Passau

E-Mail: stefan.katzenbeisser@uni-passau.de

Simon Unger

Research Associate IT Security for Critical Infrastructures

Universität Passau

Anschrift / Address: Innstraße 43, D-94032 Passau

E-Mail: simon.unger@uni-passau.de

tion. Thus, the existing standards that are applicable to the railway system must first be taken into account. Gaps will subsequently be identified and targeted safety measures will be developed in order to close these gaps. The development of the safety measures will be accompanied by an iterative risk reassessment process using existing software tools.

6 Research funding

The presented work is part of the „Security Requirements Forecast and Evaluation of Possible Security Concepts“ project, commissioned and financed by the German Centre for Rail Traffic Research at the Federal Railway Authority. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] <https://doi.org/10.48755/dzsf.220008.06>; 17.06.2022
- [2] Heinrich, M.; Iffländer, L.: Softwaregestützte Bedrohungsanalyse durch Angriffsgraphen, SIGNAL+DRAHT, 05/2022
- [3] <https://github.com/incyde-gmbh/drawio-plugin-attackgraphs>
- [4] <https://github.com/INCYDE-GmbH/attackgraphs>
- [5] CLC/TS 50701: Railway Applications – Cybersecurity. 2021
- [6] DIN VDE V 0831-104 VDE V 0831-104: Elektrische Bahn-Signalanlagen - Teil 104: Leitfaden für die IT-Sicherheit auf Grundlage IEC 62443. 2015.
- [7] https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Krypto/Post-Quanten-Kryptografie.pdf?__blob=publicationFile&v=1; 17.06.2022

Mehr als 90 Jahre Fachwissen zu Technik und Management moderner Bahnen





**Bewerben Sie Ihre Dienstleistung
oder Ihr Produkt in den Rubriken**

- Fahrtweg & Bahnbau
- Fahrzeuge & Komponenten
- Ausrüstung & Betrieb
- Projekt & Management
- Forschung & Entwicklung

**Anzeigenschluss:
25.10.2022**

Buchen Sie jetzt

➔ Ihren Firmeneintrag

➔ Ihr Businessprofil

➔ Ihre Anzeige



Ihr Ansprechpartner: Tim Feindt ■ tim.feindt@dvvmedia.com ■ Telefon +49 40 237 14 220



Die intelligente Nutzung von Daten als Schlüssel zur erfolgreichen Zukunft des Bahnbetriebs

The intelligent use of data holds the key to a successful future for railway operations

Melanie Kleinpözl | Thomas Hartinger

Die Nutzung zukunftsfähiger Datenplattformen hat für den Bahnbetrieb großes Potenzial. Im Zuge der Digitalisierung generieren Bahnbetreiber immer mehr Daten – von der Leit- und Sicherungstechnik (LST) bis zur Überwachung der Infrastruktur. Datenplattformen erlauben es, vorhandene und neue Daten zu sammeln, intelligent zu bündeln und sie effizienter als je zuvor zu nutzen. Mit den optimierten Daten ist es möglich, die Verfügbarkeit der Bahninfrastruktur zu steigern und den Betrieb kosteneffizient auf bestehende sowie zukünftige Anforderungen anzupassen.

Erfolgreiche Datenplattformen ermöglichen eine hohe Flexibilität und Skalierbarkeit sowie sichere Schnittstellen für die Zusammenführung von Daten aus sicherheitsrelevanten Anwendungen mit Informationen aus anderen Quellen. Frauscher als langjähriger Innovationstreiber für Zugdetektion kennt und erfüllt diese Bedingungen, um die derzeitigen Anforderungen der Bahnbetreiber sowie deren Kunden zu erfüllen und die Weichen für die digitale Zukunft zu stellen.

1 Herausforderungen für Bahnbetreiber

Die Forderung nach einem deutlichen Ausbau von Passagier- und Güterverkehren auf der Schiene wird im 21. Jahrhundert durch verschiedene Faktoren hervorgerufen. Das reicht von der rapiden Urbanisierung bis zur Mobilitätswende, welche als einer der Schlüsselfaktoren zur Erreichung des Klimawandels gilt. Betroffen davon sind sämtliche Bereiche vom städtischen Nahverkehr mit Tram und „Light Rail“ über Regional- und Fernverkehr, internationale Hochgeschwindigkeits- und Nachtzugverbindungen [1] bis zum digitalisierten Güterverkehr mit Lösungen wie der digitalen automatischen Kupplung DAK und am Schienenfahrzeug installierter Sensorik.

Bahnbetreiber müssen sich vor diesem Hintergrund proaktiv mit den Potenzialen, aber auch mit den Herausforderungen der Zukunft auseinandersetzen. Konkret geht es dabei vor allem um die Vergrößerung der Kapazität und die weitere Steigerung von Verfügbarkeiten [2]. Verbunden ist das für die Betreiber mit der kritischen Betrachtung von internen Faktoren wie zum Beispiel Rentabilität, Kosteneffizienz und Personalgewinnung.

2 Daten als Schlüssel für die digitale Transformation

Was macht Daten zum Schlüssel für die Erfüllung der Herausforderungen von Bahnbetreibern? Der wohl wichtigste Vorteil ihrer konsequenten Nutzung ist die Möglichkeit, jederzeit den Status

The use of future-proof data platforms for railway operations has immense potential in this new era of digital transformation. Operators are generating increasing amounts of data during the digitalisation process, ranging from control command and signalling technology to infrastructure monitoring. Data platforms are allowing existing and new data to be collected, intelligently bundled and more efficiently used than ever before. Optimised data can be used to increase the availability of the railway infrastructure, while operations can be cost-effectively adapted to existing as well as future requirements.

A successful data platform ensures high degrees of flexibility and scalability as well as secure interfaces for merging data from safety-relevant applications with information from other sources. As a long-standing driver of innovation in the train detection market, Frauscher knows and fulfils these conditions in order to meet the current requirements of railway operators and their customers and to set a course towards a digitalised future.

1 The challenges for operators

Several factors have contributed to the demand for the significant expansion of rail passenger and freight traffic in the 21st century. This ranges from rapid urbanisation to the mobility turnaround, which is considered one of the key factors in achieving climate change. This affects all areas from urban local transport with trams and “light rail” to regional and long-distance transport, from international high-speed to night train connections [1] and on to digitised freight transport with solutions such as the digital automatic coupling DAC and sensors mounted on the carriage.

Against this background, railway operators have to proactively deal with the potential challenges of the future. In concrete terms, this primarily involves increasing capacity and likewise availability [2]. For operators, this is linked to a critical examination of internal factors such as profitability, cost efficiency and personnel recruitment.

2 Data as a key asset for digital transformation

Why is intelligent data the key to managing the myriad digital challenges of rail operators? Perhaps the most important advantage lies in the flexibility to monitor the status of the network and all parts of the various systems. In order to do this, a system must collect and evaluate various pieces of existing or newly integrated data and make the results available as required.

des Netzes und sämtlicher Anlagen sehr flexibel im Blick zu haben. Dazu muss ein System verschiedene vorhandene oder neu zu integrierende Daten sammeln, auswerten und die Ergebnisse bedarfsgerecht zur Verfügung stellen.

Intelligente Datenplattformen bieten klare Vorteile für den Betrieb, beispielsweise durch vorausschauende Wartung: Kritische Zustände der Infrastruktur lassen sich frühzeitig erkennen und schnell beheben. Auch andere Wartungs- und Reparaturarbeiten können exakter und bedarfsgerecht geplant werden, während sie bisher vor allem nach festen Wartungsfristen disponiert worden sind.

