



SIGNAL+DRAHT

SIGNALLING & DATACOMMUNICATION



MUSTER

06 Leitstelle der Zukunft mit Künstlicher Intelligenz – die Plattform Mastria
Control centre of the future through AI – the platform Mastria

13 Digitalisierung für konventionelle Stellwerkstechnologie
Digitisation in conventional interlocking technology

28 Anwendungsbeispiel eines Leitfadens zur ATO-Risikoanalyse
Example of an application for an ATO-risk analysis user guide

+++ ETCS +++ ATO/CBTC +++ FRMCS +++ CIM/PDM +++ KI +++

RAILIMPACTS **MUSTER**

Digitale Technologien im Bahnbetrieb

Digitalisierung des Schienenverkehrs Automatisierung, die bewegt

Rail Impacts – der digitale Informationsdienst zum Thema Digitalisierung des Schienenverkehrs – bietet Ihnen stets aktuell und verlässlich einen Überblick über den Stand der relevanten Themen im zunehmend dynamischen Schienenverkehrsmarkt:



Jetzt
4 Wochen
testen!

- **ETCS:** Das künftige Leit- und Signalsystem für den Schienenverkehr steht vor dem flächendeckenden Rollout in ganz Europa
- **ATO:** Automatisierung des Bahnbetriebs bis hin zum vollautomatischen und fahrerlosen Betrieb
- **CBTC:** Automatisierter Bahnbetrieb vor allem in Nahverkehrsnetzen
- **FRMCS:** Künftiger europäischer Standard für Funk- und Datenkommunikation im Schienenverkehr
- **Marktumfeld:** Politische und industrielle Rahmenbedingungen
- **Technologien:** Überblick über aktuelle Produkte und Services zur Digitalisierung des Schienenverkehrs sowie Aktivitäten in Forschung und Wissenschaft

**Eurail
press**



DVV Media Group

Jetzt 4 Wochen **kostenlos** testen:

www.eurailpress.de/rail-impacts-testabo



Sicherheitsstandards verbessern?

Do safety standards need improvement?

Immer wieder erreichen uns beunruhigende Nachrichten über Eisenbahnzwischenfälle, sei es in Griechenland, Indien, Spanien, Pakistan oder auch Kroatien. Ein Zug fährt in Gruppe von Arbeitern, Zug fährt auf stehenden Zug in Italien, ein U-Bahnzug fährt auf einen anderen auf.

Bei Untersuchungen stellen wir fest, dass menschliches Fehlverhalten die häufigste Ursache solcher Unfälle darstellt. Auch Fehler in den elektronischen Systemen der Signaltechnik, welche das Werk unserer Hände, mehr noch, unserer Intelligenz sind, sind nicht auszuschließen.

Als Systemverantwortliche, welche diese Systeme erschaffen, müssen wir immer hinterfragen, ob wir alles – und noch mehr – getan haben, um ein höchstes Maß an Sicherheit zu gewährleisten. Können wir es verantworten, nach Unfällen, wie oben angeführt, zur Tagesordnung zurückzukehren, oder lasten die Schatten der Opfer weiter auf uns? Sind unsere Prozesse und Normen wie auch die Testspezifikationen und technischen Abläufe gescheitert? Haben wir den Schritt vom mechanischen Schwerkraftrelais und der Hebelbank zum elektronischen – und zum Digitalen – Stellwerk tatsächlich erfolgreich vollzogen?

Der Mensch braucht Technologie, aber Technologie braucht auch den menschlichen Geist. Kann uns Künstliche Intelligenz dabei helfen? Dem Faktor „menschliches Versagen“ muss dabei noch wesentlich größeres Augenmerk geschenkt werden. Dieses Bestreben ist im Wesen von SIGNAL+DRAHT und in den vergangenen – und hoffentlich auch zukünftigen – SIGNAL+DRAHT-Kongressen klar anzuerkennen.

Vor uns liegen neue Aufgaben, aber auch eine große Verantwortung und menschliche und technische Herausforderungen, um die Systeme der Eisenbahnsicherungstechnik entsprechend dieser Ansprüche noch sicherer zu machen. Nur damit schützen wir Menschenleben, Sachwerte und das Vertrauen in das System nachhaltig.

We continue to see disturbing news about recent train accidents in Greece, India, Spain, Pakistan and Croatia. One train collided with a group of railway workers, while another crashed into a train standing at a station entrance in Italy. Then there was an accident on a subway, where one train hit another one travelling in the same direction.

Investigations into these accidents have found that human error is the most common cause. Faults in the electronic signal safety systems, which we have wrought using not only our hands, but even more so our intelligence, cannot be ruled out either.

As the people responsible for creating these systems, we must continually question whether we have done everything we can and more to raise safety to the highest level. Can we go back to our daily lives and work after the occurrence of such accidents or do the shadows of the victims bear down upon us? Have our processes and regulations, test specifications and technical reviews failed? Have we truly mastered the transition from gravity relays or switch levers to an electronic – and digital – interlocking?

Humans need technology, but technology also needs the human spirit. Can artificial intelligence help us with this? We need to devote significantly more attention to this “human error” factor. This endeavour can be seen both in the essence of SIGNAL+DRAHT and in the past twenty and (hopefully) more SIGNAL+DRAHT congresses held in Fulda and it is gratefully acknowledged here.

There are new tasks, responsibilities and human and technical challenges ahead of us if we are to make our railway signal safety systems even safer. Only then can we protect human lives, assets and public trust in the system as a whole.

MUSTER



Liebe Leserinnen und Leser,
 die europäischen Verbände CER und Unife haben in Brüssel die frühere EU-Verkehrskommissarin Violeta Bulc für ihre Verdienste für den Sektor und die Förderung von Frauen mit dem European Railway Award geehrt. In einem Gespräch mit Violeta Bulc hat sie ihre Enttäuschung zum Ausdruck gebracht, dass das Zugleitsystem ERTMS in der Umsetzung immer noch nicht den vorgesehenen, ambitionierten Zielen folgt. In ihrer Amtszeit wurde der ERTMS Deployment Plan geschrieben. Viel zu oft ist ihrer Meinung nach das ERTMS Gegenstand politischer Auseinandersetzung statt der technischen Frage der Umsetzung. Sie hofft, dass es in der nächsten Legislaturperiode dann wirklich gelingt, ein einheitliches ERTMS auszurollen – das dem Ziel genügt, dass Triebfahrzeuge nicht mehr an der Grenze gewechselt werden müssen.

Ermutigender sind die Nachrichten aus Österreich und Tschechien zum Thema ETCS. Am 1. Januar 2025 startet in Tschechien auf den ersten Korridorabschnitten der reine ETCS-Betrieb (ETCS-Only). Dabei wurde auch die Absicht der Umstellung des Gesamtnetzes auf ERTMS/ETCS bis ca. 2040 bekräftigt. Auch in Österreich schreitet der ETCS-Ausbau voran. 2023 wurde der Abschnitt Linz–Wels–Vöcklabruck auf der Weststrecke mit ETCS ausgerüstet und im Dezember 2023 der 53 km lange Kärntner Teilabschnitt der Koralmbahn mit ETCS-Only in Betrieb genommen. Ab Fahrplanwechsel im Dezember 2025 wird die gesamte Koralmbahn mit ETCS-Only ausgerüstet.
 Wir wünschen Ihnen neue Erkenntnisse beim Lesen von SIGNAL+DRAHT.

Dear readers,
 the European associations CER and Unife have honoured the former EU Transport Commissioner, Violeta Bulc, with the European Railway Award for her services to the sector and the promotion of women. In an interview with Violeta Bulc, she expressed her disappointment that the ERTMS train control system was still not being implemented in line with the ambitious targets set. The ERTMS Rollout Plan was written during her term of office. In her opinion, ERTMS was far too often the subject of political debate rather than the technical issue of implementation. She hoped that in the next legislative period it would really be possible to rollout a standardised ERTMS – which would meet the objective of ensuring that traction units no longer needed to be changed at the border.

The news from Austria and the Czech Republic on the subject of ETCS is more encouraging. On 1 January 2025, ETCS-only operation will start on the first corridor sections in the Czech Republic. At the same time, the intention was confirmed to convert the entire network to ERTMS/ETCS by around 2040. The expansion of ETCS is also progressing in Austria. In 2023, the Linz – Wels – Vöcklabruck section on the western line was equipped with ETCS and in December 2023, the 53-kilometre-long Carinthian section of the Koralm Railway was put into operation with ETCS-only. From the timetable change in December 2025, the entire Koralm railway will be fitted with ETCS-only.
 We hope you gain new insights into railway technology while reading SIGNAL+DRAHT.

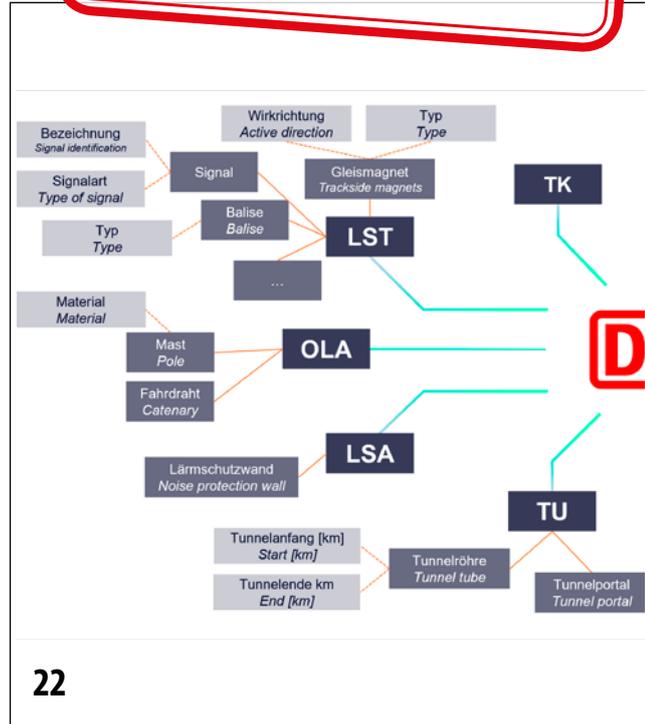
August Zier

August Zierl

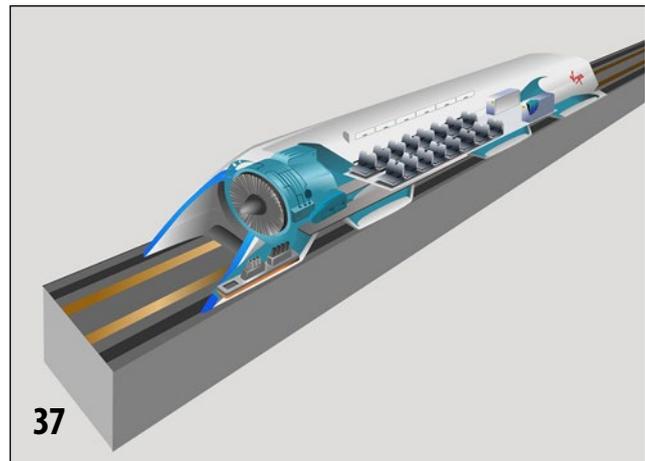
Reinhold Hundt

Reinhold Hundt

Chefredakteure | Advising Chief Editors



22

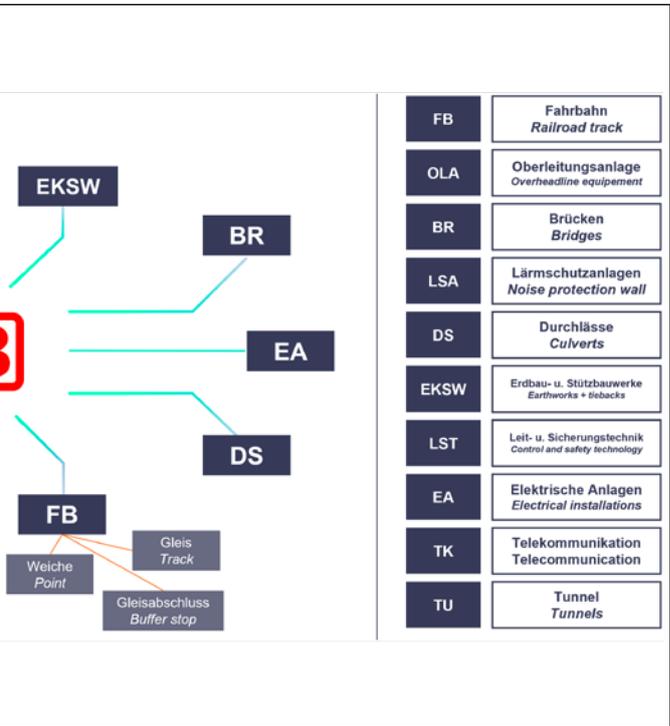


37

Internationaler Fachbeirat

Klaus Altehave, Signon Deutschland GmbH, Berlin | Bernhard Appel, GTS Ground Transportation Systems Austria GmbH, Wien | Tilo Brandis, Pintsch GmbH, Dinslaken | Dr.-Ing. Thorsten Büker, VIA Consulting & Development GmbH, Aachen | Mahir Celik, safeTrail GmbH, Saarbrücken | Alessandro de Grazia, Hitachi Rail STS Deutschland GmbH, München | Radek Dobiaš, SŽ, Prag | Valentin Doytchev, Bulgarische Staatsbahnen, NRIC, Sofia | André Feltz, SN CFL, Luxemburg | Andreas Freese, DB Systel GmbH, Frankfurt/M. | Udo Fritsch, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV), Köln | Thomas Gehringer, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn | Reto Germann, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern | Dr. Carsten Green, Rail Expert Consult GmbH, Wien | 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 | 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 Informatic Consulting Systems GmbH, Stuttgart | Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer, DLR e.V., Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig | Dr.-Ing. Michael Lenders, Scheidt & Bachmann GmbH, Mönchengladbach | Helmut Liebinger, Voestalpine Signaling Siershahn GmbH, Siershahn | Dr.-Ing. Matthias Martin, Siemens Mobility AG, Wallisellen | Andreas Medek, Siemens Mobility Austria GmbH, Wien | Dr.-Ing. Daria Menzel, CERRS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik GmbH, Dresden | Dr. Oleg Nasedkin, Petersburger Staat. Universität für Eisenbahnverkehr/Signaltechnik,

