

Digitaler Bahnbetrieb: Potenziale und Herausforderungen für Bahnübergänge

Digital railway operations: the potential and challenges for level crossings

Eric J. Schöne

Vor dem Hintergrund des Übergangs zum digitalen Bahnbetrieb stellen höhengleiche Kreuzungen zwischen Eisenbahnstrecken und Straßen zweifellos einen Anachronismus dar. Da sie jedoch auf absehbare Zeit nicht vollständig zu beseitigen sein werden, sollte im Rahmen des digitalen Bahnbetriebs eine Optimierung der Sicherheit und Leistungsfähigkeit der noch vorhandenen Bahnübergänge (BÜ) forciert werden. Dabei ergeben sich erhebliche Verbesserungspotenziale, die im Folgenden dargestellt werden sollen.

1 Begriffe und Ziele

1.1 Digitaler Bahnbetrieb

Unter dem Begriff des digitalen Bahnbetriebs ist im vorliegenden Beitrag ein Zielzustand zu verstehen, in dem zur optimierten Bewegung von Zugfahrten auf einer Eisenbahninfrastruktur insbesondere die in Bild 1 dargestellten Systeme gleichzeitig eingesetzt werden [1]:

- Kapazitäts- und Verkehrsmanagementsystem (CTMS) zur Fahrplanung und Disposition

Level crossings (LCs) between railway lines and roads are undoubtedly an anachronism against the backdrop of the transition to digital railway operations. However, the safety and performance of any remaining LCs should be optimised within the framework of digital railway operations based on the fact that they cannot be completely eliminated in the foreseeable future. This offers considerable potential for improvement, which will be outlined below.

1 Terms and objectives

1.1 Digital railway operations

In this paper, the term “digital railway operations” refers to a target state in which the systems shown in fig. 1 are used simultaneously to optimise train movements on a railway infrastructure [1]:

- the Capacity and Traffic Management System (CTMS) for timetable planning and dispatching
- the Advanced Protection System (APS), train-centred and without any fixed block sections

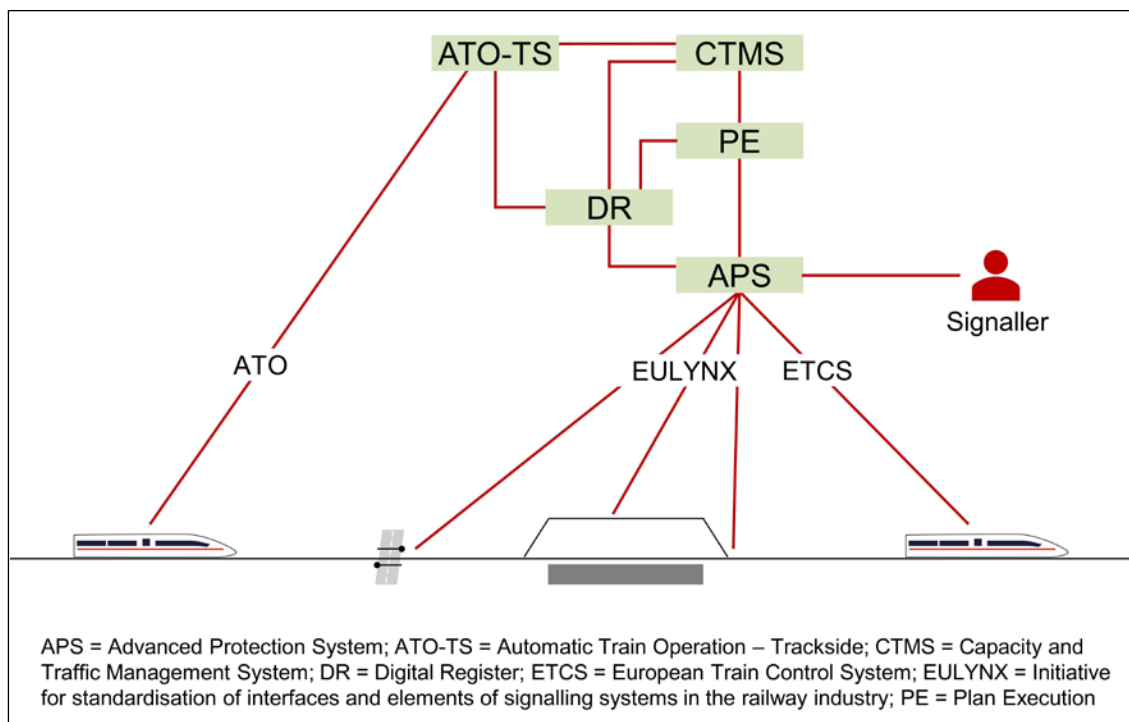


Bild 1:
Zusammenwirken der Teilsysteme im digitalen Bahnbetrieb

Fig. 1: Interaction of subsystems in digital railway operations

Quelle / Source: basierend auf Originalgrafik aus [2] mit freundlicher Genehmigung der Autoren / based on original graphic from [2] with kind permission of the authors

- fortgeschrittenes Sicherungssystem (APS), zugzentriert und ohne feste Blockteilung
 - Planausführungssystem (PE) als Schnittstelle zwischen CTMS und APS
 - automatischer Fahrbetrieb (ATO) in den Automatisierungsstufen (GoA) 2 und 4
 - digitales Register (DR) als zentrale Quelle für Anwendungsdaten.
- Mit dem digitalen Bahnbetrieb werden insbesondere folgende Ziele verfolgt [3]:
- höhere Kapazität des Eisenbahnstreckennetzes
 - schnellere Behandlung von Störungen
 - geringere Kosten für Leit- und Sicherungstechnik.
- Diese oder vergleichbare Architekturen werden auch im europäischen und nichteuropäischen Ausland angestrebt.

1.2 Bahnübergänge

BÜ als höhengleiche Kreuzungen zwischen Eisenbahnstrecken und Straßen werden angesichts großer Bestandszahlen bei kleiner Beseitigungsrate [4] noch jahrzehntelang zur Eisenbahninfrastruktur gehören und somit auch im digitalen Bahnbetrieb zu berücksichtigen sein. An BÜ sind folgende – teils konträre – Anforderungen zu stellen:

- hohe Sicherheit durch technische oder organisatorische Maßnahmen
- behinderungsfreie Fahrt der Züge (Vorrang)
- hohe Kapazität der Straße durch kurze Sperrzeiten
- geringer zeitlicher und personeller Aufwand im Regelbetrieb und im Störfall.

Der vorliegende Beitrag erörtert, wie diese Anforderungen unter den Rahmenbedingungen des digitalen Bahnbetriebs erfüllt werden können, welche Verbesserungspotenziale sich daraus ergeben und welche Schwierigkeiten zu erwarten sind. Er beschränkt sich dabei auf technisch gesicherte BÜ (Bild 2).

2 Einbindung der BÜ heute, morgen und übermorgen

2.1 Heute

Die Bahnübergangssicherungsanlagen (BÜSA) in Deutschland zeichnen sich heute durch eine große Vielfalt an Bauformen, aber auch an Sicherungs-, Einschalt- und Überwachungsarten sowie de-

- Plan Execution (PE) as an interface between the CTMS and APS
- Automatic Train Operation (ATO) with Grades of Automation (GoA) 2 and 4
- the Digital Register (DR) as a central source for application data.

Digital railway operations pursue the following objectives in particular [3]:

- a higher railway network capacity
- the faster handling of any disruptions and malfunctions
- lower railway signalling and safety system costs.

These or similar architectures are also being pursued in other European and non-European countries.

