

Herausforderungen bei der ETCS-Realisierung sowie Ansätze zur Optimierung

The challenges of ETCS realisation and strategies to optimise it

Robert Schätzle | Frank A. Werner | Alexander Wolf | Anne-Christine Will

Durch das Programm „Digitale Schiene Deutschland“ soll das gesamte Streckennetz der Deutsche Bahn AG (DB AG) in etwa 20 Jahren mit digitalen Stellwerken und European Train Control System (ETCS) ausgerüstet werden. Dies stellt vor dem großen Investitionsumfang, dem anhaltenden Fachkräftemangel sowie den noch nicht ausreichend spezifizierten Lastenheften eine große Herausforderung für den gesamten Bahnsektor dar und ist nur mittels umfangreicher Ansätze zur Optimierung der Planung, Realisierung und Inbetriebnahme möglich.

„Mehr Kapazität, bessere Qualität, höhere Effizienz“ sind die Effekte, die sich Bund und DB AG von der Digitalisierung versprechen. Nach Aussage von DB Infrastrukturvorstand Ronald Pofalla stellt „die Einführung innovativer Technologien im Bahnbetrieb [...] eine nie dagewesene Chance für die Eisenbahn in Deutschland [dar]. Die Digitalisierung der Leit- und Sicherungstechnik und die flächendeckende Einführung eines neuen Zugbeeinflussungssystems machen die Schiene wettbewerbsfähig und zeigen, dass die Eisenbahn die Antwort auf die wachsende Nachfrage nach Mobilität ist“ [1]. Durch die Digitalisierung der Infrastruktur soll die Kapazität des bestehenden Schienennetzes um bis zu 20 % erhöht und die Pünktlichkeit sowie Zuverlässigkeit gesteigert werden. Zusätzlich wird durch die Standardisierung der Technik eine Senkung der Kosten für Betrieb, Wartung und Instandhaltung erwartet. Hierzu müssen die vorhandenen ca. 2700 Stellwerke, 67 000 Weichen und 160 000 Signale zum größten Teil durch Digitale Stellwerke ersetzt und mit ETCS ausgerüstet werden. Dieses immense Investitionsprogramm stellt für den Bahnsektor eine erhebliche Herausforderung dar. Allein bei Betrachtung der jährlichen Umrüstkapazitäten der Leit- und Sicherungstechnik (LST) von bis zu 4000 Stelleinheiten und Realisierungszeiträumen bei Stellwerken von bis zu zwölf Jahren wird deutlich, dass mit den heutigen Richtlinien/Regelwerken, Prozessen sowie Ressourcen die für einen Rollout bis 2040 benötigte Umrüstung von jährlich rund 10 000 Stelleinheiten und Projektdurchlaufzeiten von etwa fünf Jahren nicht ohne Optimierungsansätze erreicht werden können. Im Folgenden stellen wir einige Ansätze zur Optimierung der DSTW/ETCS-Realisierung vor.

1 First-Time-Right-Ansatz

Der womöglich bedeutendste Ansatz zur Erreichung der Ziele ist nach dem First-Time-Right-Prinzip, das gleich von Anfang an dafür Sorge trägt, jede auch noch so kleine Tätigkeit mit einer solchen Qualität durchzuführen, dass diese nur einmal verrichtet werden muss.

The Digital Rail for Germany (Digitale Schiene Deutschland) program intends to ensure that the entire DB AG (Deutsche Bahn AG) rail network will be equipped with digital signalling technology and European Train Control System (ETCS) within about 20 years. This represents a major challenge for the entire German rail sector due to the scale of investment, the continued shortage of specialist employees and the fact that the required specifications have yet to be sufficiently specified. This will only be possible with the help of extensive strategies to optimise the design, realisation and implementation.

“More capacity, better quality, higher efficiency”; these are the effects which Germany’s Federal Government and DB AG hope to achieve with digitalisation. According to statements by DB Infrastructure CEO Ronald Pofalla, “the introduction of innovative technologies into rail operations represents a unique opportunity for the railway system in Germany. The digitalisation of control and safety technology and the comprehensive introduction of a new train control system will make the rail system more competitive and show that rail travel is the answer to the growing demand for mobility.” [1] The digitalisation of the infrastructure is intended to increase the capacity of the existing rail network by up to 20% and to enable improvements in both punctuality and reliability. Furthermore, standardisation of the technology is expected to result in reduced operating, servicing and maintenance costs. In order to achieve this, most of the approximately 2,700 interlockings, 67,000 switches and 160,000 signals currently in place will have to be replaced with digital signal technology and equipped with ETCS. This immense investment program constitutes a significant challenge for the German rail sector. A simple look at the annual capacity for the conversion of control and safety technology (which accounts for up to 4,000 outdoor elements, such as points and signals) and the up to twelve year realisation period for interlockings under the current guidelines/regulations, processes and resources is sufficient to show that it will not be possible to achieve the necessary conversion rates for the rollout of around 10,000 outdoor elements per year and project lead times of around five years by 2040 without the use of optimisation strategies. We will present some strategies in the following article to optimise the realisation of the digital signal technology and ETCS.

1 The “right first time” approach

Probably the most meaningful approach to achieving these goals is the “right first time” principle, which ensures that every activity, no matter how small, is performed well enough right from the start to ensure that it only needs to be done once.