MUSTER



13 Markus Weigensamp | Peter Tummelshammer
 Effiziente Nutzung von Digitalisierung für konventionelle Stellwerkstechnologie
 The efficient use of digitisation in conventional interlocking technology

22 Christoph Schütze
 Digitale Bestandserfassung von Eisenbahninfrastruktur – Herausforderungen in der LST
 Digital track capture in railway infrastructure – challenges in control and signalling technology

28 Frederik-Alexander Adebahr | Bernhard Evers | Christian Klotz | Franziska Rexin | Hendrik Schäbe
 Anwendungsbeispiel eines Leitfadens zur ATO-Risikoanalyse
 Example of an application for an ATO-risk analysis user guide

37 Peter Wigger | Hendrik Schäbe
 Ein Sicherheitskonzept für neue Technologien im Schienenverkehr
 A safety approach for new technologies in rail transport

43 Matti Kuivalainen
 Verbesserung der operativen Leistungsfähigkeit mithilfe von ITIL als Zielsetzung
 Aiming for improved performance with the assistance of ITIL

51 Kurzberichte | Newsflash
EurailJobs

54 Impressum | Imprint

03 Branko Korbar
 Auf ein Wort: Sicherheitsstandards verbessern?
 Statement: Do safety standards need improvement?

06 Jan Philipp Rauprich | David Moszkowicz
 Leitstelle der Zukunft mit Künstlicher Intelligenz – die modulare Plattform Matria
 Control centre of the future through AI – the modular platform Matria

St. Petersburg | **László Pósalaki**, MÁV ZRT., HU-Budapest | **NN**, European Union Agency for Railways, Valenciennes | **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 | **Dr. Guido Rumpel**, Siemens Mobility GmbH, Braunschweig | **Christian Sagmeister**, ÖBB-Infrastruktur AG, Wien | **Christian Schmidt**, Hanning & Kahl GmbH & Co KG, Oerlinghausen | **Prof. Dr.-Ing. habil. Lars Schnieder**, ESE Engineering und Software Entwicklung GmbH, Braunschweig | **Dr. Robert Schönauer**, Assessment Expert Services GmbH, A-Wien | **Kerstin Schreiber**, Funkwerk Systems GmbH, Kölleda | **Max Schubert**, INCYDE industrial cyber defense GmbH, Frankfurt/M. | **Christian Schunke-Mau**, Alstom Transport Deutschland GmbH, Berlin | **Patrick Steinebach**, DB InfraGO AG, Frankfurt/M. | **Miroslav Stojkovic**, Serbische Eisenbahnen (ŽS), Belgrad | **Dr. Timo Strobel**, GTS Ground Transportation Systems Deutschland GmbH, Ditzingen | **Detlev K. Suchanek**, GRT Global Rail Academy and Media GmbH/PMC Media, Hamburg | **Michael Thiel**, Frauscher Sensor Technology Group, St. Marienkirchen | **Péter Tóth**, Prolan Group, Budakalász | **Prof. Dr.-Ing. Jochen Trinckauf**, Technische Universität, Dresden | **Patrick Trost**, Stadler Signalling Germany GmbH, Braunschweig | **Laurenz Trunner**, EBE Solutions, Wiener Neudorf | **Torsten Vogel**, PSI Transcom GmbH, Berlin | **Bernhard Wahl**, Obermeyer Infrastruktur GmbH & Co. KG, Köln | **Christian Weiß**, Dr. techn. Josef Zelisko Fabrik für Elektrotechnik und Maschinenbau Gesellschaft m.b.H., Mödling | **Peter Wigger**, TÜV Rheinland InterTraffic GmbH, Köln | **Anton Zahner**, HIMA Paul Hildebrandt GmbH, Brühl



Titelbild / Cover
 Autonome Fahrzeuge stehen auf der Agenda ganz oben, AŽD Praha will schon in diesem Jahr erste Fahrgasteinsätze anbieten.
 Autonomous vehicles are at the top of the agenda, and AŽD Praha plans to offer its first passenger services this year.

Quelle / source: AŽD Praha

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.

Leitstelle der Zukunft mit Künstlicher Intelligenz die modulare Plattform Mastria

Control centre of the future through AI – the modular platform Mastria

Jan Philipp Rauprich | David Moszkowicz

Die Einführung Künstlicher Intelligenz (KI) in den Leitzentralen historischer Eisenbahn- und U-Bahn-Systeme ist eine der größten Herausforderungen für die Hersteller von Bahntechnik. KI ist ein Werkzeug, um eine nachhaltige Verkehrswende voranzutreiben. Alstom setzt sie ein und legt dabei den Schwerpunkt auf die Verbesserung des Betriebs von Schienenverkehrssystemen.

Im Mittelpunkt dieses Ansatzes steht die modulare Plattform Mastria, die KI zur Steuerung von Schienenverkehrssystemen nutzt. Übergeordnetes Ziel ist es, die verschiedenen öffentlichen Verkehrssysteme wie U-Bahn, S-Bahn und Straßenbahn zu synchronisieren, um die Verkehrsströme in Ballungsräumen zu entzerren, Fahrgäste optimal durch die verschiedenen Verkehrsmittel zu leiten und sie stets mit allen für die Reisekette relevanten Informationen zu versorgen (Bild 1). Grundlage dafür ist die genaue Ermittlung von Fahrgastströmen als Basis des Betriebs von Schienenverkehrssystemen. Es ist zu berücksichtigen, dass Mastria eine modulare Lösung ist und die beschriebenen Module kundenspezifisch integriert werden können.

Somit kann die Anwendung an die Bedürfnisse der Betreiber angepasst werden. Dabei werden basierend auf dem Fahrgastströmen folgende Module angeboten:

- Quality of Service
- Intelligentes Störfallmanagement

Introducing artificial intelligence (AI) into the control centres of historic railway and underground railway systems is one of the biggest challenges currently facing railway technology manufacturers. AI is a tool for promoting the transition to sustainable transport. Alstom uses it and focuses on improving the operation of rail transportation systems.

The modular Mastria platform, which uses AI to control rail transport systems, lies at the heart of this approach. The main goal is to synchronise different public transport systems, such as underground railway systems, light rail and trams, in order to make passenger flows in urban areas more fluid, optimally guide passengers through the different modes of transport and provide them with all the relevant information on the travel chain at all times (fig. 1). This is based on the precise determination of passenger flows as the foundation of rail transport system operations. It should be emphasised that Mastria is a modular solution meaning that the described modules can be individually integrated by the customer.

This means that the application can be adapted to the needs of each transport company. The following passenger flow modules are offered:

- Quality of service
- Intelligent incident management



Bild 1: Echtzeit-Überwachung verschiedener Linien und Züge

Fig. 1: Service monitoring in real time of different lines and trains

- Konflikterkennung
- Ausgleichsmechanismen für Verspätungen.

1 Auf dem Weg zu einem Paradigmenwechsel – Einsatz von KI in Betriebsleitzentralen

Signalsysteme und ihre Leitstellen basieren im Regelfall auf deterministischen Ansätzen, bei denen vordefinierte und reproduzierbare Algorithmen die Kontrollzentren von U-Bahnen steuern, um den Betrieb und den Transport von Millionen von Fahrgästen zu verwalten. Leitstellen können durch die Einführung von KI für die Zukunft gerüstet werden. Der Schwerpunkt liegt hierbei in der Verschiebung von arbeitsintensiven manuellen Befehlen auf ein vollautomatisches Kontrollzentrum, in dem qualifizierte Bediener in erster Linie den Verkehr überwachen, während das System bei Zwischenfällen automatisch Empfehlungen abgibt und Befehle ausführt. Die Rolle der KI in der Leitzentrale besteht nicht darin, menschliche Mitarbeiter vollständig zu ersetzen, sondern ihnen eine Grundlage für bessere Entscheidungen zu liefern. Indem sie aus vergangenen Entscheidungen und Szenarien lernen, leiten KI-Algorithmen optimale Lösungen für zukünftige Situationen ab und reduzieren so effektiv den Stress der Mitarbeiter. Dadurch kann sich das Personal auf andere wichtige Ad-hoc-Aufgaben konzentrieren, wie beispielsweise die Koordination mit Notfalldiensten und lokalen Behörden. Manuelle Aufgaben, wie Einrichtung eines optimalen Gleiswechselbetriebs, können durch einen einfachen Klick auf den Vorschlag von der ATS-Software gelöst werden. Darüber hinaus ermöglichen die Algorithmen dem Betreiber ein ganzheitlicheres Verständnis der Verkehrsmuster in der Stadt, indem der Betrieb in der Stadt als Ganzes betrachtet wird und unterschiedliche Schienenverkehrssysteme integriert werden können. Das U-Bahn-System muss daher als integrierter Teil des Verkehrssystems zusammen mit dem Tramverkehr, dem S-Bahnverkehr und anderen Verkehrsträgern betrachtet werden. Die Lösung ermöglicht es uns, der kompletten Leitstellensoftware im Voraus einen vollständigen Überblick über kritische Situationen zu geben. Im Voraus bedeutet, dass das System in der Lage ist, kritische Situationen vorherzusehen, bevor sie auftreten, und direkt eine Lösung anzubieten, um solche kritischen Situationen zu vermeiden. Dies sind bspw. die Auswirkungen einer Störung auf einer Linie, die zu großen Verspätungen auf einer anderen Linie führt, oder der Ausfall einer S-Bahn, welcher zu einer stärkeren Nutzung der nahegelegenen U-Bahn führt. Ziel ist die Steuerung unterschiedlicher Schienenverkehrsträger aus einer Hand. Bei Großveranstaltungen beispielsweise sollen unterschiedliche Verkehrsträger aufeinander abgestimmt werden, sodass die Zubringerlinie in beispielsweise ein Stadion in genügender Anzahl Kapazitäten zu jener Zeit zur Verfügung stellt, wenn die Regionalzüge aus dem Umland an einem Umstiegsknoten ankommen.

2 Eine Orchestrierungsplattform für Mobilität, die datengesteuerte Spitzenleistungen ermöglicht

Die modular aufgebaute Lösung ist eine dynamische Plattform zur Bereitstellung von verschiedenen Informationen in der Leitstelle mit einem starken Fokus auf Dateninnovation. Sie nutzt die Möglichkeiten des maschinellen Lernens, um aus Kundendaten bessere Erkenntnisse zu gewinnen, und arbeitet in einer cloudbasierten Umgebung. Ziel der Anwendung ist die Verbesserung der Servicequalität durch die Nutzung von Daten, die bereits während des regulären Betriebs gesammelt wurden, um ein umfassendes Verständnis der Muster von Fahrgastströmen in städtischen Umgebungen zu erhalten. Um dies zu erreichen, werden Daten aus dem Fahrzeugbereich und dem Signalsystem integriert, welche wertvolle Informationen für bessere Entscheidungen in den Leitstellen liefern.

- Conflict detection
- Compensation mechanisms for delays.

1 On the way to a paradigm shift – the use of AI in operations control centres

Signalling systems and their control centres are typically based on deterministic approaches, where predefined and reproducible algorithms control underground railway control centres to manage operations and the transportation of millions of passengers. These control centres can be equipped for the future by introducing AI. The focus is on shifting labour-intensive manual commands to a fully automated control centre, where skilled operators primarily monitor the traffic, while the system automatically makes recommendations and executes commands in the event of any incidents. The role of AI in the control centre is not to completely replace the human operators, but to provide them with the basis for better decision making. AI algorithms derive optimal solutions for future situations by learning from past decisions and scenarios, thereby effectively reducing operator stress. This frees up staff to focus on other important ad hoc tasks, such as coordinating with the emergency services and local authorities. Manual tasks, such as setting up an optimal track switching operation, can be resolved by the ATS software with a simple click on a suggestion. In addition, the algorithms allow the operator to gain a more holistic understanding of the traffic patterns in the city by looking at the operations as a whole and integrating the different rail transport systems. The underground railway system must therefore be considered to constitute an integral part of the transport system, together with trams, light rail and other modes. This solution allows us to give the entire control centre software a complete overview of the critical situations in advance. "In advance" means that the system is able to anticipate any critical situations before they occur and to provide immediate solutions to avoid any such critical situations, e.g. the impact of a disruption on one line leading to long delays on another line or the failure of a suburban train leading to increased use on the nearby underground railway. The aim is to control the different rail modes from a single source. In the case of major events, the aim is to coordinate the different modes of transport so that, for example, a feeder line to a stadium has sufficient capacity and arrives at the stadium at the same time as the regional trains from the surrounding area arrive at the transfer hub.