1.2 Level crossings

Given their large numbers and low removal rate [4], LCs, i.e. intersections between railway lines and roads at the same level, will continue to constitute part of the railway infrastructure for decades to come and must therefore also be taken into account in digital railway operations. The following requirements, which are sometimes contradictory, must be met by level crossings:

- a high safety level attained by means of technical or organisational measures
- unimpeded train movement (the right of way)
- a high road capacity due to short closure times
- low time and personnel expenditure during normal operations and in the event of any disruptions.

This paper discusses how these requirements can be met in digital railway operations, the potential improvements this offers and the difficulties that are to be expected. The paper is limited to active LCs (fig. 2).

2 Integrating the LCs of today, tomorrow and the day after tomorrow

2.1 Today

Today, Level Crossing Protection Systems (LCPs) in Germany are characterised by a wide variety of designs, as well as a wide variety of protection, activation and supervision types and com-

Bild 2: Bahnübergang mit technischer Sicherung

Fig. 2: Active level crossing Quelle / Source: Eric Schöne



ren Kombinationen aus. Die meisten Anlagen werden durch Gleisschaltmittel aktiviert, die entweder unmittelbar als Einschaltpunkte an die BÜSA (Überwachungsarten Fernüberwachung (Fü), Überwachungssignal (ÜS) und Überwachungssignal mit optimierter Einschaltung (ÜS_{OE})) oder mittelbar als Anrückmeldepunkte an das Stellwerk (Überwachungsart Hp) angebunden sind. Dennoch unterscheiden sich die Sperrzeiten für den Straßenverkehr sowie die Störungsbehandlung durch das Betriebspersonal zwischen den Überwachungsarten erheblich.

2.2 Morgen

Mit dem neuen Prinzip der Fahrstraßenüberwachung (FSÜ) sollen die BÜSA künftig stets durch das Stellwerk überwacht werden, was eine einheitlichere Störungsbehandlung ermöglicht. Aktiviert werden sie in den meisten Fällen weiterhin durch Gleisschaltmittel, wobei das Stellwerk die notwendigen Informationen über den vorgesehenen Fahrweg der Züge und ggf. die Belegung von Gleisabschnitten bereitstellt. Beim Einsatz von FSÜ lassen sich die Sperrzeiten ausgehend von den bisherigen Überwachungsarten ÜS und Hp auf das Niveau von Fü und ÜS_{OE} verkürzen, wobei sich die Lage des Einschaltpunkts weiterhin nach der örtlich zulässigen Geschwindigkeit richtet [5].

2.3 Übermorgen

Perspektivisch ermöglicht der digitale Bahnbetrieb mit dem Einsatz von CTMS, APS und ATO weitere Verbesserungen hinsichtlich Einbindung und Betrieb der BÜSA. Durch eine zentralisierte Verwaltung der Ein- und Ausschaltbefehle sowie der hierfür benötigten Informationen lassen sich die Sperrzeiten zugsspezifisch bis auf das verkehrlich-technisch mögliche Minimum reduzieren. Die Ansätze hierfür wurden im Rahmen der Initiative „Reference CCS Architecture“ in [6] beschrieben. Gleichzeitig führt die Abkehr von den bisherigen Prinzipien zu Herausforderungen, wenn bisher dem Menschen obliegende Aufgaben – insbesondere im Störfall – automatisiert ausgeführt werden sollen.

3 Potenziale des digitalen Bahnbetriebs für BÜ

3.1 Einsparung von Gleisschaltmitteln

Im digitalen Bahnbetrieb ist die Ortung der Züge je nach Ausrüstung auch ohne feste Gleisfreimeldeabschnitte möglich, wobei APS als eines der zentralen Systeme die Positionen aller Züge mit definierter Genauigkeit kennt und deren Fahrtautorisierungen verwaltet. Wie alle anderen Fahrwegelemente sind auch die BÜSA an APS angebunden und werden von diesem System vor dem Befahren gesichert. Spezifische Gleisschaltmittel für die BÜSA werden somit entbehrlich, was zu Kosteneinsparungen führt.

Die Einsparungen an BÜSA setzen sich aus mehreren entfallenden Positionen zusammen:

- Gleisschaltmittel einschließlich Auswerteeinrichtungen
- Inspektion, Wartung und Instandsetzung der Gleisschaltmittel
- Kabel zum Anschluss der Gleisschaltmittel an die BÜSA oder das Stellwerk
- Kabeltiefbau.

Relevant ist dieses Potenzial vor allem für die Einschaltpunkte bzw. Anrückmeldepunkte. Ob auch auf Ausschaltpunkte verzichtet werden sollte, wird im Abschnitt 4.1 diskutiert.

3.2 Minimierung der Annäherungszeiten

Die in Abschnitt 3.1 beschriebene zentrale Anbindung der BÜSA ohne Gleisschaltmittel ermöglicht es, den Einschaltzeitpunkt spezifisch für jede Zugfahrt neu festzulegen. Ziel ist dabei die Minimierung der An-

binations thereof. Most systems are activated by Trackside Train Detection (TTD), which is either directly connected to the LCPS (remote monitoring (Fü), monitoring signal (ÜS) and monitoring signal with optimised activation (ÜS_{OE}) supervision types) as an activation point or indirectly connected to the interlocking (the Hp supervision type) as an approach detection point. However, there are significant differences between supervision types with regard to closure times for road traffic and fault handling by operating staff.

2.2 Tomorrow

Under the new route supervision principle (FSÜ), future LCPSs will always be supervised by the interlocking, thereby enabling more consistent fault handling. In most cases, they will continue to be activated by the TTD with the interlocking providing the necessary information about the planned train routes and, if necessary, the track section occupancy. The use of FSÜ will allow closure times to be reduced from the previous supervision types (ÜS and Hp) to the level of Fü and ÜS_{OE}. The location of the activation point will continue to be based on the locally permitted train speed. [5]

2.3 The day after tomorrow

In the future, digital railway operations using the CTMS, APS and ATO systems will allow LCPSs to be integrated and operated more efficiently. The centralised management of the activation and deactivation commands, along with any necessary information, will enable the closure times to be minimised in accordance with the traffic and technical requirements for each specific train. These approaches have been described in [6] as part of the “Reference CCS Architecture” initiative. However, moving away from the previous principles poses challenges when tasks that were previously performed by humans, especially in the event of a malfunction, are to be performed automatically.

3 The potential of digital railway operations for LCs

3.1 Savings in the TTD

Depending on the equipment used, trains can even be located in digital railway operations without the TTD, as APS is one of the central systems that knows the positions of all the trains with the defined degree of accuracy and manages their movement authorities. LCPSs, like all other route elements, are connected to and activated by the APS system before they are crossed. Therefore, a specific TTD for LCPSs is no longer necessary, thereby resulting in cost savings.

The savings pertaining to LCPSs consist of several eliminated items:

- the TTD equipment, including evaluation devices
- the inspection, maintenance and repair of the TTD equipment
- the cables to connect the TTD equipment to the LCPS or interlocking
- buried cabling works.

This potential is particularly relevant for activation and approach detection points. Whether deactivation points should also be dispensed with is discussed in Section 4.1.