Die Einführung einer Datenplattform und die intensivere Nutzung von Daten kann unter anderem die Verfügbarkeit der Infrastruktur erhöhen. Dazu trägt bei, dass solche Systeme die Einsatzplanung erleichtern und Einschränkungen im Betrieb, wie Streckensperrungen oder Langsamfahrstellen, reduzieren können. Letztendlich hat der Betreiber einen wirtschaftlichen Vorteil, weil die Ausnutzung der Streckenkapazität maximiert wird. Er kann eine höhere Stabilität des Betriebs vorweisen, was ein wichtiges Argument im Wettbewerb um Kunden sein kann.

3 Die Frauscher Lösung zur intelligenten Nutzung von Daten

Frauscher Sensortechnik ist ein Technologiepionier in der Bahnindustrie: Seit mehr als 30 Jahren beschreitet das Unternehmen mit seinen Produkten und Dienstleistungen innovative Wege. Das gilt auch für die intelligente Nutzung von Daten. Die neuesten Frauscher Technologien stellen die digitalen Herausforderungen der Bahnbetreiber in den Fokus. Diese Lösungen und Services werden mit den etablierten Verfahren zur Zugdetektion zu einem digitalen Ökosystem verbunden (Bild 1).

Die Informationen der induktiven Radsensoren werden an die etablierten digitalen Achszählösungen geliefert und dort verarbeitet. Diese Daten werden – zusammen mit weiteren Informationen aus dem Bahnbetrieb und mit externen Inhalten – in der Datenplattform gesammelt und für zahlreiche verschiedene Anwendungen zugänglich gemacht. Dieser vernetzte und flexible Ansatz öffnet den Weg in die Zukunft des Bahnbetriebs.

Intelligent data platforms offer clear advantages to operations, for example, by means of predictive maintenance. As a result, critical infrastructure conditions can be identified at an early stage and quickly rectified. Other maintenance and repair work can also be planned more precisely as required, whereas until now it has mainly been scheduled using fixed maintenance periods.

The introduction of data platforms and the more intensive use of data can, amongst other things, lead to the increased availability of infrastructure. Furthermore, such a system can facilitate deployment planning and reduce operating restrictions such as route closures or speed restrictions. The bottom line is that the operator has an economic advantage because the route capacity utilisation is maximised. It can exhibit higher operating stability, which can constitute an important competitive advantage.

3 The Frauscher solution for the intelligent use of data

Frauscher Sensortechnik is a technology pioneer in the railway industry. The company has been breaking new ground with its products and services for more than 30 years. This also applies to the intelligent use of data, since Frauscher's latest technology focuses on the digital challenges that railway operators are currently facing. Frauscher's solutions and services combine with the established train detection procedures to form a digital ecosystem (fig. 1).

The inductive wheel sensors transfer information to the established digital axle counting solutions, where it is then processed. This data – together with further information from the rail operations and external content – is collected on the data platform and made accessible to numerous applications. This networked and flexible approach opens the way to more possibilities in the future of rail operations.

3.1 A data platform as a digital ecosystem

Frauscher sees the use of data platforms as a crucial success factor in the digitalisation of railway operations. In the age of rapid technological advances, it is important to combine and store

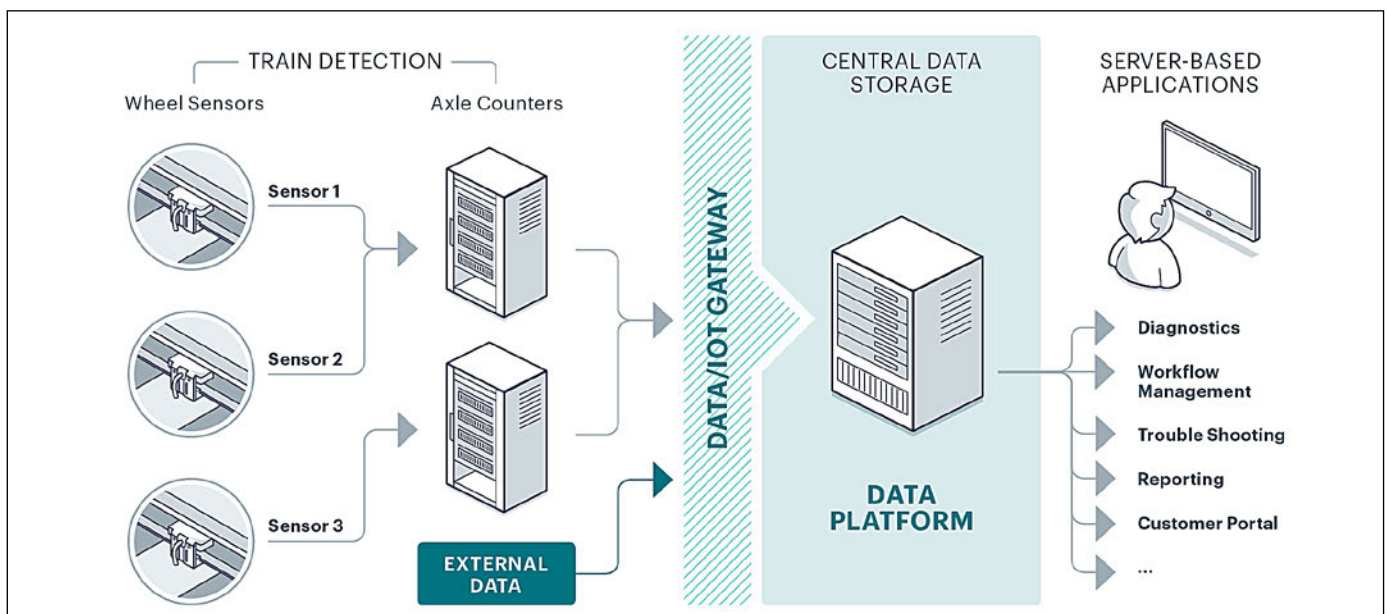


Bild 1: Schematische Darstellung einer Datenplattform als digitales Ökosystem

Fig. 1: A schematic representation of a data platform as a digital ecosystem

3.1 Eine Datenplattform als digitales Ökosystem

Frauscher sieht im Einsatz von Datenplattformen einen zentralen Erfolgsfaktor hinsichtlich der Digitalisierung des Bahnbetriebs. Durch diese ist es möglich, Informationen aus komplexen technischen Systemen zukunftsicher zusammenzuführen und zu speichern. Im Bereich der Bahntechnologie werden insbesondere die Daten des sicheren Netzwerks des Betreibers zentral gespeichert und für unterschiedliche Applikationen bereitgestellt. Wegen der Vernetzung verschiedener Datenquellen und der Schnittstellen zu diversen Anwendungen kann eine solche Lösung als digitales Ökosystem bezeichnet werden.

Die Transformation eines Bahnbetriebes hin zu vernetzten digitalen Anwendungen sollte stets ganzheitlich geplant und umgesetzt werden. Es geht nicht nur darum, einzelne Bausteine wie zum Beispiel digitale Applikationen auf bestehende Systeme aufzusetzen, vielmehr sollten solche einzelnen Lösungen Teil einer umfassenden Strategie sein. So kann die ganze Vielfalt der Daten aus dem eigenen Betrieb und externen Quellen verknüpft und intelligent für verschiedene Zwecke nutzbar gemacht werden.

3.1.1 Erweiterbare modulare Struktur

Basis für Plattformen im Bahnbereich sind, wie oben erläutert, die Daten der Zugdetektionstechnik. Weitere Datenquellen lassen sich durch den modularen Aufbau eines Systems einfach integrieren. So kann die eigene Datenbasis beispielsweise durch Informationen aus der LST, durch Zustandsinformationen des Fahrwegs oder externe Einflussfaktoren wie Wetterdaten erweitert werden. Die Leistungsfähigkeit der Plattform – und damit der Wert für den Nutzer und seine Passagiere oder Logistikkunden – kann so auch künftig weiter gesteigert werden. Bahnbetriebe profitieren dabei von einer zukunftsicheren Lösung, die hohe Flexibilität in der praktischen Nutzung sowie Möglichkeiten zur individuellen Konfiguration bietet.