2 A mobility orchestration platform that enables data-driven excellence

The modular solution is a dynamic platform for delivering diverse information to the control centre with a strong focus on data innovation. It uses machine learning to gain better insights from customer data and operates in a cloud-based environment. The aim of the application is to improve the service quality by using the data already collected during regular operations to gain a comprehensive understanding of the passenger flow patterns in urban environments. This is achieved by integrating the data from the vehicle environment and the signalling system in order to provide valuable information for better decision making at the control centres. For example, one module from the solution measures passenger flows in the vehicle and at the stations. It can use this data to support functions such as incident management, demand responses

So misst ein Modul der Lösung beispielsweise die Fahrgastströme im Fahrzeug und den Stationen. Auf der Grundlage dieser Daten kann dieses Modul Funktionen wie das Störungsmanagement, die bedarfsgerechte Steuerung oder die Bereitstellung nützlicher Leistungskennzahlen für den Betrieb unterstützen. Zusätzlich ermöglicht das System, die Fahrgäste immer mit passgenauen Informationen zu versorgen.

3 Mehrere Datenquellen führen zu einem gleichmäßigeren Passagierfluss

Das Modul zur Ermittlung der Fahrgastauslastung verwendet Daten aus verschiedenen Quellen. Um ein geeignetes Modell der Fahrgastströme zu erstellen, stützt sich das System grundlegend auf die Daten der Kamerasysteme in den Bahnhöfen und im Fahrzeug. Diese Grundlage wird durch weitere Daten ergänzt, z. B. durch Fahrgastzählsensoren. Darüber hinaus kann die ATS-Software mehrere Datenpunkte aus der Fahrzeugpositionierung, dem Fahrplan, über das Fahrplanmanagement und weiteren Eingaben liefern. Zusätzlich zu den Daten aus dem internen Fahrzeug- und Signalsystem ist die Systemlösung von Alstom so konzipiert, dass sie auch externe Datenquellen nutzen kann. Das System ist in der Lage, Daten von Fahrkartenautomaten, Bahnhofszugangskontrollsystemen, Wi-Fi und anderen Telekommunikationssystemen zu verarbeiten. Darüber hinaus implementiert das System Informationen aus Anwendungen wie der Fahrgast-App des Betreibers oder anderen Datenpunkten wie der Datennutzung an einem Zugangspunkt in einem Bahnhof. All diese Informationen werden gesammelt, um ein Fahrgastflussmodell für Bahnhöfe und Linien abzuleiten und den Fahrgastfluss zu optimieren. Eine Integration von Daten von internen Subsystemen und Anwendungen von Drittanbietern kann gewährleistet werden, und Schnittstellen zu diesen Drittsystemen können einfach integriert werden. Damit geht es mit der VDV 7052 einher und bietet eine passgenaue Lösung für die Applikationen verschiedener Verkehrsanbieter. Das Modul der Fahrgastauslastung ermöglicht somit die einfache Bereitstellung von Auslastungsinformationen für die Fahrgastinformationssysteme von Verkehrsanbietern.

or the provision of accurate performance indicators. The system also enables accurate information to be provided to passengers at all times.

3 Multiple data sources lead to a smoother passenger flow

The passenger load module uses data from several sources. The system relies primarily on data from the camera systems at the stations and in the vehicles to create an appropriate passenger flow model. This is further supplemented by additional data, for example from passenger counting sensors. In addition, the ATS software can also provide various data points from vehicle positioning, the timetable, timetable management and other inputs. The system is also designed to use external data sources in addition to the data from Alstom's internal vehicle and signalling system. The system is able to process data from ticket vending machines, station access control systems, Wi-Fi and other telecommunications systems. In addition, the system also implements information from applications such as the operator's passenger app or other data points such as the data usage at a station access point. All this information is collected to derive a passenger flow model for stations and lines and to optimise the passenger flow. The integration of data from internal subsystems and third party applications can be guaranteed and the interfaces to these third party systems can be easily integrated. It therefore goes hand in hand with VDV 7052 and offers a tailor-made solution for different transport operators' applications. The Passenger Utilisation Module enables the easy provision of utilisation information to the transport operators' passenger information systems.

4 Integrating the learning effects into the implementation of tomorrow's operations

The Mastria platform can adapt supply to demand based on input parameters such as passenger demand and operating constraints (e.g. the usage reserve, number of vehicles, etc.) by suggesting the best decision in real time whenever passenger numbers fluctuate.

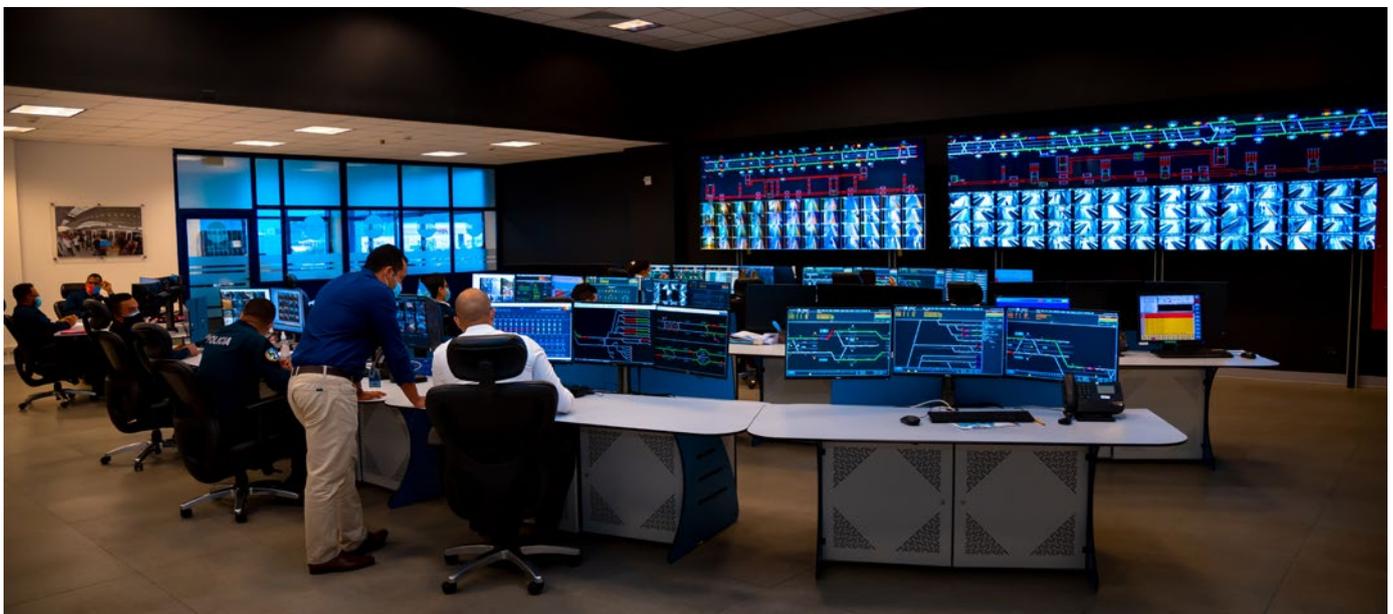


Bild 2: Prädiktive KI für das Crowd Management bei der Metro Panama

Fig. 2: Predictive AI applied to crowd management for Panama Metro Operations

4 Integration von Lerneffekten in die Umsetzung des Betriebs von morgen

Auf der Grundlage von Eingangsparametern wie Fahrgastnachfrage und betrieblichen Einschränkungen (z. B. Nutzungsreserve, Anzahl der Fahrzeuge usw.) kann die Mastria-Plattform das Angebot an die Nachfrage anpassen, indem es in Echtzeit die beste Entscheidung bei schwankenden Fahrgastzahlen vorschlägt. Die besten Reaktionen auf externe Ereignisse wie Sportveranstaltungen, Verkehrsunfälle usw. werden in Zusammenarbeit mit den Betreibern entwickelt. Zu diesem Zweck werden gemeinsam mit den Leitstellenmitarbeitern verschiedene Reaktionen auf solche Ereignisse modelliert, welche vom Betreiber abgeleitete Bedingungen und Regeln beinhalten. Tritt ein solches Ereignis ein, wird dem Betreiber nach Abschluss der Modellierung automatisch eine Liste von Maßnahmen vorgeschlagen, aus der er die für ihn sinnvollste Option auswählen kann. Das System basiert auf den wichtigsten Leistungsindikatoren (Key Performance Indicators, KPI), wie z. B. Einhaltung des Fahrplans, Reise- und Wartezeiten der Fahrgäste oder Auswirkungen auf die Betriebskosten des Ereignisses. Der Algorithmus kann nun vorhersagen, welche der Reaktionen das beste Ergebnis in Bezug auf die zuvor genannten Prioritäten unserer Kunden erbringen wird, und dem Mitarbeiter in der Leitstelle ein optimiertes Feedback geben. Nach einer Offline-Lernphase kann dieser KI-Algorithmus dem Mitarbeiter die beste Antwort auf verschiedene identifizierte Situationen geben. In einem zweiten Schritt ist die KI in der Lage, eine Liste von Reaktionen einschließlich einer Rangfolge dieser Reaktionen in Bezug auf die beste Reaktion auf der Grundlage der wichtigsten KPI bereitzustellen. Der Leitstellenmitarbeiter muss nur noch die beste Reaktion auswählen und kann dabei bereits die Konsequenzen seiner Wahl sehen und abschätzen (z. B. eine Abweichung vom Fahrplan zuzulassen, damit mehr Fahrgäste in den Zug einsteigen können, um zu vermeiden, dass viele Fahrgäste am Bahnsteig verbleiben). Das System ist dabei auch in der Lage, die verschiedenen Befehle nach einer Bestätigung durch den Mitarbeiter selbstständig auszuführen.

5 Reibungsloser Service dank intelligentem Konfliktmanagement in der Leitstelle

Das Modul der Konflikterkennung zielt darauf ab, Konflikte im Betrieb zu erkennen und zu lösen, indem der aktuelle und der zukünftige Zustand des Betriebs in Bezug auf die Ressourcenbelegung erfasst wird. Eine Ressource kann ein Block, ein Bahnsteig oder eine Weiche sein. Durch die Vorhersage der Belegung jeder dieser Ressourcen, einschließlich der Nutzungszeit, kann der Algorithmus des Verkehrsmanagementsystems von Alstom Ressourcenkonflikte erkennen, wie z. B. die doppelte Reservierung von Weichen, die zu Verspätungen und Stillstandzeiten führen kann. Die Konflikterkennung liefert der Leitstelle Informationen über die Ressourcen, die beteiligten Akteure und den Zeitpunkt des Konflikts (z. B. ein Arbeitszug und ein Passagierzug würden gleichzeitig ein Gleis belegen). Das System unterscheidet folgende Arten von Konflikten: Umlaufkonflikt, Nichtverfügbarkeitskonflikt, Verletzung einer Einschränkung und Dienstkonflikt. Unser Algorithmus bietet dem Betreiber verschiedene Möglichkeiten, diese Konflikte zu lösen, z. B. die Minimierung der Verspätung aller Züge im Konflikt oder die Priorisierung eines Zuges, der die Ressource am Vordringlichsten benötigt. Zusätzlich ist es möglich, die Nutzungsdauer von Ressourcen im betrieblichen Rahmen anzupassen, um diese schnellstmöglich für weitere Fahrzeuge zur Verfügung zu stellen. Alle Züge um den Ressourcenkonflikt herum werden so reguliert, dass die Verspätung minimiert wird. Auftretende Konflikte können somit bereits gelöst werden, bevor sie zu Verzögerungen im Be-

tritte. The best responses to various events such as sports events, traffic accidents, etc. are developed in collaboration with the operators. Various responses to such events are modelled together with the control centre staff for this purpose, including the conditions and rules derived from the operator. When such an event occurs, the control centre staff is automatically presented with a list of actions to take, from which they can select the most appropriate option. The system is based on key performance indicators (KPI) such as on-time performance, passenger travel and waiting times or the impact of the event on the operating costs. The algorithm can now predict which of the responses will deliver the best result in terms of our customers' priorities and provide optimised feedback to the operator in the control centre. Our AI algorithm can give the operator the best response to various identified situations after an offline learning phase. The AI is able to provide a list of responses in the next step, including a ranking of these responses relative to the best response based on the KPI. The control centre operator only has to select the best response and can already see and assess the consequences of this choice (e.g. enabling a deviation from the schedule to allow more passengers to board the train in order to avoid a large number of passengers remaining on the platform). The system is also able to independently execute the different commands after receiving the operator's confirmation.

5 Smooth service thanks to intelligent conflict management in the control centre

The Conflict Detection Module is designed to detect and resolve any conflicts in operations by recording the current and future state of operations in terms of resource allocation. A resource can be a block, a platform or a switch. Alstom's Traffic Management System algorithm can detect any resource conflicts, such as the double reservation of switches, which can lead to delays and downtime, by predicting the occupancy of each of these resources, including the duration of occupancy. Conflict detection provides the control centre with information about the resources, the involved actors and the time of the conflict (e.g. a work train and a passenger train occupying a track at the same time). The system distinguishes between the following types of conflicts: circulation conflicts, unavailability conflicts, restriction violations and service conflicts. Our algorithm provides the operator with several options for resolving these conflicts, such as minimising the delays for all the trains involved in the conflict or prioritising the train that most needs the resource. It is also possible to adjust the duration of use of the resources within the operating framework in order to make them available to other vehicles as quickly as possible. All the trains around the resource conflict are managed to minimise any delay. Any conflicts that arise can therefore be resolved before they cause delays in operations. A supervision of switches, signals and blocks can be also performed in Mastria. (fig. 3)

6 A measurably better service for passengers

The key service quality indicators calculated by the Service Quality module, such as on-time performance, fleet availability, punctuality and operational reliability, are compiled in real time and predicted for various scenarios in the event of any deviations or incidents. The module can provide the operator and the involved subsystem (ATS, TMS) with recommendations for data-based decision support based on these indicators. The sys-



Bild 3: Überwachung von Signalen, Zügen und Blöcken in MASTRIA
 Fig. 3: Monitoring of signals, trains and blocks in MASTRIA

trieb führen. Eine Überwachung von Weichen und Signalen ist auch direkt in MASTRIA möglich (Bild 3).