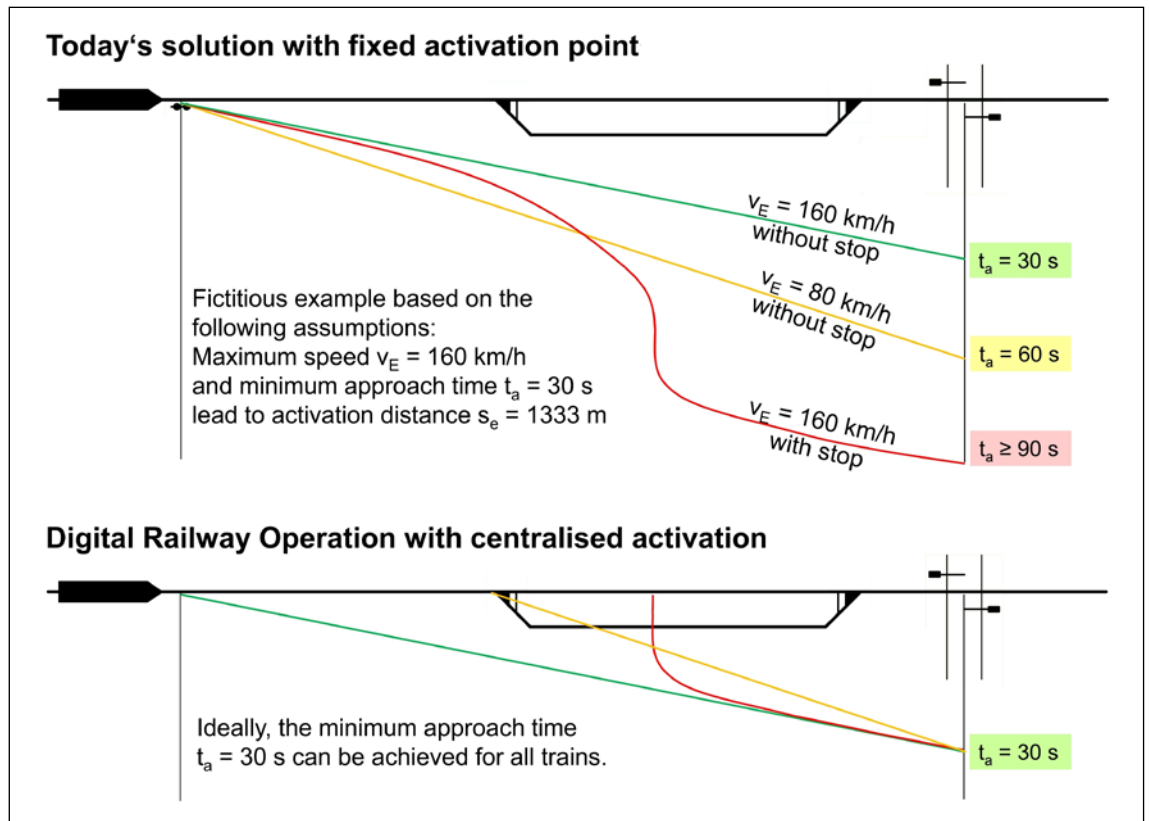
3.2 Minimising approach times

The central integration of the LCPS, as described in Section 3.1, enables the approach time to be defined specifically for each train journey. The aim is to minimise this time, i.e. the period between the LCPS being activated and the train arriving. A uniform time sequence can be achieved at the LC that is largely in-

Bild 3: Vergleich der Annäherungszeiten bei ortsfestem Einschaltzeitpunkt auf Basis der örtlich zulässigen Geschwindigkeit gegenüber zugspezifischer Einschaltung

Fig. 3: A comparison of the approach times at a fixed activation point based on the locally permitted speed compared to the train-specific activation

Quelle / Source: Eric Schöne



näherungszeit, d. h. der Zeit zwischen Aktivierung der BÜSA und Eintreffen des Zuges. Unter Nutzung der in CTMS und APS vorliegenden Informationen lässt sich ein einheitlicher, von der Geschwindigkeit und dem Halteregime der Züge weitgehend unabhängiger Zeitablauf am BÜ erreichen (Bild 3). Die zulässige Untergrenze bildet dabei das Maximum aus der Räumzeit des Straßenverkehrs und dem Zeitbedarf für den Sicherungsvorgang (im Beispiel mit 30 Sekunden angesetzt). Aus den verringerten Annäherungs- und damit Sperrzeiten ergeben sich folgende Vorteile:

- höhere Akzeptanz der Sicherung durch die Straßenverkehrsteilnehmer
- höhere Sicherheit durch weniger absichtliches Fehlverhalten der Verkehrsteilnehmer [7]
- höhere Kapazität der Straße
- Möglichkeit des Betriebs von BÜSA auch bei dichter Zugfolge (siehe jedoch Abschnitt 4.2).

Im Sinne einer schrittweisen Migration kann der optimale Einschaltzeitpunkt auf Basis der jeweils zur Verfügung stehenden Daten mit zunehmender Genauigkeit berechnet werden:

1. Höchstgeschwindigkeit der jeweiligen Zugfahrt (fahrzeug- und infrastrukturbedingt)
2. Geschwindigkeitsprofil der jeweiligen Zugfahrt (mit fahrdynamischer Berechnung)
3. geplante Fahrtbewegungen des Zuges (einschließlich Halteregime, Energieoptimierung etc.).

Indem die Einhaltung des jeweiligen Kriteriums technisch überwacht wird, kann sichergestellt werden, dass der Zug den BÜ nicht zu früh erreicht und dadurch Straßenverkehrsteilnehmer gefährdet. Im dritten Migrationsschritt muss APS beispielsweise die Abfahrt eines Zuges an einem vor dem BÜ gelegenen Haltepunkt solange verhindern oder seine Zufahrtsgeschwindigkeit soweit begrenzen, bis der Zug die zulässige Untergrenze für die Annäherungszeit einhält (analog zur heutigen „Signalverzögerungszeit“ bei der Überwachungsart Hp).

dependent of the trains' speed and stopping regime using the information available in CTMS and APS (fig. 3). The permissible lower limit is the greater of the road traffic clearance time and the time required for the safety procedure (set at 30 seconds in the example).

The reduced approach and thus closure times result in the following advantages:

- greater acceptance of the safety measures by road users
- greater safety due to fewer deliberate violations by road users [7]
- higher road capacity
- the possibility of operating LCPS even with denser train sequences (see section 4.2, however).

In terms of a gradual migration, the optimal activation time can be calculated with increasing accuracy based on the available data:

1. the maximum speed of the given train movement (depending on the vehicle and infrastructure)
2. the speed profile of the given train movement (with the driving dynamics calculation)
3. the detailed train movement (including the stopping regime, energy optimisation, etc.).

Technically enforcing compliance with the given criterion ensures that the train does not reach the LC too early, thereby endangering the road users. In the third migration step, for example, APS must prevent a train from departing from a stop in front of the LC or limit its approach speed until it has complied with the permissible lower limit for the approach time (analogous to the current "signal delay time" for the Hp supervision type).