3.2 Skalierbare digitale Anwendungen

Die erfassten Daten und externen Informationen werden zu einer Datenbasis verknüpft, auf die die Kunden mit verschiedenen Oberflächen und Dienstleistungen zugreifen können. Für einen gleichermaßen flexiblen wie sicheren Zugriff im alltäglichen Betrieb bieten sich serverbasierte Webapplikationen für Desktop und mobile Endgeräte an. Der Bahnbetreiber profitiert hier von maximaler Flexibilität in Punkto Zugänglichkeit und senkt gleichzeitig die Kosten, weil seinerseits keine zusätzliche Infrastruktur benötigt wird.

Für eine optimale Nutzung des Potenzials von Datenplattformen stellt der Anbieter dem Bahnbetreiber digitale Anwendungen bereit. Diese werden angepasst an die individuellen Anforderungen des Betreibers. Das betrifft sowohl die Auswahl als auch den jeweiligen Leistungsumfang der Funktionen: Nach dem Prinzip von "Anything as a Service" (XaaS) können damit die täglichen Abläufe des Bahnbetriebs und der nachgelagerten Prozesse wie Wartung und Dokumentation erleichtert werden – stets mit dem Ziel höherer Verfügbarkeit bei hoher Kosteneffizienz.

Betreibern bietet das neue Serviceangebot nicht nur eine Dienstleistung zur besseren Erfüllung bestehender Anforderungen. Vielmehr gibt die Datenplattform ihnen ein starkes Werkzeug an die Hand, um die Optimierung von Betriebsabläufen und der Infrastruktur auf der Grundlage verlässlicher Daten zu planen und auszuführen.

3.2.1 Diagnose

Eine Kernanwendung eines Daten IoT-Gateways ist die hoch flexible Bereitstellung von Diagnosedaten aus dem sicheren Netzwerk des Bahnbetreibers. Frauscher sieht OPC Unified Architec-

tion information from complex technical systems in a future-proof manner. In the field of rail technology, the data from the operator's secure network is stored centrally and made available to various applications. Such a solution can be referred to as a digital ecosystem, as it involves the complex networking of different data sources and various application interfaces.

The transformation of a railway operation towards networked digital applications should always be planned and implemented holistically, since it is not merely a matter of adding individual components such as digital applications to existing systems. Rather, such individual solutions should be part of a comprehensive strategy so that the diverse data from the company's operations and external sources can be linked and used intelligently for various purposes.

3.1.1 An expandable modular structure

As stated earlier, the information gathered by the train detection technology forms the basis for the data platforms in the railway sector. Additional data sources can be easily integrated thanks to the system's modular structure. For example, the system can be expanded to include external information from control command and signalling, data about the route status or other influencing factors or external data such as weather data, temperatures or pressure. The performance of the platform – and thus its value to companies and their passengers or clients from logistics – can be further enhanced in the future. Railway companies benefit from a future-proof solution that offers a high degree of flexibility in practical use and options for individual configuration.

3.2 Scalable digital applications

The recorded data and external information is linked to form a database that customers can access using various interfaces and services. Server-based web applications for desktop and mobile devices are ideally suited to flexible and secure access in day-to-day operations. The railway operator benefits from maximum flexibility in terms of accessibility and at the same time reduced costs, because no additional infrastructure is required.

The vendor provides the railway operator with various digital applications to enable the optimal use of the data platforms. These are customised to the operator's individual requirements. This affects both the selection and the respective scope of the functions. According to the principle of "Anything as a Service" (XaaS), the daily rail operating processes and downstream processes such as maintenance and documentation can be simplified – always with the aim of achieving higher availability and a high degree of cost efficiency.

The new range of services not only offers operators the option of better meeting their existing requirements, but also becomes a powerful tool for planning and executing the optimisation of the operations and infrastructure based on reliable data.

3.2.1 Diagnostics

A core application of data IoT-gateways is the highly flexible provision of diagnostic data from the railway operator's secure network. Frauscher views OPC Unified Architecture (OPC-UA) as an important industry standard for diagnostics and maintenance. This allows the customer to exchange data with a higher-level data management system via interfaces such as SDI (diagnostics) or SMI (maintenance).

A Frauscher higher level remote diagnostic system enables all data collected on the track to be retrieved anywhere and at any

ture (OPC-UA) als einen wichtigen Industriestandard für Diagnose und Wartung. Dem Kunden kann so über Schnittstellen wie SDI (Diagnose) oder SMI (Wartung) ein Datenaustausch zu seinem übergeordneten Datenmanagementsystem ermöglicht werden. Ein Frauscher übergeordnetes Ferndiagnosesystem (Remote Diagnostic System) ermöglicht, dass alle am Gleis erhobenen Daten auf einen Blick überall und zu jeder Zeit abrufbar sind. Diese übersichtliche Visualisierung als Dashboard ist auf dem Desktop möglich. Zu den Funktionen gehören definierte Benachrichtigungen bei bestimmten Ereignissen. So lassen sich beispielsweise negative Trends im Zustand von Anlagen frühzeitig erkennen, und die Fehleranfälligkeit von Prozessen kann verringert werden.

3.2.2 Aufgabenmanagement

Für einen reibungslosen und nahtlosen Betrieb ist es wichtig, dass vorhandene Daten auch mit den Informationen zu Arbeitseinsätzen und anderen Aufgaben zusammengeführt werden. Eine leistungsfähige Datenplattform sollte dabei auch einen fließenden Informationsaustausch zwischen Signaltechnikern und Mitarbeitern an der Einsatzstelle ermöglichen.

Eine Grundfunktion des Auftragsmanagements ist die Planung und Organisation kompletter Wartungs- und Servicearbeiten oder Inbetriebnahmen mit individueller Zuweisung von Tätigkeiten zum Beispiel an Außendiensttechniker (auch über Push-Benachrichtigung auf mobilen Endgeräten) und Teamleiter. Im Fall reaktiver Wartung kann die entsprechende Aufgabe direkt aus einer Fehlermeldung erstellt werden. Passend zum jeweiligen Task lassen sich über die Datenplattform Dokumente, Bilder, Checklisten und weitere Elemente zur Verfügung stellen. Bei Bedarf können die Kräfte am Ort damit auch offline arbeiten. Alle notwendigen Daten sind auf den Endgeräten synchronisiert.

Besonders leistungsfähig ist die Lösung, wenn eine Datenverbindung zum Betreiber besteht. Dann können beispielsweise Ingenieure auf Live-Daten zugreifen und umgekehrt Informationen aus dem Feld wie Dokumentationen, Anmerkungen und Bilder hochladen. Dem Betreiber zeigt das Status-Dashboard stets detailliert, welche Aufgaben geplant und erledigt sind. So trägt das intelligente Auftragsmanagement dazu bei, kontinuierlich einen Überblick in Echtzeit über den Status der relevanten Assets einer Infrastruktur zu behalten. (Bild 2)

4 Datensicherheit

Die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung sensibilisieren Bahnbetreiber für die Datensicherheit (Cybersecurity). Unter anderem die European Union Agency for Cybersecurity (enisa) [3]

time at a glance. The dashboard enables the clear visualisation of metrics and functions, including defined notifications for certain events. For example, negative trends in the condition of assets can be identified early on and any susceptibility to errors in processes can be reduced.