6 Messbar besserer Service für Fahrgäste

Die wichtigsten von dem Modul Servicequalität berechneten Indikatoren für die Servicequalität, wie z. B. die Pünktlichkeit, die Verfügbarkeit der Flotte, die Pünktlichkeit und die Zuverlässigkeit des Betriebs, werden in Echtzeit zusammengestellt und für verschiedene

tem relies on data from the control system (i.e. track occupancy and vehicle tracking), the TCMS (i.e. door events and wheel sensors) and planning data (i.e. the timetable and fleet allocation) as the input data for the quality of service. The service quality module can calculate the future on-time performance and display it on a dashboard based on the track and schedule inputs. This can be automatically linked to any events and incidents (e.g. system failures or track events) for root cause analyses. The application can calculate schedule deviations and gen-

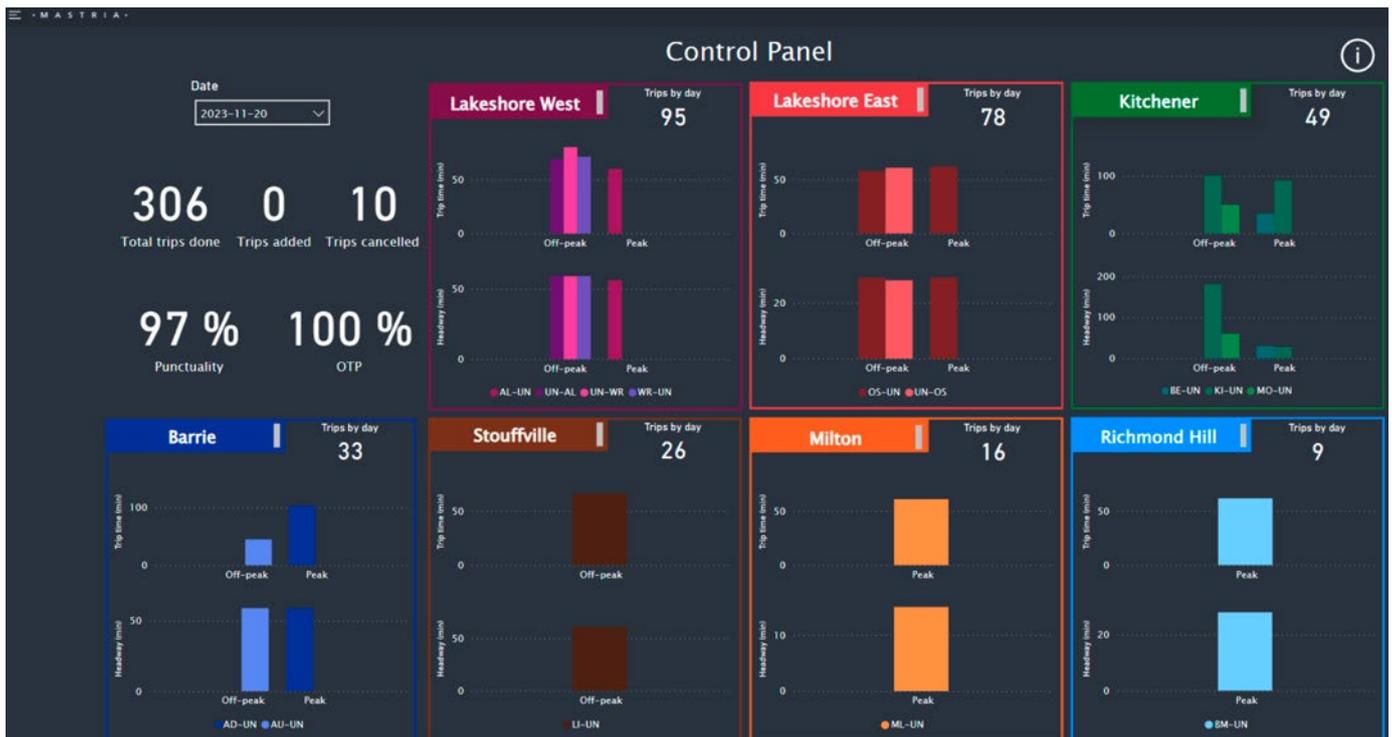


Bild 4: Dashboard über die Pünktlichkeit der Linie pro Gebiet
 Fig. 4: Dashboard of the punctuality performance of the line per area

MUSTER

Szenarien prognostiziert, wenn Abweichungen oder Zwischenfälle auftreten. Auf der Grundlage dieser Indikatoren kann das Modul dem Betreiber und das beteiligte Subsystem (ATS, TMS) Empfehlungen als datengestützte Entscheidungshilfe geben. Als Eingabedaten für die Dienstqualität stützt sich das System auf Daten aus der Leittechnik wie die Gleisbelegung und die Verfolgung der Fahrzeuge, auf Daten aus dem TCMS wie Türeneignisse und Radsensoren und auf Planungsdaten wie den Fahrplan und die Flottenzuweisung. Auf der Grundlage der Eingaben von Gleis und Fahrplan kann das Modul der Servicequalität die zukünftige Pünktlichkeit berechnen und in einem Dashboard darstellen. Dies kann automatisch mit Ereignissen und Vorfällen (z.B. Systemfehlern oder Ereignissen an der Strecke) verknüpft werden, um eine Ursachenanalyse durchzuführen. Die Applikation kann die Abweichungen vom Fahrplan berechnen und auf der Grundlage verschiedener Sensoreingaben Alarme generieren, die zu einer zukünftigen Verspätung führen könnten.

Die Fahrplanteue wird aus verschiedenen Blickwinkeln bewertet. Dazu analysiert das System die Zugfolge, die Verweilzeit in der Haltestelle und die Fahrzeit eines Zugs. Auf dieser Grundlage wertet unser System Abweichungen automatisch aus und alarmiert den Bediener, wenn der Abstand zwischen Fahrzeugen zu groß ist, die Verweilzeit zu lang ist oder die Fahrzeit zwischen zwei Stationen zu hoch ist.

Die Alarme, die ausgelöst werden, und der damit verbundene Schweregrad der Fahrplanabweichung sind vollständig an die Bedürfnisse des Betreibers anpassbar. Auf der Grundlage der gesammelten Abweichungen werden die Auswirkungen auf das gesamte Netz berechnet. Zusätzlich werden dem Betreiber verschiedene Übersichten zur Verfügung gestellt: Darunter sind die Fahrten, die von der Abweichung eines einzelnen Fahrzeugs betroffen sind, die geschätzte Dauer der Auswirkungen der Abweichung und die von dieser Abweichung betroffene Anzahl an Passagieren.

Eine Anwendung des Verspätungs-KPI ist die Entscheidung, ob Fahrgäste aufgrund der Unpünktlichkeit ihres Zuges Anspruch auf eine

erate alarms based on... inputs that could lead to future delays.

The on-time performance is evaluated from several perspectives. Our system automatically evaluates any deviations based on this and alerts the operator if the distance between the vehicles is too large, the dwell time is too long or the travel time between two stations is too long.

The triggered alarms and the associated severity of the schedule deviation are fully customisable to the operator's needs. The impact on the entire network is calculated based on the collected deviations. In addition, the operator is also provided with various overviews: these include the trips affected by a single vehicle's deviation, the estimated duration of the deviation's impact and the number of passengers affected by the deviation.

One application of the delay KPI is to decide whether passengers are entitled to a refund, because their train was late. This would also apply to underground railway systems or busy commuter trains, thereby making it easier for the operator to respond to customer claims. Another use case involves the calculation of contractual KPIs, such as punctuality, to provide the operator with a complete overview of the purchased system and allow them to check whether the delays have been caused due to the delivered system or the effects of, for example, a fire incident. In addition, the system is also able to share this information with the affected passengers on an ongoing basis in order to provide an accurate picture of the situation (fig. 4 and 5).

7 Summary

The implementation of passenger flow modelling with the Mastria platform brings several benefits to underground railway system operators. Mastria focuses not only on post-event analysis, but also on predicting events and their effects, which can lead to significant improvements in operations before disruptions occur.



Bild 5: Detailliertes Dashboard für die Einhaltung der Zeitvorgaben für den Betrieb

Fig. 5: Detailed on time performance dashboard for the system

MUSTER

Erstattung haben. Dies wäre in diesem Fall auch für das U-Bahn-System oder hochfrequentierte Nahverkehrszüge anwendbar und ermöglicht dem Betreiber einen leichteren Umgang mit Kundenanfragen. Ein weiterer Anwendungsfall ist die Berechnung von vertraglichen KPI wie z.B. der Pünktlichkeit, um dem Betreiber einen vollständigen Überblick über das gekaufte System zu bieten und ihm zu ermöglichen, zu überprüfen, ob die Ursache von Verspätungen auf dem gelieferten System oder auf den Auswirkungen von z.B. einem Feuerwehreinsatz beruht. Zusätzlich ist das System in der Lage, diese Information laufend mit den betroffenen Fahrgästen zu teilen, um so ein genaues Bild der Lage zu liefern (Bild 4 und 5).

7 Zusammenfassung

Implementierung der Modellierung von Fahrgastströmen durch die Mastria-Plattform bringt den Betreibern von U-Bahn-Systemen verschiedene Vorteile. Mastria ist nicht nur auf die Analyse nach einem Ereignis ausgerichtet, sondern auch auf die Vorhersage von Ereignissen und deren Auswirkungen und kann somit zu erheblichen Verbesserungen im Betrieb führen, bevor Störungen auftreten. Das leistungsstarke und modulare System bietet dem Betreiber von Schienenverkehrssystemen die Möglichkeit, sich seine eigene Applikation zusammenzustellen, die an seine Bedürfnisse angepasst ist. Durch die Konzentration auf die Verbesserung des Fahrgaststroms, die Optimierung der Betriebseffizienz und die Gestaltung der Zukunft des öffentlichen Verkehrs bietet Alstom eine Lösung, KI in die Leitstelle von morgen zu integrieren. ■

The powerful and modular Mastria platform allows rail operators to build their own applications that are tailored to their needs. By focusing on improving passenger flows, optimising operating efficiency and shaping the future of public transport, Alstom is offering a low-threshold solution that integrates AI into the control centre of tomorrow. ■

AUTOREN | AUTHORS

Jan Philipp Rauprich
System Designer
Alstom Transportation Deutschland GmbH
Anschrift / Address: Ernst Reuter-Platz 6, D-10587 Berlin
E-Mail: jan-philipp.rauprich@alstomgroup.com

David Moszkowicz
Mobility Orchestration & Passenger Flow Solution Sales Manager
Alstomgroup
Anschrift / Address: Calle De Martínez Villergas, 49, ES-28027 Madrid
E-Mail: david.moszkowicz@alstomgroup.com

Technische und wirtschaftliche Fachinformationen für Bahn-Professionals

JETZT INFORMIEREN!

Eurail press



Eurail press

Archiv

www.eurailpress.de

Effiziente Nutzung von Digitalisierung für konventionelle Stellwerkstechnologie

The efficient use of digitisation in conventional interlocking technology

Markus Weigensam | Aymeric Hollaus | Martin Lampel | Peter Tummeltshammer

Elektronische Stellwerke der aktuellen Generation bieten eingeschränkte Möglichkeiten zur Diagnose. Durch den Einsatz von Big Data können vorhandene Daten intelligent aufbereitet und für eine effiziente Visualisierung und vorausschauende Wartung verwendet werden. Eine Implementierung derartiger Konzepte wurde im Rahmen eines Innovationsprojekts erfolgreich demonstriert und umgesetzt. Zusätzlich kann durch digitalisierte Testautomatisierung die Effizienz von Entwicklungs- und Roll-out-Projekten signifikant gesteigert werden. Auch hier bieten sorgfältig aufbereitete Felddaten und der Einsatz von digitalen Zwillingen einen entscheidenden Mehrwert.

1 Einführung und Motivation

Die Sicherstellung höchster betrieblicher Verfügbarkeit der Bahninfrastruktur ist unerlässlich, um den stetig wachsenden Anforderungen an die Effizienz und Zuverlässigkeit des Bahnverkehrs gerecht zu werden. Störungen oder Ausfälle können nicht nur zu erheblichen Einschränkungen, sondern auch zu Verzögerungen im gesamten Betriebsablauf führen.

Eine Möglichkeit, um dieser Herausforderung gerecht zu werden, bietet die vorausschauende Wartung. Sie ermöglicht es, auf Basis existierender historischer Daten, Voraussagen über die Lebensdauer aktuell eingesetzter Komponenten zu treffen und Abweichungen vom Normalzustand frühzeitig zu erkennen.

Für umfassende Langzeitanalysen ist eine solide Datenbasis unerlässlich. Im Bahnbereich, in dem sicherheitskritische Systeme eine lange Lebensdauer haben, sind gleichzeitig mehrere Versionen und Ausprägungen einzelner Komponenten im aktiven Feldbetrieb im Einsatz. Um aussagekräftige Auswertungen zu ermöglichen, muss die Datenbasis alle verfügbaren Informationen sämtlicher Infrastrukturelemente umfassen. Dazu zählen sowohl Software- als auch Hardwarekomponenten. Der heterogene Gehalt an Informationen im Bestand elektronischer Stellwerke macht eine einheitliche Diagnoselösung deutlich anspruchsvoller. Daher sind zusätzliche Schritte bei der Sammlung und Bereinigung der Daten erforderlich, um das Potenzial digitaler Analysemethoden auch bei konventionellen Technologien ausschöpfen zu können.