3.3 Faster and safer fault handling

Short-term technical failures in the LCPS currently cause train delays due to lengthy operating processes. This is due to the largely separated technical systems LCPS, interlocking and train

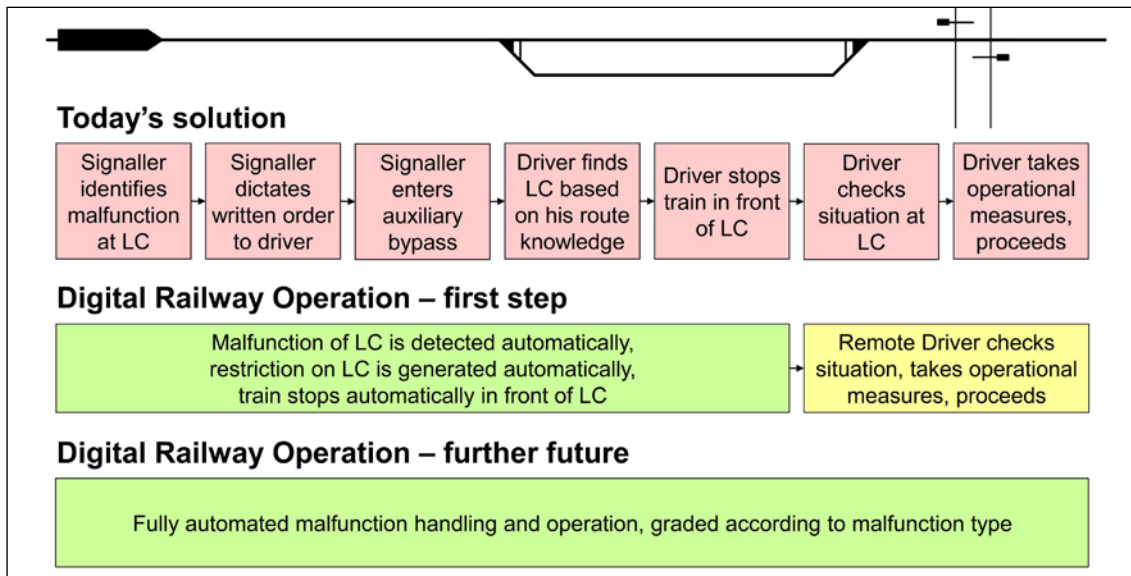


Bild 4: Vergleich der heutigen betrieblichen Prozesse nach Auftreten einer BÜSA-Störung bei Überwachungsart Hp mit den Prozessen im digitalen Bahnbetrieb

Fig. 4: A comparison of the current operating processes following an LC failure with the Hp supervision type and the processes in digital railway operations

Quelle / Source: Eric Schöne

3.3 Schnellere und sicherere Störungsbehandlung

Kurzfristige technische Ausfälle der BÜSA führen heute wegen der langwierigen betrieblichen Prozesse zu Verspätungen der Züge. Dies resultiert aus den weitgehend getrennten technischen Systemen BÜSA, Stellwerk und Zug(-beeinflussung), zwischen denen die Akteure Fahrdienstleiter (Fdl) und Triebfahrzeugführer (Tf) als Schnittstellen fungieren. Im digitalen Bahnbetrieb sind diese Systeme stärker verknüpft und die Prozesse weitgehend automatisiert, sodass sich der Zeitverlust auf das rechtlich vorgeschriebene Anhalten vor dem BÜ, die Reaktion auf die vorliegende Verkehrssituation und das Wiederanfahren beschränkt (Bild 4).

Konkret entfallen sämtliche Handlungen des Fdl und bei ATO in GoA 4 auch des Tf. Stattdessen legt APS bei erkannter Störung bzw. nicht erfolgreicher Einschaltung eine Fahrwegrestriktion über den BÜ, sodass ATO den Zug zunächst vor dem BÜ anhält. Für den weiteren Ablauf bei GoA 4 sind als Migrationsschritte zwei Szenarien denkbar:

1. Ein an zentraler Stelle befindlicher Remote Driver bewertet die örtliche Situation anhand von Kamerabildern, steuert den Zug über den BÜ und übergibt zurück an ATO.
2. ATO bewertet die örtliche Situation anhand der Daten der am Zug befindlichen Sensorik zur Umfeld- und Hinderniserkennung und steuert den Zug vollautomatisch über den BÜ.

Bei länger andauernden Ausfällen oder geplanten Außerbetriebnahmen der BÜSA werden auch im digitalen Bahnbetrieb infrastrukturseitige Ersatzmaßnahmen erforderlich, damit die Züge ohne Halt über den BÜ fahren können. Wie heute eignen sich dafür mobile Sicherungsanlagen, die allerdings künftig über eine Schnittstelle an APS angeschlossen und automatisch betrieben werden sollen. Gegenüber der heutigen Bedienung dieser Anlagen durch BÜ-Posten, die mit dem Risiko von Fehlhandlungen verbunden ist [8], erhöht dies die Sicherheit erheblich, zumal existierende Nachwarnsysteme nicht in allen Eisenbahninfrastruktursituationen einsetzbar sind [9]. Durch den Anschluss an APS entfällt diese Einschränkung, sodass – die straßenseitige Aufbaubarkeit der Anlage vorausgesetzt – auch in der Rückfallebene das Sicherheitsniveau des Regelbetriebs erreicht wird.

3.4 Einsatz von Unterstützungssystemen

Der digitale Bahnbetrieb erleichtert auch die Entwicklung und den Einsatz neuartiger Unterstützungssysteme, die das Verhalten der Straßenverkehrsteilnehmer an BÜ beeinflussen sollen. Hierzu gehört beispielsweise die Ausgabe von Warnungen in Straßen-

and train control with signallers and train drivers acting as interfaces between them. In digital railway operations, however, these systems are more closely linked and largely automated, meaning that the only time lost is during a legally required stop at an LC, a response to the current road traffic situation and a restart (fig. 4). All the actions of the signaller (and the train driver in the case of ATO in GoA 4) are specifically omitted. Instead, APS imposes a restriction on the LC whenever a fault is detected or the activation is unsuccessful, so that ATO initially stops the train in front of the LC. Two scenarios are conceivable for the next steps in the GoA 4 procedure:

1. A remote driver located centrally assesses the local situation using camera images, drives the train over the LC and hands control back to ATO.
2. The ATO assesses the local situation using data from the train's environment and obstacle detection sensors and drives the train over the LC fully automatically.

In the event of any prolonged LCPS failures or planned shutdowns, replacement measures are also necessary in digital railway operations so as to enable trains to pass over the LC without stopping. As is currently the case, temporary mobile safety systems are suitable for this purpose; however, they will be connected to APS via an interface and operated automatically in the future. This will significantly increase safety compared to the current manual operation of these systems by LC guards, which carries a risk of human error [8]. This is particularly important given that existing secondary warning systems ("Nachwarnsystem") cannot be used in all railway infrastructure situations [9]. Connecting to APS eliminates this restriction, meaning that the safety level for regular operations can also be achieved at the fallback level provided the system can be installed on the roadside.

3.4 Using support systems

Digital railway operations facilitate the development and use of innovative support systems designed to influence the behaviour of road users at LCs. These include the provision of warnings in road vehicles or on mobile devices, for example. Such systems have been discussed internationally for decades [10, 11], but have not yet progressed beyond the experimental stage. This is partly because the railway side could not provide the necessary real-time information at a reasonable cost.

fahrzeugen oder auf mobilen Endgeräten. Solche Systeme werden international bereits seit Jahrzehnten diskutiert [10, 11], kamen jedoch bisher nicht über das Versuchsstadium hinaus, unter anderem weil bahnsseitig die erforderlichen Echtzeitinformationen nicht mit vertretbarem Aufwand bereitgestellt werden konnten.

Bei der im vorliegenden Beitrag beschriebenen Einbindung der BÜ liegen solche Informationen zentral vor, sodass lediglich entsprechende Schnittstellen geschaffen werden müssen. Jüngere Ansätze wie das „digitale Andreaskreuz“, das Daten lokal zwischen BÜSA und Straßenfahrzeugen überträgt [12], können im digitalen Bahnbetrieb um detaillierte und weiträumig bereitgestellte Informationen über die konkret zu erwartende Situation erweitert werden. Damit können Straßenverkehrsteilnehmer beispielsweise auch an nichttechnisch gesicherten BÜ vor sich nähernden Zügen gewarnt werden, ohne hierfür örtliche technische Einrichtungen einsetzen zu müssen. Dies erfordert allerdings Kooperationen über den Eisenbahnbereich hinaus.