3.2.2 Task management

The existing data must also be merged with the information on the work assignments and other tasks to ensure smooth and seamless operations. A powerful data platform should also enable the fluent exchange of information between the signal technicians and the employees on site.

A basic function of task management involves the planning and organisation of complete maintenance and service work or commissioning with the individual assignment of activities, for example to field technicians (also via push notifications on personal digital devices) and team leaders. In the case of reactive maintenance, the corresponding task can be created directly from an error message. Documents, images, checklists, and other elements suitable for the respective task can also be made available via the data platform. If necessary, the staff on site can also work offline and all the necessary data is synchronised on the end devices.

The solution is particularly powerful when there is a data connection to the operator. In such cases, engineers can access live information from the data platform and alternately upload details from the field such as documentation, annotations and images. The status dashboard provides the operator with an in-depth insight into the tasks that are planned and have been completed. In this way, intelligent task management contributes to maintaining a continuous, real-time overview of the status of the relevant infrastructure assets. (Fig. 2)

4 Cyber security

Increasing digitalisation and networking mean that operators are becoming ever more vigilant about data security (cyber security). The European Union Agency for Cybersecurity (enisa) [3], amongst others, emphasised the high relevance of this issue in 2021. This results in the data platform provider and the railway operator (the user) having to balance the high demands for operating safety ("safety") and system or plant security ("security") on the one hand with the uncharted possibilities of digitalisation.

In practice, the safe operation of a system installed on a track can be fully maintained while linking existing solutions to new,

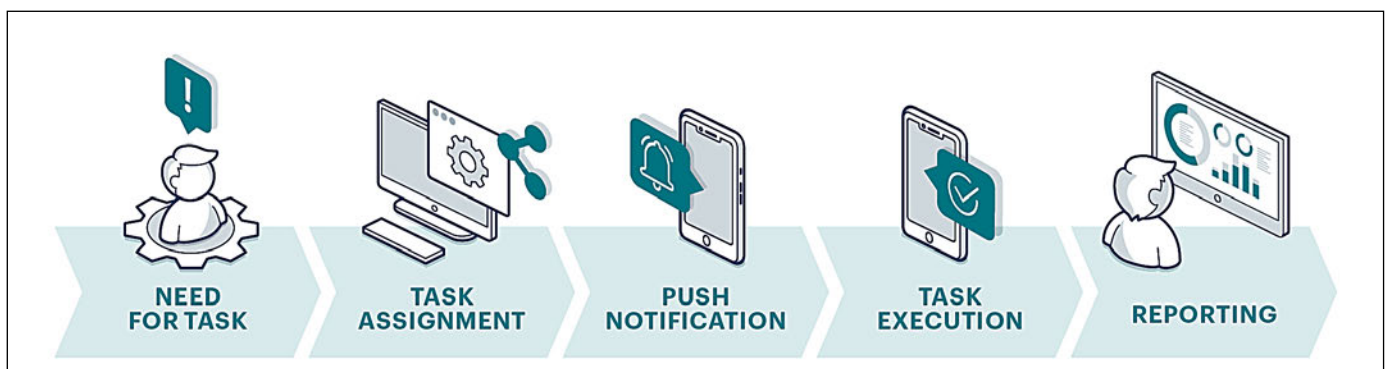


Bild 2: Visualisierung des Aufgabenmanagements

Fig. 2: A visualisation of task management as a use case

betonte die hohe Relevanz dieses Themas im Jahr 2021. Für den Anbieter einer Datenplattform und für den Bahnbetreiber als Nutzer ergibt sich daraus die Herausforderung, zwischen den hohen Anforderungen zur Betriebssicherheit („Safety“) und System- oder Anlagensicherheit („Security“) sowie den Möglichkeiten der Digitalisierung zu vermitteln.

In der Praxis kann einerseits die sichere Funktion der am Gleis installierten Anlagen uneingeschränkt aufrechterhalten werden. Gleichzeitig lassen sich bestehende Lösungen mit neuen, flexiblen Diensten verknüpfen. Sichere Verbindungen zwischen dem vitalen Netzwerk und der Datenplattform können eine effiziente Fusion von Informationen aus unterschiedlichen Quellen ermöglichen. Um die physische Trennung des „vital network“ (IT/OT) von der Datenplattform sicherzustellen, können Technologien wie Datendiode verwendet werden.

Alle bekannten Sicherheitsprotokolle für Achszählösungen sind bei Frauscher verfügbar. Das reduziert den Aufwand für Entwicklung und Betrieb einzelner Installationen. Frauscher hat langjährige Erfahrung mit sicherheitskritischen Zugdetektionslösungen. Als Spezialist im Bereich Safety kennt das Unternehmen die Herausforderung, sehr langlebige Produkte auf dem neuesten Stand zu halten – angewiesen auf Zertifizierungen und Zulassungen. Gleichzeitig ist sich Frauscher der hohen Dynamik im Bereich Cybersecurity bewusst.

4.1 Security by Design

Bahnbetreiber müssen Cybersecurity zu einem Kernbestandteil ihrer Anforderungen an die eigenen Systeme und deren Hersteller sowie Integratoren machen. Ein starkes Beispiel, wie daraus „Security by Design“ entstehen kann, ist die europäische Initiative „EULYNX“ [4] zur Standardisierung von Schnittstellen und Komponenten der LST.

Mit einem ganzheitlichen Ansatz, der Anforderungen und Risiken aus den Bereichen Safety und Security im Blick hat, lässt sich künftig die kritische digitale Infrastruktur von Bahnen gegenüber sicheren öffentlichen Netzwerken öffnen. Noch ist diese Öffnung vitaler Datennetzwerke im Bahnbereich nicht etablierter Stand der Technik. Doch Betreiber und vertrauenswürdige Partnerunternehmen wie Frauscher können diese notwendige Brücke gemeinsam schlagen. Dazu ist es notwendig, dass Sicherheitsanforderungen für die Cybersecurity gemeinsam weiterentwickelt werden – beispielsweise auch durch entsprechende Zertifizierungen und Normierungen. Zukünftige Lösungen und Dienstleistungen als neue Standardanwendungen können darauf aufbauen.

5 Potenzial für digitale Transformation

Hohes Innovationstempo für die nahe Zukunft und ein starker Fokus auf Datensicherheit: Diese Faktoren können zusammen die Leitplanken für die mittelfristige weitere Entwicklung intelligenter Lösungen auf Grundlage einer Datenplattform sein. Artificial Intelligence (AI) dürfte dabei eine noch wichtigere und stärkere Rolle als heute spielen. Die Möglichkeiten dieser Technologie sind für die Branche erheblich – gerade das Zusammenführen von Daten („Data Fusion“) und ihre Auswertung kann den Betriebsalltag stark erleichtern. Denkbar sind unter anderem Prognosetools für sicherheitskritische Komponenten im Feld, die mit Verfahren wie dem bestärkenden Lernen (Reinforcement Learning, RL) die Verfügbarkeit der Installation weiter erhöhen.

Das Anliegen der Betreiber ist es, diese sehr dynamische Entwicklung für sich zu nutzen, aber die notwendigen Investitionen gleichzeitig überschaubar zu halten. Auch deshalb bietet Frauscher

flexible Services. Secure connections between the vital network and the data platform enable the efficient flow of information from different sources. Technologies such as data diodes can be used to ensure the physical separation of the vital network (IT/OT) from the data platform.

All known safety protocols for axle counting solutions are available at Frauscher. This reduces the costs for the development and operation of individual installations. Frauscher has extensive experience with safety-critical train detection solutions and understands the challenge of updating very durable products that depend on certification and approval. At the same time, Frauscher is also aware of the changing dynamics in the field of cyber security and is constantly addressing the issue of data security in its new solutions.