Systemtests spielen eine essenzielle Rolle bei der Bereitstellung höchster Verfügbarkeit von Bahntechnologie. Im Design neuer digitaler Stellwerkstechnologien wird eine höchst effiziente Testumgebung bereits mitgedacht. Doch auch für bestehende elektronische Stellwerke können Teile dieser effizienten Testlösung zum Einsatz kommen. Durch Virtualisierung existierender Testabläufe und durch die Erstellung digitaler Zwillinge für vorhandene Hardware können zahlreiche virtuelle Testumgebungen bereitgestellt und dadurch

The current generation of electronic interlockings offers limited diagnostic options. The use of big data enables existing data to be processed intelligently and visualised effectively for predictive maintenance. These concepts have been successfully demonstrated and implemented during an innovation project. In addition, digitised test automation can also significantly increase the efficiency of any development and roll-out projects. Carefully prepared field data and the use of digital twins can likewise add decisive value in this area.

1 Introduction and motivation

The constantly growing demands on efficiency and reliability in rail transport can only be achieved if we ensure the maximum operational availability of the railway infrastructure. Malfunctions and failures can cause significant restrictions, as well as delays in the operating process as a whole.

Predictive maintenance is one way of meeting this challenge. It uses historical data for predictions about the service life of the components that are currently in use to identify any deviations from the normal state early on.

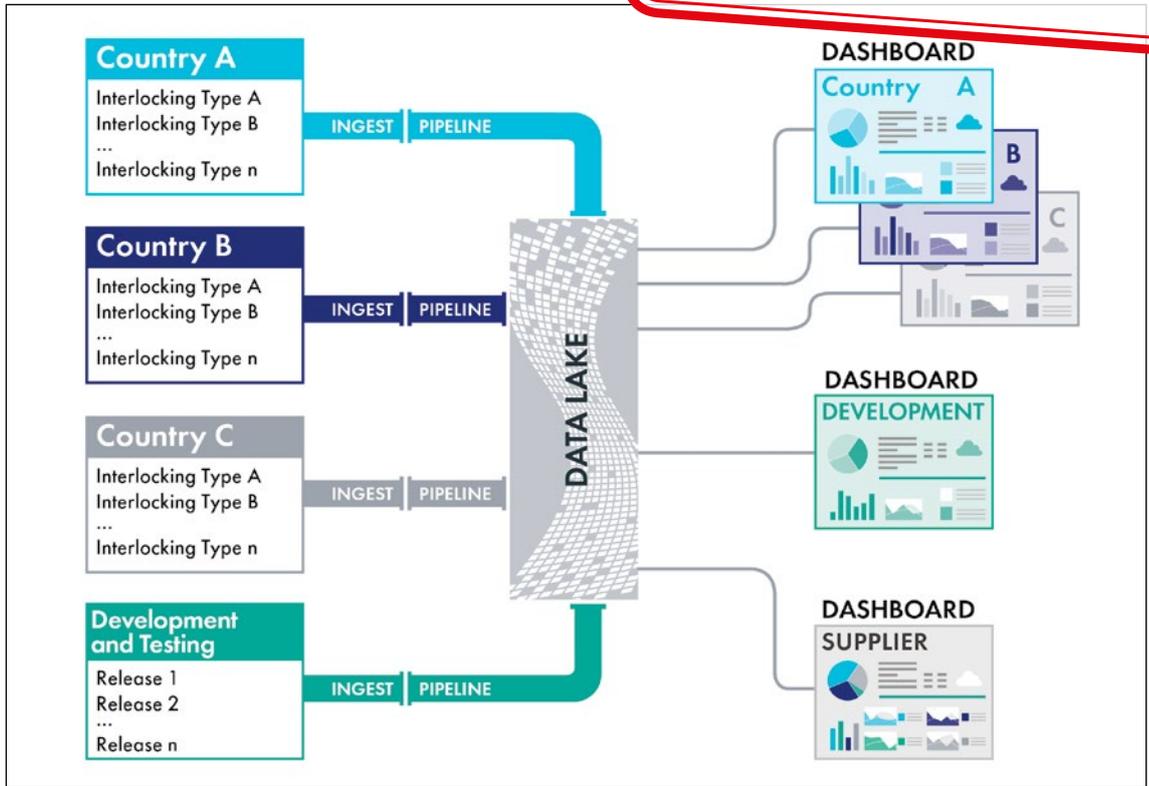
A reliable data basis is essential for any comprehensive long-term analyses. Several versions and variants of the individual components are used simultaneously in active field operations in the railway sector, where safety-critical systems have long service lives. In order to enable meaningful analyses, the data basis must therefore include all the available information on all the infrastructure components. This includes both the software and hardware components. The heterogeneous content of the information relating to electronic interlockings makes a standardised diagnostic solution all the more challenging. This means that additional steps are required when collecting and preparing the data so that the potential of the digital analyses can be fully exhausted, even with conventional technologies.

System tests play a key role in ensuring the maximum availability of railway technology. A highly efficient test environment is already part and parcel of any newly designed digital interlockings. However, some of these efficient test solutions can also be used for older electronic interlockings. By virtualising the existing test procedures and creating digital twins for existing hardware, it becomes possible to provide several virtual test environments to reduce any bottlenecks in personnel and space resources. Field data forms the basis of realistic test runs, which are particularly suitable for long-term tests. The different log data from conventional types of interlockings can thus be used for modern digital applications as a result of optimised data collection and preparation. The data is prepared in an ingest



**Bild 1: Überblick
Aufbereitung
unterschiedlicher
Diagnosedaten für
digitale
automatisierte
Anwendungen**

Fig. 1: An overview –
The preparation of different diagnostic data
for automated digital
applications



Engpässe bei Personal- und Platzressourcen reduziert werden. Bestehende Felddaten schaffen dabei die Grundlage für realitätsnahe Testläufe, welche besonders gut für Langezeittests einsetzbar sind. Die unterschiedlichen Logdaten konventioneller Stellwerkstypen können somit durch eine optimierte Sammlung und Bereinigung der Daten für moderne digitale Anwendungen genutzt werden. Bevor sie in einem gemeinsamen Datenspeicher (Data Lake) zur weiteren Verwendung gebündelt werden, werden sie in einer Ingest Pipeline entsprechend aufbereitet. Bild 1 zeigt eine grobe Darstellung der Datenwege, welche in den nachfolgenden Kapiteln näher beschrieben werden.

2 Automatisierte Datendiagnose über Produktversionen hinweg

Die erste Generation des elektronischen Stellwerks von Thales ging in Österreich vor mehr als 30 Jahren in Betrieb. Seitdem generieren von diesem Stellwerkstyp rund 350 Stellwerke in vier Ländern laufend Diagnosedaten im Feldbetrieb. Bedingt durch die kontinuierliche technologische Weiterentwicklung des Stellwerks hat sich im Laufe der Zeit der Diagnose-Output verändert [1]. Zusätzlich wird die Darstellung der Daten von unterschiedlichen Betriebsvorschriften und Sprachen beeinflusst. Diese Randbedingungen ergeben eine heterogene Datenbasis, die eine einheitliche und automatisierte Verarbeitung der Diagnosedaten erschwert.

Folgender Ansatz kann dabei helfen, die Diagnosedaten konventioneller Stellwerkstypen für eine automatische Verarbeitung aufzubereiten:

1. Die gesamte Datenmenge wird in einzelne Diagnoseinformationen aufgeschlüsselt und entsprechend ihrem Format (Syntax) sortiert. Dabei kann vorab festgelegt werden, welche Formatkriterien erfüllt werden müssen, um in die weitere Diagnosepipeline zu gelangen.
2. Die sortierten Diagnoseinformationen werden in ein versionsunabhängiges Format zur Vereinheitlichung der Daten überführt.

pipeline before being bundled into a shared data lake for further use. Fig. 1 shows a rough representation of the data paths, which are described in more detail in the following chapters.

2 Automated data diagnostics across product versions

The first generation of Thales electronic interlocking systems started operations in Austria more than 30 years ago. Since then, around 350 interlockings in four countries have been continuously generating diagnostic data during field operations. Since interlockings are continuously being further developed, their diagnostic output has changed over time [1]. In addition, the different operating regulations and languages influence how the data is presented. These conditions create a heterogeneous data basis that makes it difficult to standardise and automate the diagnostic data processing.

The following approach can help prepare the diagnostic data from conventional interlocking types for automatic processing:

1. The entire data volume is broken down into individual diagnostic fragments and sorted by format (syntax). The criteria governing the format prior to the data being permitted to enter the diagnostic pipeline can be defined in advance.
2. sorted diagnostic fragments are then transferred into a version-independent format to standardise the data.
3. Additional data sources, such as databases for geolocalisation or asset management, can then be used to add to the diagnostic data's information content.
4. Finally, this standardised, supplemented diagnostic data is then fed into the so-called data lake. The data lake contains all the original raw data, but in an organised, standardised format that is required for further digital automated use.

The multi-stage process chain shown in fig. 2 enables the flexible handling of any changes in the raw data from various pieces of diagnostic information. This flexibility is needed to map the develop-

MUSTER

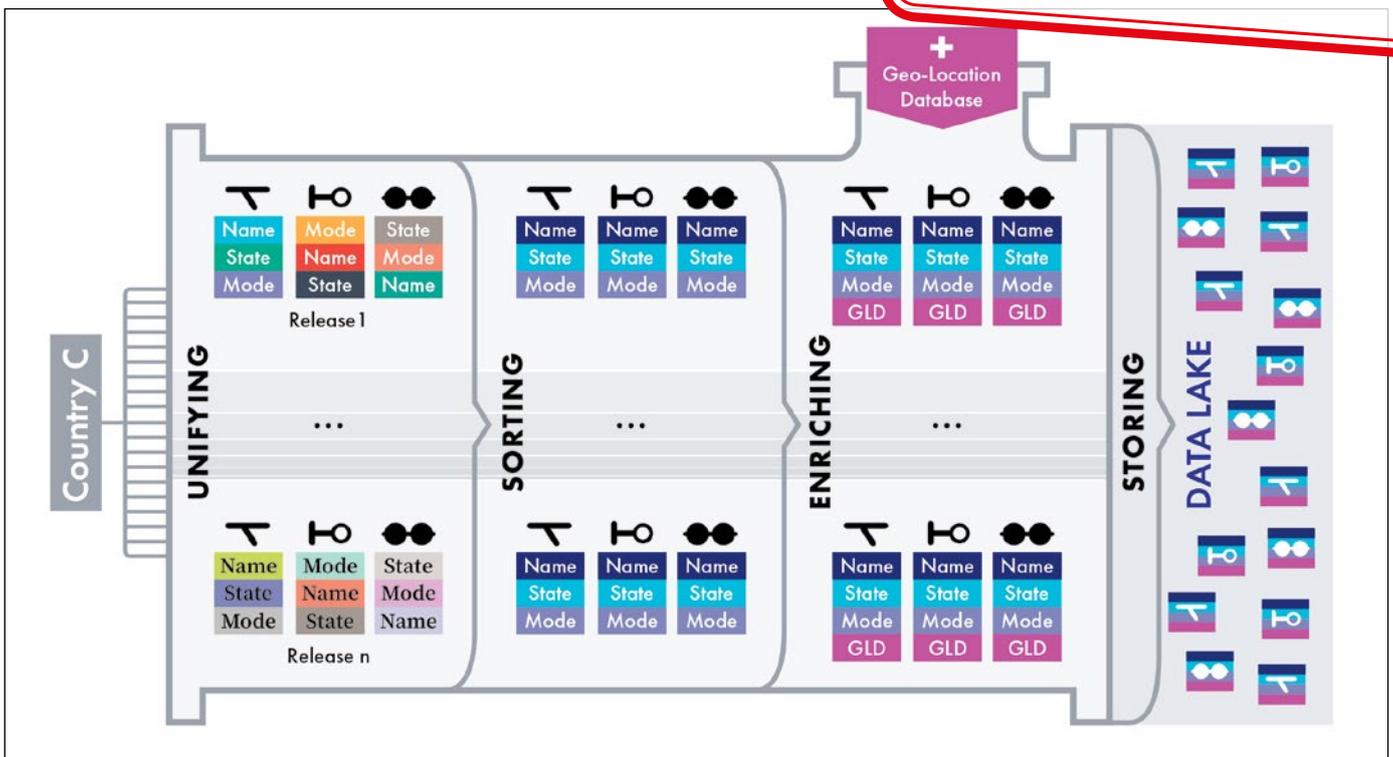


Bild 2: Ingest Pipeline Ablauf

Fig. 2: The ingest pipeline process

3. Basierend auf zusätzlichen Datenquellen, wie z.B. Datenbanken für Geolokalisierung oder Asset Management, wird der Informationsgehalt der Diagnosedaten weiter angereichert.
4. Abschließend werden diese normalisierten und angereicherten Diagnosedaten in einen sogenannten Data Lake eingeleitet. In diesem Data Lake befinden sich die ursprünglichen Rohdaten, aber in einer geordneten einheitlichen Weise, die für weitere digitale automatisierte Anwendungen notwendig ist.

Durch diese mehrstufige Prozesskette, wie auch in Bild 2 schematisch dargestellt, kann flexibel mit Änderungen in den Rohdaten von verschiedenen Diagnoseinformationen umgegangen werden. Diese Flexibilität ist erforderlich, um die Entwicklung der elektronischen Stellwerke über die lange Laufzeit von typischerweise mehr als 25 Jahren auch in der Analyse von Diagnosedaten abbilden zu können. Im zweiten Schritt, bei der Vereinheitlichung der Daten, hat sich eine Art Übersetzungstabelle als nützlich erwiesen, mit der die Informationen aus den unterschiedlichen Ländern und von verschiedenen Software- und Hardwareversionen in das normalisierte Datenformat übersetzt werden. Diese Tabelle kann um beliebige Technologieversionen und Einsatzgebiete erweitert werden.