4 Herausforderungen des digitalen Bahnbetriebs für BÜ

4.1 Zeitgerechte Ein- und Ausschaltung

Das zeitliche Zusammenspiel zwischen Zugfahrt und BÜ-Sicherung beeinflusst Sicherheit und Kapazität der Straße: Schaltet die BÜSA zu spät ein oder zu früh aus, können gefährliche Situationen entstehen, schaltet sie hingegen zu früh ein oder zu spät aus, behindert dies den Verkehrsablauf unnötig. Heute sorgen die Gleisschaltmittel für einen sicheren, jedoch nicht kapazitätsoptimalen Ablauf. Der Übergang zu einer zentralen, zugspezifischen Ansteuerung der BÜSA erhöht die Kapazität der Straße (siehe Abschnitt 3.2), erfordert jedoch neue Sicherheitsvorkehrungen.

Bei den technischen Prozessen der Zugortung (hier: Anteil in einem Koordinatensystem anhand von Balisen-Ortsangaben, Zugintegrität und sicherer Zuglänge) und Funkübertragung entstehen Ungenauigkeiten und Latenzzeiten, die als Toleranzen bzw. Zuschläge in die Berechnungen eingehen müssen. Dabei handelt es sich aber nicht um ein BÜ-spezifisches Problem, sondern betrifft auch andere Fahrweegelemente wie Weichen. Im Unterschied zu diesen muss ein im Bremsweg des Zuges befindlicher BÜ jedoch nicht zwingend vollständig gesichert sein. Dieses, bereits den heutigen Überwachungsarten Fü und ÜS_{OE} zugrunde liegende Konzept der eigensicheren Anlagen mit garantierter Einschaltung, muss hinsichtlich des Zeitablaufs und Übertragungswege sowie deren Ausfallmöglichkeiten an die Bedingungen des digitalen Bahnbetriebs angepasst werden.

Bei der Ausschaltung der BÜSA kommt es im Sinne der Kapazität der Straße auf eine möglichst zügige Freigabe für den Straßenverkehr an, nachdem der Zug den BÜ vollständig verlassen hat. Durch die Ortungsungenauigkeiten des sicheren Zugendes und die Latenzzeiten der Funkübertragung entstünden bei einer zentralen Ausschaltung zwangsläufig größere Zeitverluste als heute. Daher erscheinen Gleisschaltmittel für die Ausschaltung weiterhin zweckmäßig, die außerdem wie heute der Hilfeinschaltung im Störfall („Automatik HET“) dienen könnten. Allenfalls für BÜ mit geringen Straßenverkehrsstärken ist eine Ausschaltung ohne Gleisschaltmittel denkbar.

4.2 Zielkonflikte bei höherer Streckenauslastung

Die als erklärtes Ziel des digitalen Bahnbetriebs angestrebte höhere Kapazität der Eisenbahnstrecken (vgl. Abschnitt 1.1) ermöglicht eine dichtere Zugfolge, die zu häufigeren Einschaltungen der BÜSA und damit Sperrungen für den Straßenverkehr führt. Teil-

The integration approach described in this paper makes such information centrally available, meaning that only the relevant interfaces need to be created. More recent approaches, such as the “digital St Andrew’s cross”, transmit data locally between LCPSs and road vehicles [12]. In digital railway operations, this can be expanded to include detailed, widely available information about the expected situation. This means that road users can be warned of approaching trains, even at passive LCs, without the need for any additional local technical equipment. However, this requires cooperation beyond the railway sector.

4 The challenges of digital railway operations for LCs

4.1 Timely activation and deactivation

The timing of LC activation in relation to train movements affects both road safety and capacity. Dangerous situations can arise if the LCPS is activated too late or deactivated too early. Conversely, the traffic flow is unnecessarily hindered if it is activated too early or deactivated too late. The TTD currently ensures safe operations, but not capacity optimisation. The transition to centralised, train-specific LCPS activation will increase road capacity (see Section 3.2), but new safety precautions are also required.

The technical processes involved in train location, specifically the position in a coordinate system based on balise location data, train integrity and safe train length, as well as radio transmissions, give rise to inaccuracies and latency times. These must be included in the calculations as tolerances or allowances. This is not an LC-specific problem, but also affects other track elements, such as points. However, in contrast to these, an LC located within the braking distance of the train does not necessarily have to be fully protected. The concept of fail-safe systems with guaranteed activation already forms the basis of today’s Fü and ÜS_{OE} supervision types and must be adapted to the conditions of digital railway operations in terms of time sequences, transmission paths and their potential failure modes.

When deactivating an LCPS, it is important to reopen the LC as quickly as possible once the train has completely left it, in order to maintain the road capacity. The location inaccuracies of the safe end of the train and radio transmission latency times mean that centralised deactivation would inevitably result in greater time losses than we have at present. Therefore, the TTD continues to seem appropriate for deactivation and it could also serve as an auxiliary activation method in the event of a malfunction, as is currently the case with “automatic HET”. Deactivation without the TTD is only conceivable for LCs with low road traffic volumes.

4.2 Conflicting objectives with higher line utilisation

The declared goal of digital railway operations is to increase railway line capacity (see Section 1.1), thereby enabling more frequent train services and consequently the more frequent activation of LCPSs, resulting in more frequent road traffic closures. This can be partially offset by the minimised approach times described in Section 3.2. However, a significant increase in the number of trains at LCs can reduce road capacity to such an extent that replacing the LC with an overpass becomes unavoidable, thereby incurring considerable costs.

Unlike today’s fixed block sections, infrastructural characteristics have little influence on the capacity of a railway line outside junctions in digital railway operations. If necessary, for example, a railway line can be subjected to significantly higher loads at short notice in the event of any diversions due to closures on other lines, thereby bringing road traffic to a standstill. This means

weise kann dies durch die in Abschnitt 3.2 erläuterten minimierten Annäherungszeiten kompensiert werden. Eine deutlich erhöhte Zugzahl am BÜ kann die Straßenkapazität allerdings soweit verringern, dass ein Ersatz des BÜ durch eine Überführung unumgänglich wird, was erhebliche Kosten verursacht.

Gegenüber der heutigen festen Blockteilung determinieren im digitalen Bahnbetrieb infrastrukturelle Eigenschaften die Kapazität einer Eisenbahnstrecke außerhalb der Knoten kaum. Bei Bedarf – beispielsweise bei Umleitungen wegen Sperrungen anderer Strecken – kann eine Eisenbahnstrecke kurzfristig deutlich stärker belastet werden und damit den Straßenverkehr zum Erliegen bringen. Daher lässt sich die tatsächliche Zugdichte an einem BÜ weniger zuverlässig vorhersagen als heute. Bei der Umstellung einer Strecke auf den digitalen Bahnbetrieb sollte deshalb eine Beseitigung der BÜ – zumindest solcher mit starkem Straßenverkehr – in Betracht gezogen werden.

4.3 Befahren des BÜ im Störfall

Die in Abschnitt 3.3 beschriebenen betrieblichen Prozesse bei kurzfristig auftretenden Störungen beinhalten einerseits durch das Regelwerk detailliert vorgegebene und damit verhältnismäßig einfach zu automatisierende Schritte (Störungsidentifikation, Befehlsausfertigung, Halt vor BÜ). Andererseits gehören dazu Handlungen, über die heute der Tf durch Beobachtung des Straßenverkehrs situativ entscheidet (Anfahren, Wahl der Geschwindigkeit, Abgabe von Achtungssignalen). Um diese in ATO unterstützend (GoA 2) oder vollständig (GoA 4) abzubilden, sind neben einer umfassenden Sensorik auch komplexe Algorithmen erforderlich, die mindestens das heutige Sicherheitsniveau erreichen müssen.