4.1 Security by design

Railway operators need to make cyber security a core part of the requirements for their systems and for those of their manufacturers and integrators. The European „EULYNX“ [4] initiative for the standardisation of the interfaces and components in control and security technology is a strong example of how „Security by Design“ can emerge from this.

The critical digital infrastructure of railways can be opened up to secure public networks in the future using a holistic approach that keeps an eye on the requirements and risks in the areas of safety and security. This opening of vital data networks in the railway sector has yet to be established as the state of the art, but operators and trustworthy partner companies like Frauscher can build the necessary bridge together. Further development of the cyber security requirements is needed to do this, for example through appropriate certification and standards. Future solutions and services can build on these regulations as new standard applications.

5 The potential for digital transformation

The acceleration of innovation in the immediate future and a strong focus on data security will help with the development of intelligent solutions based on a data platform in the medium term. Artificial Intelligence (AI) is likely to play an even more important and stronger role in the future. The possibilities of AI technology are significant for the industry, since the merging of data („data fusion“) and its evaluation can make everyday operations much easier. Among other things, it renders conceivable forecast tools for safety-critical components in the field, which can further increase an installation's availability using methods such as reinforcement learning (RL).

Operators must take advantage of this very dynamic development whilst keeping the necessary investments manageable. This is another reason why Frauscher offers innovative solutions as a digital service. This can also include the transfer of know-how: easily accessible solutions for qualification and the transfer of knowledge about digital tools, as well as the applications themselves can contribute to mastering the future.

6 Conclusion

Innovative technologies such as a data platform enable rail operators to make intelligent use of existing and new data together. The numerous advantages in terms of capacity, availability, efficiency, safety, economy and other factors make such solutions a crucial tool for the industry in the near future.

Eurail
press

Archiv

Ohne Umwege zu Ihren Fachartikeln

**Jetzt
30 Tage
testen!**

-  35.000 Beiträge
-  laufende Aktualisierung
-  individuelle Suchoptionen
-  Volltextsuche
-  Sofort-Download

EI
DER
EISENBAHN
INGENIEUR

ETR
EISENBAHNTECHNISCHE
RUNDSCHAU

EIK
EISENBAHN-INGENIEUR
KOMPENDIUM

SIGNAL-DRAHT
www.signal-draht.de

Rail
BUSINESS

bahn manager

GUTERBAHNEN
POLITIK & MARKT & TECHNIK

DER NAHVERKEHR
Öffentlicher Personennahverkehr in Stadt und Region

Eurail
press

Archiv

www.eurailpress.de/archiv-testen

scher innovative Lösungen als digitalen Service an. Dazu kann beispielsweise die Vermittlung von Know-how gehören. Gut zugängliche Lösungen für die Qualifizierung und Wissensvermittlung rund um digitale Werkzeuge können ebenso wie die Anwendungen selbst dazu beitragen, die Zukunft zu meistern.

6 Zusammenfassung

Innovative Technologien wie Datenplattformen ermöglichen Bahnbetreibern die intelligente Nutzung vorhandener und neuer Daten. Die zahlreichen Vorteile für Kapazität, Verfügbarkeit, Effizienz, Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und weitere Faktoren machen solche Lösungen zu einem der wichtigsten Themen der Branche für die nahe Zukunft.

Eine nahtlose Integration verschiedener Datenquellen und der gelieferten Informationen sowie die Verarbeitungs- und Ausgabemöglichkeiten zu einem digitalen Ökosystem sind eine Notwendigkeit. Die große Herausforderung dabei ist es, Daten aus den komplexen technischen Systemen des Bahnbetriebs mit anderen Informationen zukunftsicher zusammenzuführen.

Frauscher hat als Technologiepionier in der Bahnindustrie eine Lösung zur intelligenten Nutzung von Daten entwickelt, welche die genannten Anforderungen erfüllt und zusätzliche Möglichkeiten bietet. Dabei steht die Lösung digitaler Herausforderungen der Bahnbetreiber im Fokus. Das Ergebnis sind flexible und skalierbare Anwendungen in Bereichen von Diagnose und vorausschauender Wartung bis zu effizientem Task-Management. Künftig werden zahlreiche weitere Applikationen hinzukommen.

Je stärker die Integration von Daten des sicheren Netzwerks des Bahnbetreibers und Informationen aus öffentlichen Netzen voranschreitet, desto entscheidender sind starke und schlüssige Lösungen für die Datensicherheit. Frauscher ist für diese Frage durch seine langjährige Erfahrung mit sicherheitskritischen Lösungen für die Zugdetektion sensibilisiert. Deshalb ist die Datenplattform von Frauscher mit einem ganzheitlichen Ansatz für Safety und Security verwirklicht worden.

Die intelligente Nutzung von Daten entwickelt sich mit hohem Innovationstempo weiter und setzt künftig immer stärker auf AI und Data Fusion. Die Frauscher Datenplattform ist bereits auf diese Entwicklung ausgelegt und wird neue Anwendungen möglich machen. Zusammen mit der Vermittlung von Know-how an Kunden entsteht so eine schlüssige Systemlösung für die digitale Zukunft des Eisenbahnbetriebs. ■

A digital ecosystem that allows for the seamless integration of different data sources is no longer an option, but a necessity. The great challenge involves combining data from the complex technical systems of railway operations with other information into a scalable, future-proof manner.

As a technology pioneer in the railway industry, Frauscher has developed a sophisticated solution for the intelligent use of data that meets the requirements of operators and offers additional options for future integration. Its flexible and scalable applications empower railway operators to solve digital challenges in areas ranging from diagnostics and predictive maintenance to efficient task management.

The stronger the integration of the data from the railway operator's secure network and information from public networks, the more crucial it is to have strong and coherent data security solutions. Frauscher's data platform has been implemented with a holistic approach to safety and security, while drawing on its many years of experience with safety-critical solutions for train detection.

The intelligent use of data is developing at a revolutionary pace and will increasingly rely on AI and data fusion in the future. The Frauscher data platform is already designed to handle this development and has the flexibility to integrate any new applications. When combined with the transfer of know-how to customers, this creates a coherent system solution for the digital future of rail operations. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] : https://europa.eu/year-of-rail/events/renaissance-international-pas-senger-night-train-traffic-rail-2021-05-20_de
- [2] <https://ieeexplore.ieee.org/document/5448035>
- [3] European Union Agency for Cybersecurity (enisa): Railway Cybersecurity. Good practices in cyber risk management. Athens: enisa 2021
- [4] <https://eulynx.eu>

AUTOREN | AUTHORS

Melanie Kleinpötzl

Chief Digital Officer (CDO) & Head of Innovation
E-Mail: melanie.kleinpoetzl@frauscher.com

Thomas Hartinger

Product Manager
E-Mail: thomas.hartinger@frauscher.com

Beide Autoren / both authors:

Frauscher Sensortechnik GmbH

Anschrift / Address: Gewerbestraße 1, A-4774 St. Marienkirchen

Kurzberichte | Newsflash

Luxemburg: ETCS-Lösung auf Nordstrecke in Betrieb genommen

Auf der luxemburgischen Nordstrecke zwischen Luxemburg über Ettelbrück nach Goebelsmühle wurde vergangenen Montag, 29. August 2022, um 5.07 Uhr der fahrplanmäßige Betrieb einer besonderen ETCS-Lösung aufgenommen. Nach rund vier Jahren Entwicklung, Projektierung, Prüfung, Dokumentation, Begutachtung, Zulassung, Produktion und Installation sowie Gutachterabnahme am 27. August 2022 ist die Strecke nun mit ETCS Level 1 Full Supervision plus (ETCS L1 FS plus) ausgerüstet.