Aufgrund der Vielzahl an Daten braucht es ein geeignetes Konzept zur Speicherung der Daten, sowohl bezüglich des Datenvolumens als auch der Art, wie die Daten in den Data Lake übertragen werden. Der notwendige Speicherplatz für Daten aus mehreren Ländern, über mehrere Jahre hinweg, kann schnell mehrere Terrabyte erreichen. Daher ist es wichtig, frühzeitig Ziele festzulegen, die am Ende der Datenanalyse erreicht werden sollen. Dementsprechend kann entschieden werden, welche Daten über welchen Zeitraum hinweg in welcher Geschwindigkeit durchsuchbar sein müssen. Dieses Anforderungsprofil ist essenziell, um die Verfügbarkeit der notwendigen Daten und eine hohe Geschwindigkeit bei Datensuchabfragen so effizient wie möglich für die Nutzer der Anwendungen gewährleisten zu können.

ment of the electronic interlockings over their long service lives of typically more than 25 years, as well as for the diagnostic data analysis.

The second step towards standardising the data involves a translation table that is used to translate the information from different countries and different software and hardware versions into a standardised data format. This table can be extended to include any technology versions and areas of application.

The vast amounts of data involved mean that this requires a data storage concept, both in terms of the data volume and the way in which the data is transferred to the data lake. The storage space required for data from several countries over several years can quickly reach several terabytes. It is therefore important to set the goals that are to be achieved at the end of the data analysis early on. This can be used to decide which data must be searchable over what period of time and at what speed. This requirement profile is essential in order to guarantee the availability of the necessary data and to ensure that the application users can carry out high-speed data searches as efficiently as possible.

The final step involves the clear visualisation of the data to provide users with a quick overview of the desired results. The underlying data model must be sufficiently flexible so that it can be adapted to future developments in the technology and to any changes in the objectives. This enables railway operators to customise their searches in the extensive interlocking data lake to their operational needs.

3 A use case example

The ILONA (Improved Log Analysis Environment) innovation project has been launched at Thales in Austria to test the applicability of these theoretical considerations. The aim of the project is to collect existing interlocking data and prepare it for clear visualisation using the approach presented above. Modern technologies



In einem abschließenden Schritt erfolgt eine klare Darstellung der Daten, um Anwendern einen raschen Überblick über die gewünschten Ergebnisse zu ermöglichen. Das dahinterliegende Datenmodell muss dabei flexibel genug gestaltet sein, um auch für zukünftige Technologiesprünge und Anpassungen in der Zielsetzung gerüstet zu sein. Dies ermöglicht Bahnbetreibern, ihre Suche im umfangreichen Meer an Stellwerksdaten an ihre betrieblichen Bedürfnisse anzupassen.

3 Exemplarischer Anwendungsfall

Um diese theoretischen Überlegungen auch auf ihre Praxistauglichkeit zu überprüfen, wurde bei Thales in Österreich das Innovationsprojekt ILONA (Improved Log Analysis Environment) gestartet. Das Projekt verfolgt das Ziel, bestehende Stellwerksdaten zu sammeln und mittels des oben vorgestellten Ansatzes für eine übersichtliche Visualisierung aufzubereiten. Unter Einsatz moderner Technologien wie Elasticsearch, Logstash und Kibana (ELK-Stack) werden in einer firmeninternen Cloud-Umgebung Anwendungen basierend auf Big Data entwickelt und optimiert, um in weiterer Folge Bahnbetreibern die Möglichkeit zu bieten, größtmöglichen Nutzen aus den bereits existierenden Felddaten zu erhalten.

Als erster Anwendungsfall wurde der Speicherverbrauch im hausinternen Labor und im Feldbetrieb analysiert. Dabei wird pro Stellwerk der noch verfügbare Arbeitsspeicher (RAM) per Recheneinheit analysiert. Typischerweise sollte der RAM-Verbrauch von der Laufzeit unabhängig

such as Elasticsearch, Logstash und Kibana (ELK-Stack) have been utilised to develop the applications based on big data. These are then optimised in a company-internal cloud environment in order to subsequently offer railway operators the opportunity to obtain the greatest possible benefit from the existing field data.

The required memory was analysed in the in-house laboratory and in field operations as a first use case. The available working memory (RAM) was analysed for each interlocking per computing unit. Typically, RAM consumption should be independent of the runtime, which means that no further RAM is allocated once the interlocking application has been launched. If this is the case, however, the respective computing node automatically restarts once a defined limit value has been reached. This measure ensures that the safe SIL4 application never enters an undefined state.

Memory utilisation is influenced by the used hardware, the version of the application software and the configuration, which makes it difficult to comprehensively analyse memory consumption across multiple application versions. Data standardisation reduces these influencing factors, thereby enabling a reliable comparison of the data over the entire product service life of 25 years and beyond. Fig. 3 shows a first draft of the dashboard. The left-hand side of the fig. shows an application restart after an update. It was possible to optimise the memory utilisation in this case. The application memory requirement increases further to the right, because a more complex configuration has been loaded.

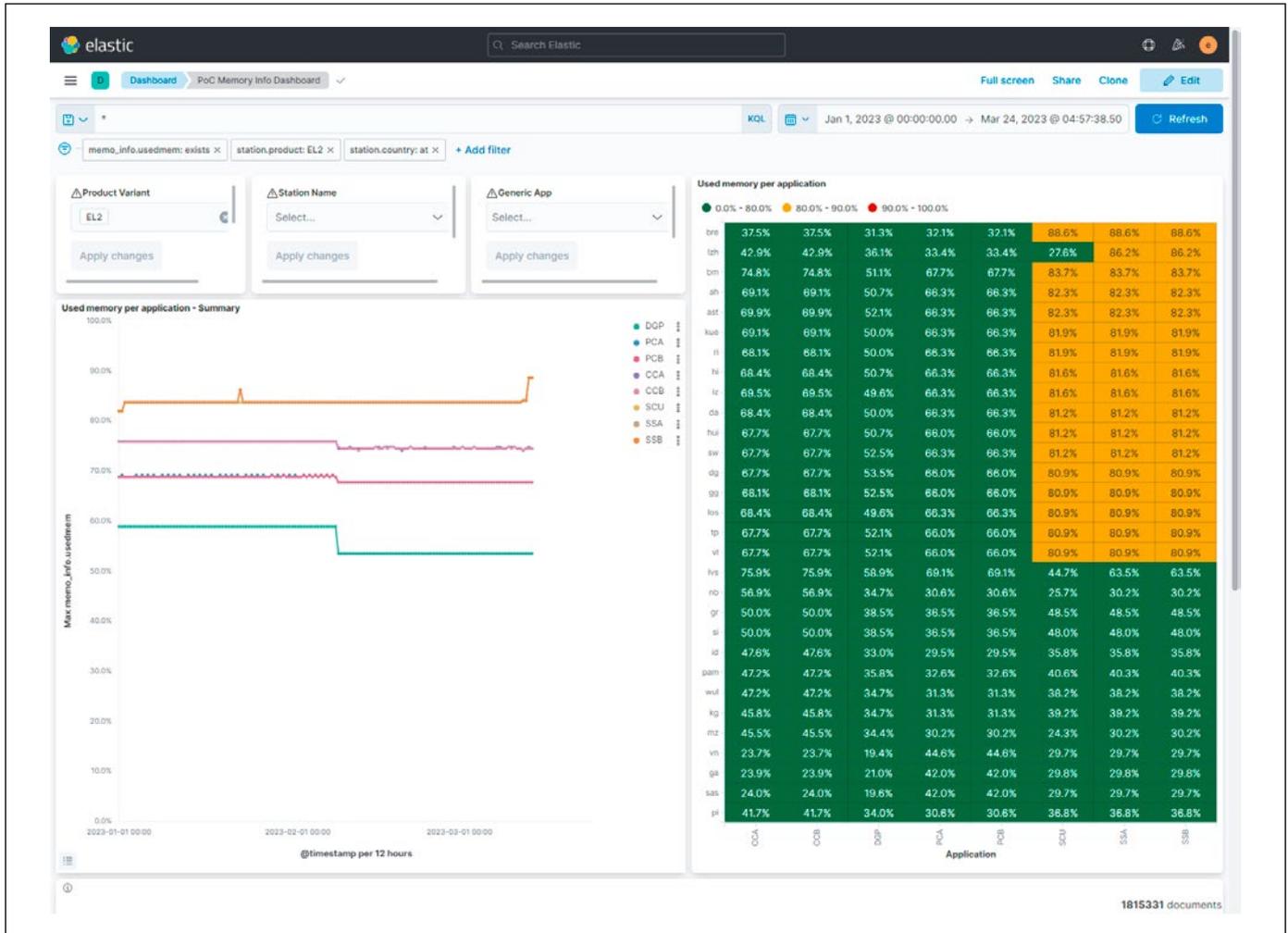


Bild 3: Exemplarisches Dashboard zum Speicherverbrauch eines elektronischen Stellwerks über einen Zeitraum von drei Monaten
 Fig. 3: An example of the dashboard for the memory consumption of an electronic interlocking over a period of three months

sein, was bedeutet, dass nach Start der Stellwerksapplikation kein weiterer Arbeitsspeicher allokiert wird. Ist dies dennoch der Fall, wird bei Erreichen eines definierten Grenzwerts die jeweilige Computing Node automatisch neu gestartet. Diese Maßnahme stellt sicher, dass die sichere SIL4-Applikation nie in einen undefinierten Zustand gerät.

Die Speicherauslastung wird durch die genutzte Hardware, die Version der Applikationssoftware und die Projektierung beeinflusst, was eine umfassende Analyse des Speicherverbrauchs über mehrere Applikationsversionen hinweg erschwert. Eine Normalisierung der Daten reduziert diese Einflussfaktoren und ermöglicht dadurch einen zuverlässigen Vergleich der Daten über die gesamte Produktlebensdauer von über 25 Jahren und darüber hinaus. Ein erster Entwurf eines solchen Dashboards ist in Bild 3 dargestellt. Im linken Bereich des Bildes ist der Neustart der Applikation nach einem Update ersichtlich, da hier die Speicherauslastung optimiert werden konnte. Weiter rechts steigt der Speicherbedarf einer Applikation an, da eine komplexere Projektierung geladen wurde.

Ein weiteres mögliches Einsatzgebiet dieser automatisierten Datenanalyse ist die Auswertung der Verfügbarkeit bzw. die Abschätzung der zu erwartenden Restlebensdauer von elektronischen Komponenten. Typischerweise beeinflussen Umgebungsvariablen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und mechanischer Stress die Lebensdauer technischer Elemente maßgeblich. Basierend auf Belastungsintegralen, wie z. B. der Laufzeit multipliziert mit der Umgebungstemperatur, und der durchschnittlichen Betriebszeit zwischen zwei Ausfällen kann pro Komponente eine Restlebensdauer abgeschätzt werden. In weiterer Folge können diese Schätzungen laufend mit den tatsächlich auftretenden Defekten im Feld abgeglichen werden. Dadurch kann mittels kontinuierlicher Feedbackschleife die Schätzung optimiert werden.

In Bild 4 ist der bisherige Stresspegel in Bezug auf die Temperatur über die jeweiligen Feldelemente aufgetragen. Die drei Elemente ganz links zeigen dabei einen merklich höheren Stresslevel als vergleichbare Elemente, was bei zukünftigen Wartungsarbeiten berücksichtigt werden kann.

Beide genannten Beispiele setzen auf eine ausreichend große Datenbasis, um statistisch aussagekräftige Ergebnisse für weiterführende Maßnahmen zu liefern. Die erforderliche Datenmenge ist bereits durch die aktuelle Anzahl konventioneller Stellwerksinstallationen im Feld verfügbar (Bild 5). Durch den vorgestellten Ansatz zur Datennormalisierung und -aufbereitung kann sie auch effektiv genutzt werden.

Ein weiterer Vorteil, welcher sich in diesem Innovationsprojekt gezeigt hat, war der Einfluss auf das Design zukünftiger Produkte. Beispielsweise ist heute eine eindeutige Identifikation von elektronischen Komponenten via elektronischem Typenschild Standard. Diese ID ermöglicht eine lückenlose Nachverfolgung beginnend in der Fertigung bis hin zur Entsorgung durch eine eindeutige Kennung in den Logdaten dieser Komponenten.

Die Analyse vergangener Trends und Muster bietet nicht nur Einblicke in das Verhalten der Stellwerke und Außenelemente, sondern eröffnet auch die Möglichkeit, potenzielle Mängel frühzeitig zu erkennen. Beispielsweise kann die Performance verschiedener operativer Baselines miteinander verglichen werden, um aktuelle sowie auch künftige Systeme zu optimieren. Dabei wird stets das übergeordnete Ziel verfolgt, eine Maximierung der betrieblichen Verfügbarkeit von Infrastrukturelementen zu erreichen.

4 Virtualisierung im Testbetrieb

Die Auswertung großer Mengen an Daten ist ohne Zweifel ein wichtiges Werkzeug, welches nicht nur maßgeblich zur Qualitätssicherung beiträgt, sondern im nächsten Schritt auch zu einer weiteren



Handbuch Bremstechnik von Eisenbahnfahrzeugen

Theorie – Konstruktion – Betriebseinsatz

Das **neue Referenzwerk** für die Bremstechnik stellt neue **gesetzliche Regelwerke** vor, die in den letzten Jahren zur **Herstellung der Interoperabilität im europäischen Eisenbahnverkehr** entstanden sind. Dabei werden die an die Bremskomponenten gestellten Anforderungen erläutert.