Auch wenn als Migrationsschritt zunächst Remote Driving mithilfe von Kamerabildern erfolgt, ergibt sich die Herausforderung, die heutigen Sichtmöglichkeiten des Tf nachzubilden. Dieser kann den Straßenverkehr nach dem Anhalten nicht nur nach vorn, sondern – je nach Bauart des führenden Eisenbahnfahrzeugs – durch Fenster oder Türen auch seitlich beobachten. Relevant ist dies vor allem bei BÜ mit komplexer Straßengeometrie, um vor der Weiterfahrt festzustellen, ob sich Straßenfahrzeuge in gefahrdrohender Weise nähern (Bild 5). Dafür werden mehr Kameras bzw. Sensoren erforderlich als für die reguläre Streckenbeobachtung außerhalb von BÜ.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Neben den allgemein bekannten und vielfach propagierten Auswirkungen des digitalen Bahnbetriebs ergeben sich speziell an BÜ erhebliche Verbesserungspotenziale für den Eisenbahn- und Straßenverkehr. Diese betreffen vor allem Kosteneinsparungen

that the actual train density at an LC is less predictable than it is today. Therefore, consideration should be given to removing the LCs when converting a line to digital railway operations, particularly those with heavy road traffic.

4.3 Passing an LC in the event of a disruption

The operating processes for short-term disruptions, as described in Section 3.3, include steps that are specified in detail by the regulations and are therefore relatively easy to automate, such as disruption identification, issuing a written order and stopping in front of the LC. However, they also include actions that the train driver currently decides on a case-by-case basis, such as starting, choosing a speed and giving warning signals, while observing road traffic. Complex algorithms and comprehensive sensor technology are required to map this in a supportive (GoA 2) or complete (GoA 4) manner in ATO, the latter of which must at least achieve the current level of safety.

Even if remote driving with the aid of camera images is initially employed as an interim measure, the challenge of replicating the train driver’s current field of vision remains. After stopping, the train driver can observe the road traffic not only at the front, but also to the sides, depending on the design of the leading railway vehicle. This is particularly relevant at LCs with complex road geometry, as it enables the train driver to determine whether any road vehicles are approaching in a dangerous manner before continuing the journey (fig. 5). This requires more cameras and sensors than are needed for regular route observation outside LCs.

5 Conclusions and recommendations

In addition to the well-known and widely publicised benefits of digital railway operations, LCPS in particular offer considerable potential for improving rail and road traffic. The main benefits include TTD cost savings, reduced approach times and faster and safer fault handling. While the associated challenges, particularly those relating to timely activation and deactivation, as well as the processes in the event of a fault, are not trivial, they can be solved technically. From the perspective of LCs, therefore, the developments towards digital railway operations should be intensified.

The new FSÜ monitoring principle described in Section 2.2 exploits a small part of this potential; however, significant improvements will only be achieved through the central integration and adapted functions of the LCPS in APS (tab. 1).

Finally, we will address the question raised earlier: “Are LCs still appropriate in this day and age?” [13]. Level crossings between railway lines and roads undoubtedly represent an anachronism against the backdrop of the transition to digital railway operations, for which

Potenzial	FSÜ-BÜSA („morgen“)	APS mit zentraler Einbindung der BÜSA („übermorgen“)
Einsparung von Gleisschaltmitteln	nein	ja
Minimierung der Annäherungszeiten	ja, aber nur gegenüber heutigen Überwachungsarten Hp und ÜS	ja, auch gegenüber heutigen Überwachungsarten FÜ und ÜS _{OE}
Schnellere Störungsbehandlung	nein	ja
Sicherere Störungsbehandlung	ja, aber nur für Fahrdienstleiter	ja, auch für Triebfahrzeugführer und Bahnübergangsposten
Einsatz von Unterstützungssystemen	nein	ja

Tab. 1: Vergleich der Potenziale von BÜ mit der Einbindung in APS

Potential	LCPS with FSÜ (“tomorrow”)	APS with the central integration of LCPS (“the day after tomorrow”)
TTD savings	no	yes
Minimised approach times	yes, but only compared to the current Hp and ÜS supervision types	yes, also compared to current FÜ and ÜS _{OE} supervision types
Faster fault handling	no	yes
Safer fault handling	yes, but only for signallers	yes, also for train drivers and LC guards
Use of support systems	no	yes

Tab. 1: A comparison of the potential between LCPS with FSÜ and integration into APS

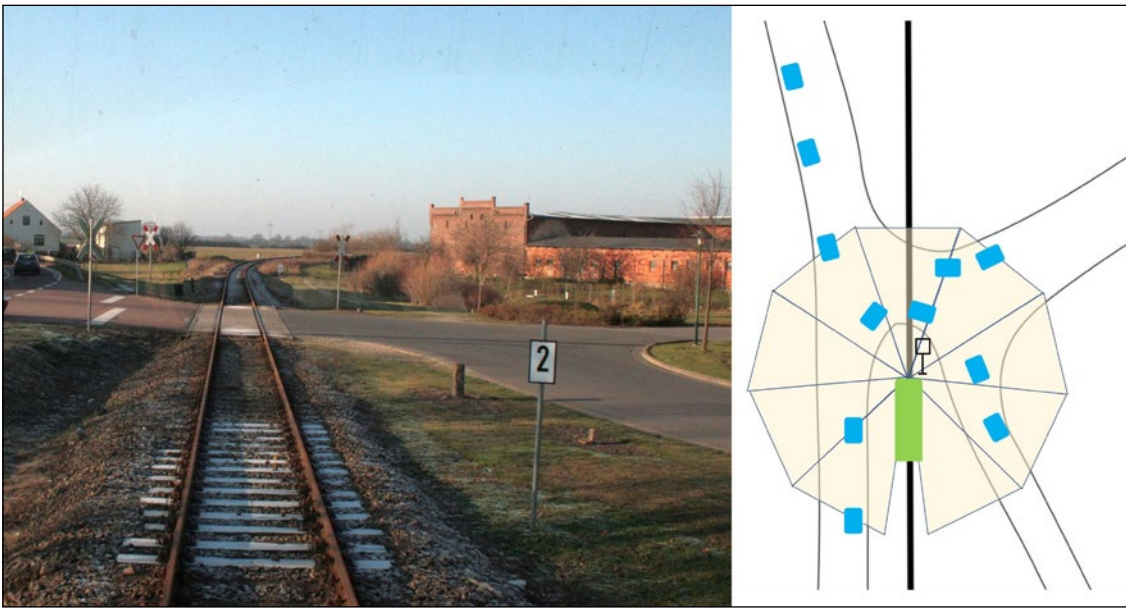


Bild 5: Anforderungen an die Objekterkennung bei BÜ mit komplexer Kreuzungsgeometrie – hier ohne technische Sicherung, die gleiche Geometrie kann jedoch auch bei BÜ mit technischer Sicherung auftreten.

Fig. 5: The requirements for object detection at LCs with complex crossing geometry – here as example at a passive LC, but the same geometry can occur at an active LC.

Quelle / Source: Eric Schöne

bei Gleisschaltmitteln, die Minimierung der Annäherungszeiten sowie die schnellere und sicherere Störungsbehandlung. Die damit einhergehenden Herausforderungen – insbesondere die zeitgerechte Ein- und Ausschaltung sowie die Prozesse im Störfall – sind nicht trivial, aber technisch lösbar. Aus Sicht der BÜ sollten die Entwicklungen hin zum digitalen Bahnbetrieb deshalb intensiviert werden.