Das Plus steht laut des mit dem Gesamtprojekt beauftragten Unternehmens Scheidt & Bachmann hierbei für den Mehrwert gegenüber der regulären ETCS L1 FS-Lösung.

Entgegen der allgemeinen europäischen Tendenz zu Level 2 setzen die CFL weiterhin bewusst auf Level 1, u.a. um Signalgebung und Zugsicherung durch den Verzicht auf Mobilfunkübertragungstechnik vollständig innerhalb eines physikalisch geschlossenen Netzes zu belassen. Nach den bisherigen Erfahrungen aus dem Betrieb von ETCS L1 gab es eine Weiterentwicklung des Systems. Diese besteht aus einer Integration vom Stellwerk mit dem ETCS-System und beruht auf zwei Grundlagen: Der zentralen Programmierung und Steuerung der schaltbaren Balisen unmittelbar durch das Stellwerk sowie einer Reduzierung und Vereinfachung der Außensignalisierung. In der Kombination ETCS mit der Stellwerkstechnologie ZSB 2000 werden keine klassischen Signale mehr benötigt. Die Signalisierung auf dem Driver Machine Interface (DMI) im Führerstand erfolgt ausschließlich volldigital über im Gleis installierte Balisen per Netzwerktechnik direkt durch ZSB 2000. Man könnte insofern auch von ETCS Level 2 ohne GSM-R sprechen.

In den kommenden zwei Jahren wird die beschriebene Lösung auf dem verbliebenen Abschnitt der Nordstrecke installiert. (jsh)

Luxembourg: ETCS solution put into operation on northern line

On the Luxembourg northern line between Luxembourg via Ettelbrück to Goebelsmühle, scheduled operation of a special ETCS solution started last Monday, 29 August 2022, at 5.07 am. After around four years of development, project planning, testing, documentation, assessment, approval, production and installation, as well as expert acceptance on 27 August 2022, the line is now equipped with ETCS Level 1 Full Supervision plus (ETCS L1 FS plus).

According to Scheidt & Bachmann, the company commissioned with the overall project, the plus stands for the added value compared to the regular ETCS L1 FS solution.

Contrary to the general European trend towards Level 2, the CFL continue to deliberately rely on Level 1, among other things in order to keep signalling and train protection completely within a physically closed network by dispensing with mobile radio transmission technology. After the experience gained so far from the operation of ETCS L1, there was a further development of the system. This consists of an integration of the interlocking with the ETCS system and is based on two principles: the central programming and control of the switchable balises directly by the interlocking and a reduction and simplification of the external signalling. In the combination of ETCS with the interlocking technology ZSB 2000, classical signals are no longer required. Signalling on the Driver Machine Interface (DMI) in the driver's cab is exclusively fully digital via balises installed in the track via network technology directly through ZSB 2000. In this respect, one could also speak of ETCS Level 2 without GSM-R.

Over the next two years, the solution described will also be installed on the remaining section of the northern line. (jsh)



ETCS-Außenanlagen im Bahnhof Ettelbrück

ETCS outdoor facilities at Ettelbrück station

Quelle / Source: Scheidt & Bachmann GmbH

Sichere Computerplattform für den künftigen Bahnbetrieb spezifiziert

Mit der fortschreitenden Digitalisierung halten neue Technologien in das Bahnsystem Einzug, die hohe Sicherheitsanforderungen an die IT-Umgebung stellen. Neben der Einführung verbesserter Control-Command-and-Signaling (CCS)-Ansätze und der Einführung neuartiger Technologien wie fortschrittliche Sensorik und künstliche Intelligenz in das Bahnsystem ist es auch notwendig, geeignete IT-Plattformen für den zukünftigen Bahnbetrieb zu entwickeln.

Die Bahninitiativen Reference CCS Architecture (RCA) und Open CCS Onboard Reference Architecture (OCORA) haben im Jahr 2020 mit der Arbeit an einem Safe-Computing-Plattform-Konzept begonnen, das die Grundlage für sicherheitsrelevante Bahnanwendungen sowohl für den fahrzeugseitigen als auch den streckenseitigen Einsatz bilden soll. Die Einführung einer standardisierten Methode zur Trennung der Anwendungen von der Computerplattform ist hierbei zentrales Entwurfparadigma. Dadurch werden Bereiche mit sehr unterschiedlichen Lebenszyklen entkoppelt und die neuesten Fortschritte im IT-Sektor genutzt, während gleichzeitig Raum für die Differenzierung der Anbieter bei der detaillierten Implementierung der Computerplattform bleibt. In den beiden Gremien haben die Bahnen und die Industrieakteure DB Netz AG, duagon AG, Nederlandse Spoorwegen, Real-Time Innovations (RTI), SBB, Siemens Mobility GmbH, SNCF Voyageurs, SNCF Réseau, SYSGO GmbH, Thales und Wind River ihre jeweiligen Erfahrungen eingebracht und gemeinsam eine erste Version der Spezifikation der möglichen Anwendungsprogrammierschnittstelle (API) zwischen Bahnanwendungen und der Safe Computing Platform entwickelt und diese in OCORA Release 2 veröffentlicht.

Die veröffentlichte Arbeit umfasst eine allgemeine Definition der Konzepte, wichtige Entwurfparadigmen für sichere Kommunikation und Berechnung sowie Implementierungsrichtlinien. Außerdem wurde analysiert, wie die im POSIX-Standard definierten Funktionen für die gewünschte API wiederverwendet werden können. Während dieses Prozesses wurden mehrere offene Punkte identifiziert, die eine weitere Spezifikationsarbeit im Rahmen des europäischen Eisenbahnprogramms erfordern werden. Insgesamt bietet die veröffentlichte Arbeit eine solide Grundlage für die weitere Spezifikation und das Prototyping möglicher Implementierungen der Safe Computing Platform.

(jsh)

Secure computer platform specified for future rail operations

With advancing digitalisation, new technologies are entering the railway system that place high security demands on the IT environment. In addition to the introduction of improved Control Command and Signaling (CCS) approaches and the introduction of novel technologies such as advanced sensor technology and artificial intelligence into the railway system, it is also necessary to develop suitable IT platforms for future railway operations.

The Reference CCS Architecture (RCA) and Open CCS Onboard Reference Architecture (OCORA) railway initiatives have started work in 2020 on a Safe Computing Platform concept that will form the basis for safety-related railway applications for both onboard and trackside use. The introduction of a standardised method for separating the applications from the computer platform is the central design paradigm here. This decouples areas with very different life cycles and takes advantage of the latest advances in the IT sector, while leaving room for vendor differentiation in the detailed implementation of the computing platform. In the two committees, the railways and industry players DB Netz AG, duagon AG, Nederlandse Spoorwegen, Real-Time Innovations (RTI), SBB, Siemens Mobility GmbH, SNCF Voyageurs, SNCF Réseau, SYSGO GmbH, Thales and Wind River contributed their respective experiences and jointly developed a first version of the specification of the possible application programming interface (API) between railway applications and the Safe Computing Platform and published it in OCORA Release 2.

The published work includes a general definition of the concepts, key design paradigms for safe communication and computing, and implementation guidelines. It also analysed how the functions defined in the POSIX standard can be reused for the desired API. During this process, several open points were identified that will require further specification work within the European railway programme. Overall, the published work provides a solid basis for further specification and prototyping of possible implementations of the Safe Computing Platform.