NEUERSCHEINUNG

1. Auflage Dez. 2023,
Hrsg. Dieter Jaenichen,
320 Seiten, Hardcover,
ISBN 978-3-96245-259-9,
Print mit E-Book Inside € 89,-
[www.trackomedia.com/
bremstechnik](http://www.trackomedia.com/bremstechnik)

MIT
E-BOOK
INSIDE

Mehr Infos und Bestellung:
www.trackomedia.com



Neuerscheinung
Februar 2024!

Die Zukunft der Mobilität –
Digitale Schiene Deutschland
Print € 29,-*
[www.trackomedia.com/
digischiene](http://www.trackomedia.com/digischiene)



NEUAUFLAGE

Kommentar zur
Eisenbahn-Bau- und
Betriebsordnung
(EBO)
7. Auflage 2023
Print mit E-Book Inside € 98,-*
[www.trackomedia.com/
ebokommentar](http://www.trackomedia.com/ebokommentar)

MIT
E-BOOK
INSIDE

* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand

BESTELLUNGEN:
Tel.: +49 7953 718-9092
Fax: +49 40 228679-503
E-Mail: office@trackomedia.com
Online: www.trackomedia.com

PER POST:
GRT Global Rail Academy and
Media GmbH / Trackomedia
Kundenservice
D-74590 Blaifelden

Unser



Bild 4: Thermaler Stress über die Laufzeit der Komponenten im Feld

Fig. 4: The thermal stress over the runtime of the components in field operations

Verbesserung der Qualität von langlebigen und komplexen Produkten im Bahnumfeld beitragen wird.

Die Qualitätssicherung an sich ist ein wichtiger Aspekt bei der Herstellung von Systemen für die Eisenbahnsicherungstechnik. Auch ohne die zusätzliche Auswertung von Diagnosedaten erfüllen diese Produkte selbstverständlich bereits einen sehr hohen Qualitätsstandard. Dieser wird unter anderem durch intensives Testen der eingesetzten Software erreicht. Bereits bei einer kleinen Änderung oder Erweiterung von Funktionen werden hunderte von Testfällen ausgeführt. Dabei liegt der Fokus nicht nur auf der korrekten Umsetzung der Anpassungen in der Software. Als einen weiteren wichtigen Aspekt der Tests gilt es auch die Rückwirkungsfreiheit auf bestehende Funktionalitäten zu verifizieren. Tatsächlich bestehen die meisten Testkampagnen in etwa zu 80 % aus Regressionstests, also Tests, deren Zweck die Prüfung auf Rückwirkungsfreiheit ist. Im Durchschnitt werden nur 20 % der Tests verwendet, um wirklich direkt die neuesten Änderungen zu testen.

Zur schnellen und effizienten Ausführung der Vielzahl an notwendigen Tests werden entsprechend viele Testsysteme benötigt. Testanlagen für elektronische Stellwerke sind jedoch nicht nur sehr teuer in der Anschaffung, sondern benötigen viel Platz und Energie mit entsprechend laufenden Kosten, was auch die Instandhaltung kostspielig macht.

Die Lösung für diese Problematik findet sich im Design für das digitale Stellwerk [2]. Auch die Prüfung von elektronischen Stellwerken kann von neuen Strategien und Technologien profitieren, welche in erster Linie für die Digitalisierung der Stellwerkstechnik angewendet werden. Anstatt vieler teurer Industrierechner kommen zentralisierte Server zum Einsatz, auf welchen die einzelnen Rechner als virtuelle Maschinen ausgeführt werden. Somit ist es möglich, viele virtualisierte Testsysteme in einer Cloud zu betreiben, quasi digitale Zwillinge der elektronischen Stellwerke.

Durch den Einsatz von Virtualisierung [3] entsteht die Möglichkeit, schnell und flexibel eine große Anzahl von Testsystemen der ver-

Another potential area of application where automated data analysis may prove useful lies in the evaluation of availability, i.e. estimating the expected remaining service life of electronic components. Typically, environmental variables such as temperature, humidity and mechanical stress significantly influence the service life of technical components. The remaining service life can be estimated for each component based on the load integrals, such as the runtime multiplied by the ambient temperature and the average operating time between two failures. These estimates can then be continuously compared with the defects that actually occur in the field operations. This allows the estimate to be optimised by means of a continuous feedback loop.

Fig. 4 shows the previous stress level in relation to the temperature over the respective field components. The three components on the far left show a considerably higher stress level than comparable components, which can be taken into account for future maintenance work.

Both of these examples rely on a sufficiently large data basis to provide statistically meaningful findings for further measures. The required amount of data is already available due to the current number of conventional interlocking installations in the field (fig. 5). It can also be used effectively thanks to the presented approach to data normalisation and processing.

Another advantage that this innovation project has revealed involves the influence on the design of future products. To give an example, the unique identification of electronic components via an electronic type plate is now standard. This ID enables seamless traceability from production through to disposal by means of a unique identifier in the components' log data.

The analysis of past trends and patterns not only provides insights into the behaviour of the interlockings and external components, but also opens up the possibility of identifying any potential de-

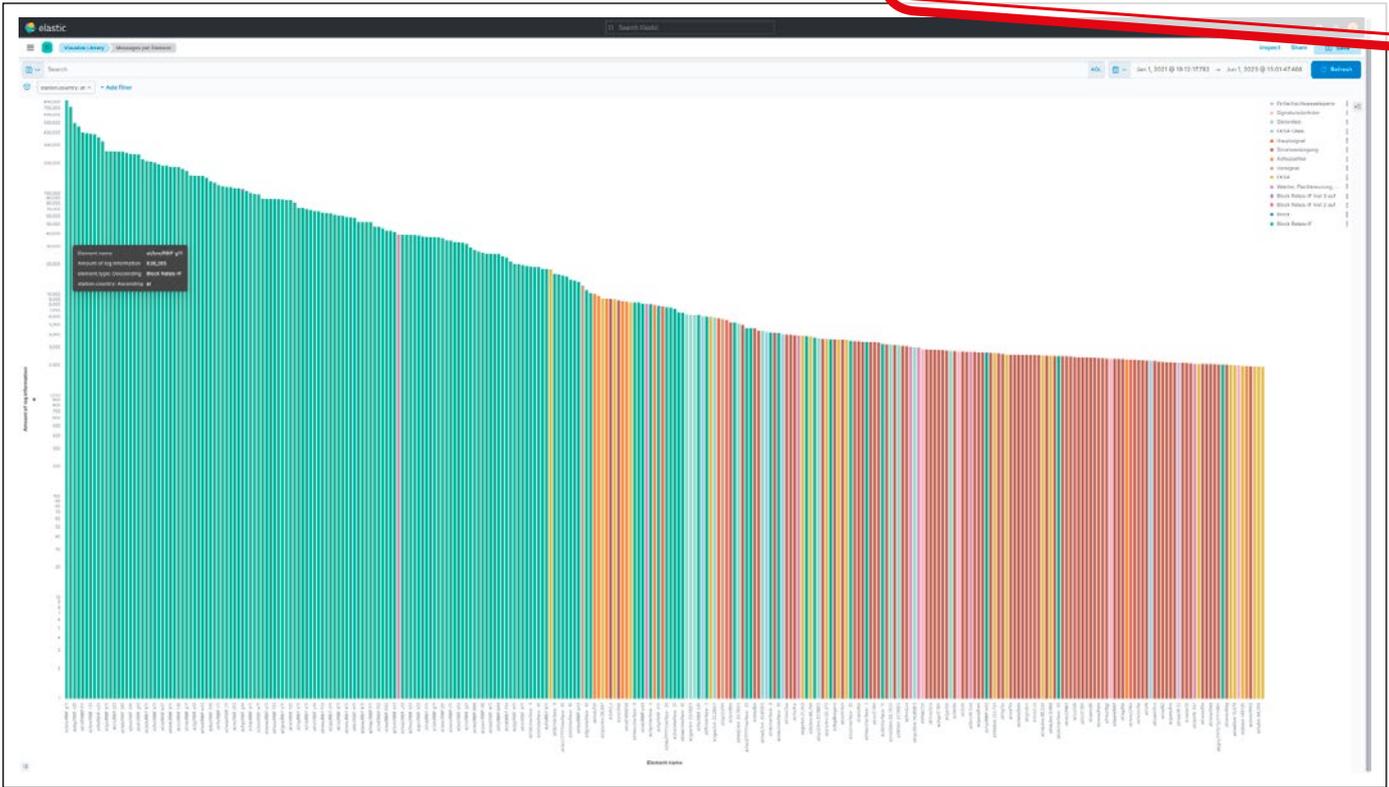


Bild 5: Verteilung der Logdaten pro Element
 Fig. 5: The distribution of log data per component

schiedensten Art aufzubauen und diese später bei Bedarf auch einfach umzurüsten. Dadurch vervielfältigt sich nicht nur die Anzahl der verfügbaren Testanlagen, sondern die Server benötigen auch weit weniger Platz als die Rechnerschränke eines elektronischen Stellwerks. Darüber hinaus verbraucht ein virtualisiertes Stellwerk nur einen Bruchteil der Energie, welche für die Industrierechner eines Realsystems benötigt wird. Somit stehen durch die Anwendung der Virtualisierung anstatt von nur 50 Realsystemen zusätzlich über 500 virtualisierte Systeme zur Verfügung.

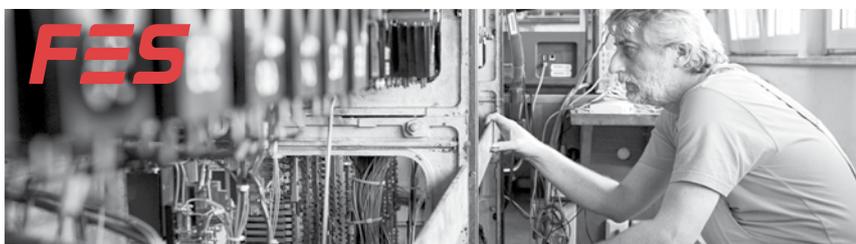
Da sich die Anzahl an geschultem Personal für die Durchführung der Tests nicht so einfach vervielfältigen lässt, wird noch ein weiteres Werkzeug benötigt, um das volle Potenzial der Virtualisierung entsprechend nutzen zu können. Daher ist eine weitere Schlüsselkomponente, um die vielen zusätzlichen Testsysteme auch sinnvoll zum Einsatz zu bringen, die Automatisierung von Tests. Neben der Auswertung von gewaltigen Mengen an Diagnosedaten benötigt es daher auch Tools, um Aktionen auf den Testsystemen auszuführen. Zum einen muss das Tool die grafische Oberfläche des Stellwerks bedienen, so wie es im operativen Feldbetrieb ein Fahrdienstleiter machen würde. Darüber hinaus kann das Tool auch Stöorzustände so-

fects at an early stage. For example, the performance of different operational baselines can be compared in order to optimise the current and future systems. The prime objective should always be to maximise the operational availability of the infrastructure components.

4 Virtualisation in test operations

Analysing large volumes of data is undoubtedly an important tool that not only makes a significant contribution to quality assurance, but as a next step will also help further improve the quality of any durable and complex products in the railway environment.

Quality assurance in itself is important in the development of systems for railway signalling technology. Even without the additional evaluation of the diagnostic data, these products already meet a very high quality standard. This is achieved, for example, by intensively testing the deployed software. Hundreds of test cases are executed even for minor changes or an extension of the features. The focus is not only on correctly implementing any software customisations. It is equally important to ensure that there are no repercussions for the