Mit dem neuen, in Abschnitt 2.2 beschriebenen Überwachungsprinzip FSÜ kann bereits ein kleiner Teil der beschriebenen Potenziale gehoben werden; wesentliche Verbesserungen werden jedoch erst durch die zentrale Einbindung und die angepassten Funktionen der BÜSA in APS erreicht (Tab. 1).

Abschließend soll die bereits früher aufgeworfene Frage „Sind Bahnübergänge noch zeitgemäß?“ [13] aufgegriffen werden. Vor dem Hintergrund des Übergangs zum digitalen Bahnbetrieb, für den komplexe Automatisierungssysteme entwickelt werden, stellen höhengleiche Kreuzungen zwischen Eisenbahnstrecken und Straßen mit ihrem Einfluss des menschlichen Verhaltens auf die Sicherheit zweifellos einen Anachronismus dar. Da sie jedoch auf absehbare Zeit nicht vollständig zu beseitigen sein werden (vgl. Abschnitt 1.2), sollte im Rahmen des digitalen Bahnbetriebs eine Optimierung der Sicherheit und Leistungsfähigkeit der noch vorhandenen BÜ forciert werden. ■

complex automation systems are being developed, given their influence on safety as a result of human behaviour. However, given that they cannot be completely eliminated in the foreseeable future, efforts should be made to optimise the safety and performance of the remaining LCs within the framework of digital railway operations (see section 1.2). ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Fiack, A.; Weller, F.; Heimes, M.; Laux, T.: Digitale Schiene Deutschland – Zukunftstechnologien für das Bahnsystem, in: Eisenbahn Ingenieur Kompendium 2024, S. 189–208
- [2] Leuteritz, J.; Schiffmann, F.; Schneider, P.: Advanced Digital Infrastructure – betriebliche Szenarien für einen robusten Bahnbetrieb der Zukunft, in: Eisenbahntechnische Rundschau 7-8/2024, S. 14–18
- [3] Weiland, K.; Hundertmark, A.: Digitale Schiene Deutschland – Mit dem digitalen Bahnbetrieb in die Zukunft der Eisenbahn, in: Deine Bahn 9/2020, S. 14–18
- [4] DB InfraGO AG (Hrsg.): Bahnübergänge im Spiegel der Statistik, Bahnübergangsstatisik 2023, Version für Dritte
- [5] Wallasch, S.; Dambietz, H.; Lehmann, M.: Standardschnittstelle zwischen elektronischem Stellwerk und Bahnübergangssicherungsanlage, in: SIGNAL+DRAHT 4/2015, S. 25–33
- [6] EUG and EULYNX partners (Herausgeber): Position Paper Level Crossings, RCA.Doc.79, Version 1.0, 30.09.2022; öffentlicher Zugang nach Anmeldung unter <https://eulynx.eu/resource-hub-deliverables/>
- [7] Schöne, E.: Ein risikobasiertes Verfahren zur Sicherheitsbeurteilung von Bahnübergängen; Dissertation, TU Dresden, 2013
- [8] Schöne, E.; Geisler, R.: Postensicherung an Bahnübergängen: Notwendiges Übel mit Verbesserungspotenzial, in: Eisenbahntechnische Rundschau 6/2017, S. 47–51
- [9] Greif, P.: Nachwarnsystem für Bahnübergänge, in: Deine Bahn 10/2020, S. 14–17
- [10] Bousquet, P.; Peck, S.: A Technology Comparison of Two In-Vehicle Warning Methods at Level Crossings with Human Factor Implications, in: Proceedings of 10th World Level Crossing Symposium 24.–26.6.2008, Paris
- [11] Vondracek, M.; Kispert, C.: NavTrain™ – mind the train!, in: Eisenbahntechnische Rundschau 9/2011, S. 76–79
- [12] Ahlswede, J.; Braband, J.; Busse, R.; Gerber, J.: „Digitales Andreas-kreuz“ – Bahnübergänge mit Rail2X-Technologie, in: Eisenbahn Ingenieur Kompendium 2022, S. 188–198
- [13] Asbrock, H.: Sind Bahnübergänge noch zeitgemäß?, in: DER EISENBAHNINGENIEUR 8/2018, S. 52–57

AUTOR | AUTHOR

Dr.-Ing. Eric J. Schöne

Berater und Gutachter für Bahnübergangssicherheit /
Consultant and expert for level crossing safety
 DER BÜ-EXPERTE – Ihr Partner für Bahnübergangssicherheit
 Anschrift / Address: Schnorrstraße 70, D-01069 Dresden
 E-Mail: schoene@bue-experte.de

28. Jahresfachtagung der

Eisenbahn-Sachverständigen

17. – 18. März 2026

in **Berlin****HYBRID****JETZT
ANMELDEN**

Veranstalter:



In Zusammenarbeit mit:

**Auf dem richtigen Gleis!**

Mit dem Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung und dem Bundeshaushalt inklusive des Sondervermögens für die Infrastruktur sind entscheidende Grundlagen für die Modernisierung des Schienenverkehrs gelegt. Umso wichtiger ist es nun, dass der Sektor sich zügig so aufstellt, dass die bereitstehenden Finanzmittel abgerufen und so verbaut werden können, dass eine erheblich höhere Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit des Verkehrsträgers Schiene in Deutschland erreicht wird.

Die 28. Jahrestagung der Eisenbahn-Sachverständigen am 17. und 18. März 2026 im Estrel Congress Center in Berlin bietet einmal mehr das Forum, sowohl die Rahmenbedingungen als auch konkrete Vorhaben und Maßnahmen zu diskutieren. Am Plenumstag

wird es zunächst eine Einordnung der bahnpolitischen Schwerpunkte des Bundesverkehrsministeriums und der EU-Kommission geben. Ein besonderer Fokus des weiteren Programms liegt auf Ansätzen zur Entbürokratisierung und Prozessverschlangung.

Die Planungen der DB InfraGO zur Digitalisierung der Leit- und Sicherungstechnik, das Projekt des Wiederaufbaus der Dresdner Bahn in Berlin und ausgewählte Erkenntnisse aus der Forschung des DZSF fächern die Bandbreite des Plenumstages auf. Am zweiten Tag der Veranstaltung geht es dann in den drei fachbezogenen Workshops in bewährter Form vertiefend um aktuelle Projekte und Verfahren aus den Bereichen Ingenieur- und Hochbau, Leit- und Sicherungstechnik sowie Fahrzeuge.

Info**Termin:**

Dienstag, den 17. März 2026 bis
Mittwoch, den 18. März 2026

in **Berlin im ECC Berlin**
(Estrel Congress Center)

Webseite:

www.eurailpress.de/eba2026

Veranstalter:

DVV Media Group GmbH | Eurailpress
Postfach 10 16 09
D-20010 Hamburg
Tel.: +49 (0)40/237 14-470
Fax: +49 (0)40/237 14-471

Teilnahmebeitrag:

€ 765,-*1
€ 665,-*1 für persönliche Mitglieder des VDEI/VPI*2
€ 165,-*1 staatliche und kommunale Behörden und Studenten
€ 565,-*1 virtuelle Teilnahme (Livestream)

*1 zuzüglich MwSt.

*2 VDEI: Verband Deutscher Eisenbahn-Ingenieure e.V. /

VPI: Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik e.V.