(jsh)

PRECISE TIME SYNCHRONIZATION for digital railway infrastructure and rolling stock

developed according to
RAMS and information security
criteria for critical infrastructures

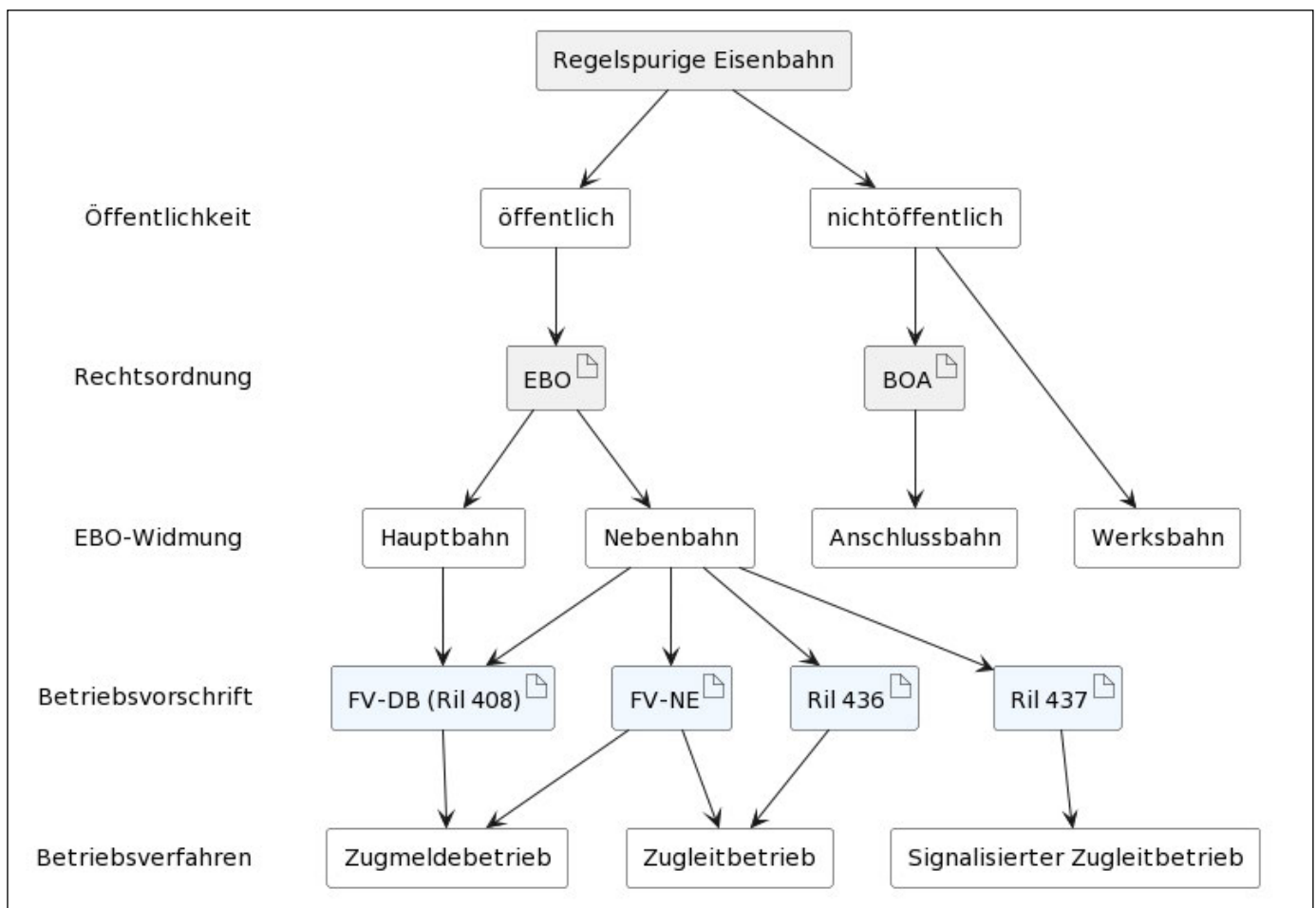
www.hopf.com

Nachtrag zu Analyse des dänischen ETCS-Regelwerks – Chance einer generischen ETCS-Fahrdienstvorschrift (SIGNAL+DRAHT 6/22)

In der Regel veröffentlichen wir Schaubilder nur in der englischsprachigen Version. Im o.g. Beitrag von Jan O. Lübs | Daria Menzel | Martin Sommer ab S. 54 ist zur Verdeutlichung aber auch die deutsche Version von Bild 3 wichtig. Daher reichen wir dieses hiermit nach. (jsh)

Addendum to analysis of the Danish ETCS regulations - Chance of a generic ETCS service regulations (SIGNAL+DRAHT 6/22)

As a rule, we only publish diagrams in the English-language version. However, in the above-mentioned article by Jan O. Lübs | Daria Menzel | Martin Sommer from p. 54 onwards, the German version of fig. 3 is also important for clarification. We are therefore submitting it herewith. (jsh)



Systematisierung aktueller Betriebsverfahren in Deutschland
The systematisation of the current operating procedures in Germany

QUALITY MEDIA
FOR RAIL EXPERTS

www.eurailpress.de





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@dvvmedia.com
Ing. August Zierl
august.zierl.extern@dvvmedia.com

Freie Fachredaktion | Advising Specialist Editors

Dipl.-Ing. Roland F. Albert
rf.albert.extern@dvvmedia.com
Dipl.-Ing. Helmut Steindl
helmut.steindl.extern@dvvmedia.com

Verlagsredaktion | Staff Editors

Dipl.-Journ. (FH) Jennifer Schacha
(Redaktionsleitung / Managing Editor)
Tel.: +49 40 23714-281, jennifer.schacha@dvvmedia.com

Verlag | Publisher

DVV Media Group GmbH |
Postfach 101609 D-20010 Hamburg |
Heidenkampsweg 73-79, D-20097 Hamburg
Tel.: +49 40 23714-100 | www.eurailpress.de/sd
Geschäftsführer | CEO: Martin Weber
Verlagsleiter | Publishing director: Manuel Bosch
Tel.: +49 40 23714-155 | manuel.bosch@dvvmedia.com

Anzeigen | Advertisements

Anzeigenleitung | Advertising mgt. Eurailpress: Silke Härtel
Tel.: +49 40 23714-227, silke.haertel@dvvmedia.com
Anzeigenverkauf | Advertising sales: Silvia Sander
Tel.: +49 40 23714-171, silvia.sander@dvvmedia.com
Anzeigentechnik | Ad Administration: Cornelia Bär
Tel.: +49 40 23714-120, cornelia.baer@dvvmedia.com

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 55 vom 1. Januar 2022.
The valid advertisements price list is no. 55 of 1 January 2022.

Vertrieb | Distribution

Leiter Marketing & Vertrieb |
Marketing and distribution manager: Markus Kukuk
Tel.: +49 40 23714-291 | markus.kukuk@dvvmedia.com

Unternehmenslizenzen Digital / Print |
Enterprise licences digital / print:
lizenzen@dvvmedia.com

Leser- und Abonnenten-Service | Reader and subscriber service
Tel.: +49 40 23714-260 | Fax +49 40 23714-243
kundenservice@dvvmedia.com

Erscheinungsweise | Publication frequency

Monatlich, zwei Doppelhefte im Jan./Feb. und Juli/Aug.
Monthly, two double issues in Jan./Feb. and July/Aug.