**SIGNALANLAGENBAU
 WEICHEN
 TUZ-SYSTEME
 ELEKTROENERGIEANLAGEN**

www.fes-bahntechnik.de

MUSTER

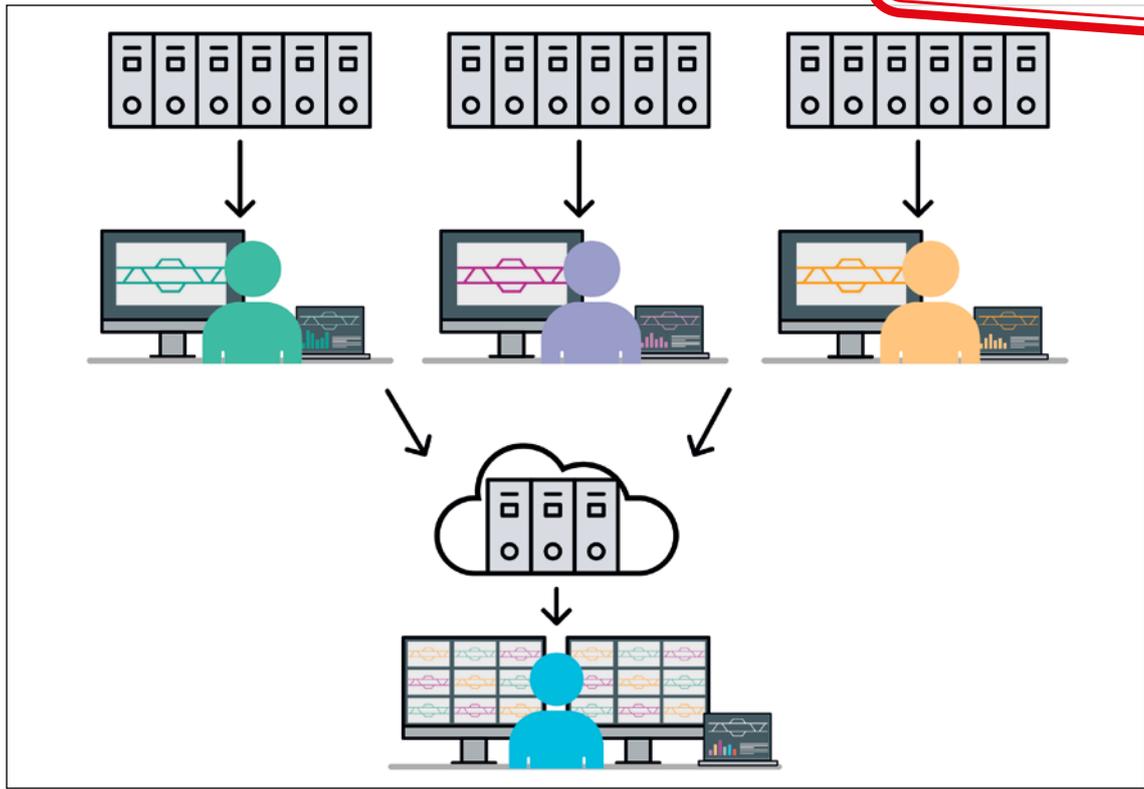


Bild 6: Maximierte Anzahl an Testfällen pro Tester und Reduktion der Testhardware durch Testautomatisierung und Virtualisierung
 Fig. 6: The maximised number of test cases per tester and the reduction of test hardware through test automation and virtualisation

wie das Fehlverhalten von Feldelementen wie Weichen oder Signalen simulieren. Im nächsten Schritt kann das Tool nicht nur Aktionen ausführen, sondern auch prüfen, ob die erwartete Reaktion eingetreten ist, also z. B. ob sich bei einem gestörten Signal auch tatsächlich keine Fahrstraße stellen lässt. Durch die Verwendung eines Testautomatisierungstools kann somit ein einzelner Tester nicht nur ein Testsystem bedienen, sondern Testpakete auf bis zu 20 Systemen gleichzeitig automatisiert ausführen, wie in Bild 6 exemplarisch dargestellt ist.

Die Virtualisierung in Kombination mit der Testautomatisierung ermöglicht letztendlich eine völlig neue Strategie zur Durchführung von Testkampagnen. Während Tests für geänderte oder erweiterte Funktionalitäten weiterhin manuell auf Realsystemen ausgeführt werden, können Tester parallel dazu die Regressionstests vom Testautomatisierungstool auf virtualisierten Testsystemen durchführen lassen. Im nächsten Schritt können die neuen Tests für alle weiteren Testkampagnen automatisiert werden. Mit diesem Ansatz können Testkampagnen in Zukunft bedeutend schneller und effizienter umgesetzt werden.

5 Schlussfolgerung und Ausblick

Die Integration von Big Data in die konventionelle Stellwerkstechnik markiert einen bedeutenden Fortschritt in der Effizienz und Leistungsfähigkeit dieses langjährigen Systems. Durch die Nutzung moderner digitaler Technologien eröffnen sich neue Horizonte für die Analyse und Verwertung von Diagnosedaten.

Die Fähigkeit, umfassende Datenmengen effizient zu sammeln, zu bereinigen und aufzubereiten, ermöglicht nicht nur eine präzisere Überwachung, sondern auch die Identifizierung von Mustern und Trends. Diese Erkenntnisse können wiederum dazu beitragen, die Wartung und den Betrieb von Stellwerken zu optimieren.

Die Verknüpfung konventioneller Stellwerkstechnik mit den Vorteilen moderner Analyse stellt somit einen evolutionären Schritt dar

existing functionalities. In fact, about 80 % of most test campaigns consist of regression tests, i.e. tests whose purpose is to check that there are no undesirable repercussions. On average, only 20 % of the tests are used to actually review the latest changes directly.

A correspondingly high number of test systems is needed to perform the high number of required tests quickly and efficiently. However, test systems for electronic interlockings are not only very expensive, but they also require a lot of space and energy. This in turn results in high running costs that also make maintenance expensive. It may be possible to solve this problem by focusing on digital interlocking design [2]. The testing of electronic interlockings can also benefit from new strategies and technologies that are primarily used to digitise interlocking technology. Instead of many expensive industrial computers, centralised servers are used to run the individual computers as virtual machines. This makes it possible to operate multiple virtualised test systems in a cloud as digital twins of the electronic interlockings.

The use of virtualisation [3] allows for a large number of different types of test systems to be set up quickly and flexibly and for them to be easily converted later on, should this prove necessary. This not only multiplies the number of available test systems, but the servers also require far less space than the computer cabinets of an electronic interlocking would do. In addition, a virtualised interlocking consumes only a fraction of the energy required for the industrial computers of a real-world system. The use of virtualisation means that instead of having 50 real systems, more than 500 virtualised systems are now possible.

Given that the number of trained personnel required to carry out the tests cannot easily be scaled up, a further tool is needed to exploit the full potential of virtualisation. As such, test automation is another key component for the best use of the many additional test systems. In addition to analysing huge volumes of diagnostic data, tools are therefore also needed to carry out actions on the test systems. On the one hand, the tool must operate the interlocking's graphical

und maximiert somit das Potenzial für eine effizientere Nutzung vorhandener Diagnosedaten. Die Erkenntnisse aus dem Innovationsprojekt ILONA bilden in weiterer Folge wesentliche Inputs für die Entwicklung des Thales Transport Assetmanagements. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Scheuer, M.; Sünder, C.: "Betrieb von Stellwerken über die Anlagenlaufzeit hinaus am Beispiel ELEKTRA ÖBB", SIGNAL+DRAHT 08/2020
- [2] Fuss, W.: "ELEKTRA 4.0 – Step by step into a digital future", SIGNAL+DRAHT 04/2021
- [3] Hametner, R. et al.: "Cloud-Architektur für SIL4-Eisenbahnanwendungen", SIGNAL+DRAHT 03/2022

AUTOREN | AUTHORS

Aymeric Hollaus, B.Sc.
Software Engineer
E-Mail: aymeric.hollaus@urbanandmainlines.com

Martin Lampel, M.Sc.
Product Manager
E-Mail: martin.lampel@urbanandmainlines.com

DI Dr. Peter Tummeltshammer
Research Coordinator
E-Mail: peter.tummeltshammer@urbanandmainlines.com

Markus Weigensam
Systems Engineer Test & Integration
E-Mail: markus.weigensam@urbanandmainlines.com

Alle Autoren / all authors:
Thales in Österreich / Thales in Austria
Anschrift / Address: Handelskai 92, A-1200 Wien

user interface in the same way as it would in field operations. Moreover, the tool can also simulate fault conditions and the incorrect behaviour of field components such as points or signals. In the next step, the tool can not only execute actions, but also check whether the expected reaction has occurred, for example whether a route can actually be set for a faulty signal. By using a test automation tool, a single tester can therefore not only operate one test system, but also automatically execute test packages on up to 20 systems simultaneously, as shown in fig. 6.

Virtualisation in combination with test automation ultimately enables a completely new strategy for the implementation of test campaigns. While tests for changed or extended functionalities continue to be carried out manually on real-world systems, testers can carry out the regression tests at the same time using the test automation tool on virtualised test systems. The new tests can then be automated for all the further test campaigns in the next step. Test campaigns can be implemented significantly faster and more efficiently in future when using this approach.

5 Conclusion and outlook

The integration of big data into conventional interlocking technology marks a significant advance in the efficiency and performance of this long-standing system. The use of modern digital technologies opens up new horizons for the analysis and utilisation of diagnostic data.

By being able to efficiently collect, prepare and process large amounts of data, these technologies not only enable more precise monitoring, but also help identify patterns and trends. These findings can in turn facilitate optimised maintenance and interlocking operations.

Linking conventional interlocking technology with the advantages of modern data analysis therefore represents an evolutionary step and maximises the potential for the more efficient use of existing diagnostic data. The findings from the ILONA innovation project will subsequently provide a key input for the development of Thales Transport Asset Management. ■

RAILWAY DIAGNOSTIC AND MONITORING CONFERENCE 2024

17. + 18. APRIL 2024
HOTEL MONDIAL AM DOM, KÖLN

KONTAKTE VOM FEINSTEN!
Nutzen Sie die **Railway Diagnostic and Monitoring Conference** wieder als Plattform und werden Sie Sponsor! Treten Sie mit den Experten direkt in Kontakt!

Sichern Sie sich das **attraktive Präsentationspaket** –
Deadline ist am **11.03.2024**.
Sprechen Sie mich an!

Kontakt: Silvia Sander
E-Mail: silvia.sander@dvvmedia.com
Telefon: +49/40/237 17 – 171

Digitale Bestandserfassung von Eisenbahninfrastruktur – Herausforderungen in der LST

Digital track capture in railway infrastructure – challenges in control and signalling technology

Christoph Schütze

Für die Planung von Projekten der Eisenbahninfrastruktur sind korrekte und genaue Bestandsunterlagen ein sehr wichtiger Faktor. Dies betrifft insbesondere den Austausch obsoleter Leit- und Sicherungstechnik (LST) und die Erneuerung von Objekten an und im Gleisbereich. Der Einbau neuer LST ist ein essenzieller Baustein, um die Qualität der zukünftigen Eisenbahninfrastruktur sicherzustellen. Eine Herausforderung bei der Planung neuer LST sind fehlerhafte, veraltete oder unvollständige Bestandsunterlagen der Eisenbahninfrastruktur. Dies betrifft nicht nur die für alle Gewerke wichtige Gleisachse, sondern auch alle weiteren Objekte an und neben dem Gleis, wie z. B. Signalmasten mitsamt Fundamenten, Kabelschächte und auch Achszähler mit Gleisanschlusskästen. Alle vorhandenen gleisnahen Objekte sind für die Planung der LST, aber auch in anderen Gewerken wichtig, da sie ein Hindernis darstellen können. Korrekte Bestandsdaten können zudem als Grundlage weiterer digitaler Services genutzt werden und sind essenziell für eine durchgehend digitale Datenhaltung. Für die LST-Planung einer Ausrüstung von Strecken mit ETCS Level 2 ist gemäß DB Richtlinie 819.1343 [1] eine Prüfung des Bestands notwendig. Dafür müssen die vorhandenen Unterlagen (Stw-PT1-Bestandspläne) anhand aktueller georeferenzierter Vermessungsdaten geprüft werden. Nur so können vorhandene Positionen von Objekten im und am Gleis sichergestellt werden. Die Erfassung und Identifizierung der jeweiligen Objekte ist der Kern des Digital Track Capturing von Siemens Mobility (SMO) und stellt damit einen wichtigen Baustein der Modernisierung des Streckennetzes dar. Die gewonnenen Daten werden aber nicht nur zur Anforderungserfüllung genutzt, sondern bieten vielfältige Effizienzsteigerungen bei der Planung und Streckenausrüstung. Dies gilt neben der LST auch für weitere Gewerke, die von dem georeferenzierten Datenmodell, der digitalen Begehung sowie weiteren Anwendungsmöglichkeiten profitieren.

1 Herausforderungen der Digitalisierung und Nutzung von Building Information Modeling (BIM)-Modellen

Die Digitalisierung des vorhandenen Bestands, von der Aufnahme bis hin zu einem nutzbaren digitalen Modell, funktioniert nicht automatisch. Hierfür sind über die Erfassung/Vermessung, Datenaufbereitung und -verarbeitung viele Schritte erforderlich, die sinnvoll miteinander verknüpft werden müssen. Zusätzlich sind vorhandene Informationen aus Signaltabellen, Geodaten und Lageplänen aufzunehmen.

Zu Beginn eines Projektes wird das Datenmodell bestimmt, für das der Bestand am und im Gleis aufbereitet wird. Ein Datenmo-

Correct and accurate as-built documentation is a very important factor for railway infrastructure project planning. This particularly applies to the replacement of obsolete control and signalling technology and the renewal of objects in the track area. The installation of new control and signalling objects constitutes an essential aspect to ensure the quality of the future railway infrastructure. One challenge in the planning of new control and signalling objects involves incorrect, outdated or incomplete documents pertaining to the existing railway infrastructure. This not only applies to the centreline (track axis), which is important for all trades, but also to all other objects on and next to the track, such as signal masts with foundations, cable ducts and axle counters with track junction boxes. All existing objects located close to the track are important when planning control and signalling technology, but also in other trades, as they can represent an obstacle for new objects. Correct inventory data can also be used as the basis for further digital services and is essential for end-to-end digital data storage. An as-built check is necessary for the control and signalling technology planning when equipping lines with ETCS Level 2 in accordance with DB guideline 819.1343. The existing documents must be checked on the basis of current georeferenced survey data for this purpose. This is the only way of ascertaining the existing positions of the objects in and around the railway track. The capturing and identification of the respective objects lies at the core of Siemens Mobility's (SMO) Digital Track Capturing and thus represents an important component of the route network modernisation. However, the obtained data is not only used to meet these requirements, but it also offers a wide range of efficiency increases in planning and track retrofitting. In addition to the LST, this also applies to other trades that benefit from the georeferenced data model, the digital inspection and other possible applications.

1 The challenges of digitalisation and the use of Building Information Modeling (BIM) models

The digitalisation of the existing inventory, from the capture through to the applicable digital model, does not take place automatically. It requires many steps in terms of acquisition / measurement, data preparation and processing, which must be linked together in a meaningful way. In addition, existing information from signal tables, geodata and signalling plans must also be included. The data model, for which the inventory on and in the track is prepared, is determined at the beginning of the project. The