Ansprechpartnerin Organisation:

Daniela Hennig
daniela.hennig@dvvmedia.com

Ansprechpartner Sponsoren:

Tim Feindt
tim.feindt@dvvmedia.com
Tel.: 040/237 14 - 220

Medienpartner:

EI
DER
EISENBAHN
INGENIEUR

ETR
EISENBAHNTHEMISCHE RUNDschau

SIGNAL + DRAHT
SIGNAL- & DATENKOMMUNIKATION

DER NAHVERKEHR
Örtlicher Personenverkehr in Stadt und Region

Programm Dienstag, 17. März 2026

Plenumsveranstaltung

Moderation: Markus Köppel, Eisenbahn-Bundesamt

- 13:30** **Begrüßung**
Manuel Bosch, Verlagsleiter,
DVV Media Group GmbH | Eurailpress
- 13:35** **Eröffnung & Einleitung**
Stefan Dernbach, Präsident,
Eisenbahn-Bundesamt
- 13:45** **Bahnpolitische Schwerpunkte
des Bundesverkehrsministeriums**
Ulrich Lange, Parlamentarischer
Staatssekretär, BMV
- 14:15** **Weiterentwicklung von Sicherheit und
Interoperabilität auf europäischer Ebene**
Joachim Lücking, Referatsleiter,
EU-Kommission
- 14:45** **Mittagspause**

- 15:15** **Erkenntnisse aus aktuellen
Forschungsaktivitäten des DZSF**
Eckhard Roll, Direktor, DZSF
- 15:55** **Ansätze zur Prozessbeschleunigung**
Dr. Markus Rothkehl, Zulassungsmanage-
ment, DB InfraGO
Dr. Markus Hennecke, Vorstand, vpi-EBA
Axel Schuppe, Geschäftsführer, VDB
- 16:40** **Kaffeepause**
- 17:10** **Schwerpunkte der Digitalisierung
der Bahninfrastruktur**
Dr. Bernd Elsweiler, Leiter Entwicklung
DSTW, DB InfraGO

- 17:35** **Erfahrungen aus Planung und
Realisierung des Wiederaufbaus
der Dresdner Bahn**
Marcus Reuner, stellvertretender Direktor
Großprojekte / Ingenieurbau, Spitze SE

- 18:00** **Podiumsdiskussion**
Stefan Dernbach, Präsident,
Eisenbahn-Bundesamt
Michael Gilka, Hauptgeschäftsführer,
Bundesvereinigung Mittelständischer
Bauunternehmen
Jan Görnemann, Geschäftsführer,
Bundesverband SchienenNahverkehr

- 18:45** **Ende des ersten Veranstaltungstages &
Abendessen im Hotelrestaurant**

Programm Mittwoch, 18. März 2026

Workshop 1

Fachbereich Ingenieurbau, Oberbau, Hochbau

Moderation: Dr. Hartmut Freystein, Eisenbahn-Bundesamt

- 09:00** **Einführung / Aktuelles**
Dr. Hartmut Freystein,
Eisenbahn-Bundesamt
- 09:15** **Ersatzneubau der 1.Hochbrücke
Levensau über den Nord-Ostsee-Kanal**
Dr. Andreas Meisel,
WKC Hamburg GmbH
- 09:55** **Detailfragen des Stahlbaus**
Alexander Schmackpfeffer,
IngenieurGruppe Bauen
- 10:25** **Kräfte in Oberleitungsanlagen –
Auswirkungen auf die Lastannahmen
auf EU-Ausrüstungsbalken**
Dr. André Dölling, Siemens AG
Florian Mielsch, Siemens Mobility GmbH
- 11:05** **Kaffeepause**
- 11:35** **Neues aus Regelwerk und aktuelle
Fragen des KIB oder Hochbau**
Dr. Jens Müller, DB InfaGo
- 12:05** **Baulicher Brandschutz
in Eisenbahntunneln**
Dr. Carsten Peter,
BUNG-PEB Tunnelbau-Ingenieure
- 12:35** **Erfahrungen mit der FF auf den ABS/NBS**
Dr. Jürgen Wolf,
HTVS-Ingenieurbüro GmbH
- 13:05** **Rutschungen und Schäden an Bahn-
strecken nach Starkregenereignissen –
ausgewählte Beispiele und Maßnahmen**
Dr. Marc Raithel, Kempfert + Raithel
Geotechnik GmbH
- 13:45** **Fragen & Antworten /
Abschlussdiskussion**
Dr. Hartmut Freystein,
Eisenbahn-Bundesamt
- 14:00** **Ende des Workshops**

Workshop 2

Fachbereich Leit- und Sicherungstechnik,
Elektrische Anlagen, Telekommunikationsanlagen

Moderation: Dr. Ralph Fischer, Eisenbahn-Bundesamt

- 09:00** **Einführung / Aktuelles aus dem
Eisenbahn-Bundesamt – Schlaglichter
aus der Eisenbahn- und Bauaufsicht**
Dr. Ralph Fischer,
Eisenbahn-Bundesamt
- 10:15** **Was ist dran am Klimawandel?**
Mathias Rudolph, DWD
- 10:45** **Aktuelle LST-Themen aus Industriesicht**
Dr. Enrico Anders, Hitachi
- 11:15** **Kaffeepause**
- 11:45** **Automatisiertes Fahren (ATO):
von der Umsetzung bestehender Regeln
für GoA 2 bis zur Entwicklung
der Anforderungen für GoA 4**
Matthias Heidl, Eisenbahn-Bundesamt
n.n., DB InfraGO
- 12:15** **Herausforderungen rund um
den batterieelektrischen Bahnverkehr**
Dr. Carsten Söffker, Alstom
Kai Wittig, DB Energie GmbH
- 12:45** **Sicherheitsbetrachtungen
im UiG-Prozess – von der Pflicht
zur Perspektive**
Dr. Sonja-Lara Bepperling,
CERSS Kompetenzzentrum
Bahnsicherungstechnik GmbH
- 13:15** **Abschlussmoderation**
Dr. Ralph Fischer,
Eisenbahn-Bundesamt
- 13:30** **Ende des Workshops**

Workshop 3

Fachbereich Fahrzeuge

Moderation: Volker Rupprecht, Eisenbahn-Bundesamt

- 09:00** **Einführung / Aktuelles**
Volker Rupprecht,
Eisenbahn-Bundesamt
- 09:15** **Das 4. EP in der Praxis: Die ESC-Prüfung
als Beispiel für die Erfolge und
die Herausforderungen**
Martin Debudey, Siemens Mobility GmbH
- 09:45** **Border Stations / Kleiner Grenzverkehr
im 4. EP - Herausforderungen und
Lösungsansätze**
Thomas Birkenbeil, Eisenbahn-Bundesamt
Ralf Fleischmann, ALSTOM Transportation
Germany GmbH
Jörg Wurdinger, RAILPOOL GmbH
- 10:30** **ICE L – Erkenntnisse und Erfahrungen
bei den Prüfungen und der Nachweisfüh-
rung im Rahmen der Zulassung**
Stella Köster, DB Fernverkehr AG
Antonia Weithoener, TÜV SÜD Rail GmbH
Andreas Netzel, Patentes Talgo, S.L.U.
- 11:00** **Kaffeepause**
- 11:30** **DAK – Aktuelle Entwicklungen und
Erfahrungen bei den Prüfungen und
der Nachweisführung**
Daniel Wolfram, DB Cargo AG
- 12:00** **Umgang mit Gefährdungen ausgehend
von alternativen Antriebstechnologien**
Tolga Wichmann, DB InfraGO
- 12:30** **EMV – Aktuelle Entwicklungen,
Veränderungen in TSI und Regelwerk**
Uwe Rörden, Ing.-Büro Rörden
- 13:05** **Fragen & Antworten
Abschlussdiskussion**
Volker Rupprecht, Eisenbahn-Bundesamt
- 13:10** **Ende des Workshops**

Das Programm finden Sie auch online unter:
www.eurailpress.de/eba2026