Bezugsbedingungen | Subscription conditions

Die Bestellung des Abonnements gilt zunächst für die Dauer des vereinbarten Zeitraumes (Vertragsdauer). Eine Kündigung des Abonnementvertrages ist zum Ende des Berechnungszeitraumes schriftlich möglich. Erfolgt die Kündigung nicht rechtzeitig, verlängert sich der Vertrag und kann dann zum Ende des neuen Berechnungszeitraumes schriftlich gekündigt werden.
Bei Nichtlieferung ohne Verschulden des Verlages, bei Arbeitskampf oder in Fällen höherer Gewalt besteht kein Entschädigungsanspruch. Zustellmängel sind dem Verlag unverzüglich zu melden.
Es ist ausdrücklich untersagt, die Inhalte digital zu vervielfältigen oder an Dritte (auch Mitarbeiter, sofern ohne personenbezogene Nutzerlizenzierung) weiterzugeben. The order for a subscription is initially valid for the duration of the agreed period of time (duration of contract). It is possible to terminate the subscription contract by giving written notice for the end of the invoicing period. If notice is not given in time, the contract is extended to the end of the new invoicing period, and it is then possible to give notice on it at the end of that period.
There is no right to claim compensation in the event of non-delivery for which the publisher is not to blame, industrial action or force majeure. Any delivery fault must be reported to the publisher immediately.
It is expressly prohibited to make digital copies of the contents or to pass them on to third parties (including employees, unless a personalised user licence has been granted).

Bezugsgebühren | Charges

Abonnement Inland jährlich 245,00 EUR inkl. Porto zzgl. MwSt.
Subscription Domestic EUR 245,00 for one year incl. P&P plus VAT.
Abonnement Ausland jährlich 282,00 EUR inkl. Porto
Abroad with a VAT number EUR 282,00 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 28,94 EUR inkl. MwSt. | Single issue 28,94 EUR incl. VAT

Copyright

Vervielfältigungen durch Druck und Schrift sowie auf elektronischem Wege, auch auszugsweise, sind verboten und bedürfen der ausdrücklichen Genehmigung des Verlages.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Abbildungen übernimmt der Verlag keine Haftung.

It is prohibited to make copies in printed, written or digital form in whole or in part except with the publisher's express permission. The publisher accepts no liability for unsolicited manuscripts and illustrations.

Druck | Printing company

Silber Druck oHG, Lohfelden

INSEKENTENVERZEICHNIS | DIRECTORY OF ADVERTISERS

DVV Media Group GmbH, Hamburg	17, 28/29, 89, 103, 109, 113, U3
Bayka Bayrische Kabelwerke AG, Roth	101
BUG Verkehrsbau SE, Berlin	7
DB AG, Berlin	33
DVV Media International Ltd., Sutton	59
EBE Solutions GmbH, Wien	57
ESA Elektroschaltanlagen Grimma GmbH, Grimma	69
Frauscher Sensortechnik GmbH, St. Marienkirchen	65
Funkwerk AG, Kollida	49
Humatics, Waltham	27
InCyde GmbH, Frankfurt	39
KAGO AG, Goldau	55
Mipro Oy, Mikkeli	41
Nextrail GmbH, Berlin	67
Pintsch GmbH, Dinslaken	45
ProVi GmbH, München	U2
PSI Transcom GmbH, Berlin	63
Raycap GmbH, Garching	93
RazorSecure Limited, Basingstoke	99
RDCS Informationstechnologie GmbH, Wien	112
Scheidt & Bachmann Signalling Systems GmbH, Mönchengladbach	73
Schweizer Electronic AG, Reiden	75
Sigmon Deutschland GmbH, Berlin	19
Stadler Rail Management AG, Bussnang	13
Telent GmbH, Backnang	81
Voestalpine Signalling Austria GmbH, Zeltweg	U4
Wago GmbH & Co. KG, Minden	35
Wenzel Elektronik GmbH, Pinneberg	61
WSP Infrastructure Engineering GmbH, Frankfurt	77

In dieser Ausgabe finden Sie eine Beilage der Bauakademie Biberach. Wir bitten um freundliche Beachtung.

In this issue you will find supplements of Bauakademie Biberach. 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.

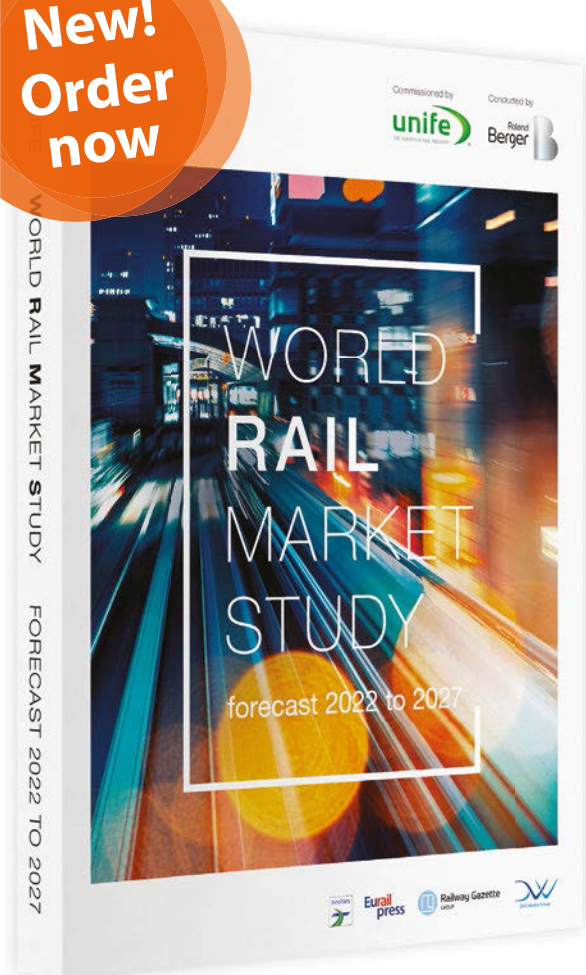
www.eurailpress.de/sd
ISSN 0037-4997



WORLD RAIL MARKET STUDY

9th edition | forecast 2022 to 2027

**New!
Order
now**



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

The ninth edition of the UNIFE World Rail Market Study provides a comprehensive view of the current status and expected development of the total and accessible world rail supply market.

It qualitatively analyses the environmental advantages of rail as a means of transport in comparison to other modes of transport as well as the digital innovations that are enabling the rail industry to flourish.

Available as:

PDF Version – ISBN 978-3-96892-151-8

Printed Version – 978-3-96892-150-1

Date of publication: September 2022

**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/wrms-2022

Commissioned by



Conducted by



Visit us at:

InnoTrans

20.-23. September 2022

Messe Berlin, Germany

voestalpine Railway Systems

Hall 21b, Booth 150

SICHER, VERFÜGBAR & VERLÄSSLICH

Stellsysteme, Signaltechniklösungen, Diagnose-
und Monitoringtechnologien für Ihre Anwendungen

Die voestalpine Signaling Gruppe bietet innovative Antriebs-, Verschluss- und Überwachungseinrichtungen sowie Signaltechnikanlagen für alle Arten von Eisenbahnweichen an. Zusammen mit maßgeschneiderten Lösungen im Bereich Diagnose- und Monitoringtechnologie sowie Achszählssystemen ermöglichen wir eine nachhaltige Leistungsoptimierung Ihrer Eisenbahninfrastruktur und Flotte.

Durch intelligente digitale Lösungen schaffen wir die Basis für modernes Fahrwegmanagement im Sinne unseres Markenversprechens:
„Performance on Track®“.



Für weitere
Informationen
scannen



Lassen Sie sich
unverbindlich
beraten!

DIGITALE SONDER|DRUCKE

Onlinemarketing mit Ihrem Fachartikel zur
Nutzung in Ihren digitalen Kanälen

**Werben Sie mit 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/sonderdrucke-digital

Interesse? Ihre Ansprechpartnerin: **Martina Seemann**

@ lizenzen@dvvmedia.com | ☎ 040 237 14 139

✉ DVV Media Group GmbH, Heidenkampsweg 73–79, 20097 Hamburg