Die oftmals gelebte Praxis, infolge äußerer Zwänge auf Basis noch in Entwicklung befindlicher Lastenhefte Projekte zu realisieren, führt zu einer erheblichen und vermeidbaren Mehrbelastung im gesamten Bahnsektor. Lastenheftänderungen führen in den Projekten zu einer zu Planungsänderungen, was zusätzlichen Aufwand für Planungsbüros und Planprüfer bedeutet, und zum anderen zu einer Anpassung der schon installierten Infrastruktur, was zu Mehraufwänden bei Lieferanten, Bauüberwachung, Sicherungsfirmen und Abnahmeprüfern führt. Zusätzlich müssen für Lücken in den Richtlinien mit den Anlagenverantwortlichen und dem Eisenbahnbetriebsleiter spezifische Lösungen in Form von unternehmensinternen Genehmigungen erarbeitet werden, die dann von der Bauartbetreuung bewertet und vom Eisenbahn-Bundesamt (EBA) als Zustimmungen im Einzelfall freigegeben werden. Des Weiteren müssen auf Seiten der Lieferanten die Pflichtenheft- und Produktphasen mehrfach durchlaufen werden. Dies wiederum erschwert es den Lieferanten, lastenheftkonforme Produkte anzubieten, was in jedem Projekt eine ressourcenintensive Überprüfung der Lastenheftkonformität zur Folge hat. Abschließend ist für jedes Projekt für Produktzulassung und Inbetriebnahme in umfangreichen Tests und Gutachten die Sicherheit nachzuweisen. Im schlimmsten Fall muss eine installierte Ausrüstung (z.B. VDE 8) nochmals komplett umprojektiert werden, um Auflagen bzw. funktionale Einschränkungen aufzuheben.

Dieser Missstand kann nur aufgehoben werden, wenn vor Beginn eines Serien-Rollouts vollständige erprobte und prüferklärte Lastenhefte und Regelwerke vorliegen, die sämtliche betriebliche und infrastrukturelle Rahmenbedingungen / Anforderungen abdecken und somit im ganzen Streckennetz ohne Anpassungen umgesetzt werden können.

Zur Erreichung dieses Ziels wäre zunächst in einer konsternierten Kraftanstrengung mit allen vorhandenen Ressourcen von Seiten der Lieferanten, der DB AG, des EBA, der Gutachter und Ingenieurbüros die Entwicklung der Lastenhefte bzw. Richtlinien / Regelwerke innerhalb eines Jahres abzuschließen. Diese neuen Richtlinien / Regelwerke sollten zunächst im Labor getestet und dann in wenigen – für das Streckennetz möglichst repräsentativen – Netzbezirken innerhalb von fünf Jahren entsprechend parallel optimierter Richtlinien / Regelwerke pilotiert werden. Der Serien-Rollout würde dann zwar später starten, wäre dafür aber insgesamt effizienter, schneller und kostengünstiger.

Die Zeit bis zum Start des Serien-Rollouts sollte gewinnbringend zur Schaffung der Grundlagen und notwendigen Voraussetzungen für die Planung sowie zur Entwicklung von Prozessen und Werkzeugen für eine optimierte Programmumsetzung genutzt werden.

2 Harmonisierung Zulassungs- / Inbetriebnahmeprozesse

Die Zulassung von Richtlinien / Regelwerken und Produkten für eine ETCS-Infrastruktur ist bestimmt durch die bestehende Betriebsordnung und deren Vorgaben für die technische Umsetzung, aber vor dem Hintergrund der sicherheitlichen Systemanforderungen auch insbesondere von den verschiedenen Zulassungsverfahren. Diese sind unterteilt in übergeordnete europäische Normen / Vorgaben sowie in abgeleitete nationale Anforderungen mit Gesetzescharakter und in nationale Zulassungsvorschriften des EBA. Alle diese Vorgaben sind wirksam und jede für sich nachweislich zu erfüllen. Erschwerend kommt hinzu, dass diese Anforderungen zum Teil nicht aufeinander abgestimmt sind und einem steten Wandel bzw. einer Fortentwicklung unterliegen, die deutlich kürzere Zyklen aufweist als die Entwicklungszyklen bzw. Projektlaufzeiten.

The frequently-practiced habit of realising projects on the basis of requirement specifications which are still under development as a response to external pressures has led to considerable and avoidable additional work across the whole German rail sector. Any alterations to the requirement specifications in the projects result, on the one hand, in design changes that cause additional work for planning offices and design reviewers and, on the other hand, in adjustments to the already installed infrastructure that lead to additional costs from suppliers, construction management, security firms and acceptance inspectors. In addition, specific solutions to the gaps in the guidelines must be developed with those responsible for the installations and the railway operation management in the form of internal company authorisations, which are then evaluated by construction support and approved in each individual case by the German Federal Railway Authority (EBA) in the form of permits. Moreover, suppliers have to undergo the product requirement specification and product phases several times. This in turn makes it more difficult for suppliers to provide products which conform to the requirement specifications, which in turn leads to resource-intensive investigations into conformity with the requirement specifications in every project. Finally, safety must be substantiated for every project in extensive trials and reports for product approval and commissioning. In the worst-case scenario, installed equipment (e.g. VDE 8) has to be completely redeveloped in order to eliminate any conditions or functional restrictions.

This problem can only be rectified, if fully tried and tested requirement specifications and regulations that cover the entire operating and infrastructure framework conditions / requirements exist before the start of any mass rollouts and can therefore be implemented across the entire rail network without any adjustments.

Achieving this goal would first require the suppliers, DB AG, the EBA, the surveyors and the engineering offices to make a concerted effort to use all the available resources to develop the requirement specifications or guidelines / regulations within a year. These new guidelines / regulations would first have to be tested in the lab and then piloted in a few network regions that are as representative of the rail network as possible in line with the simultaneously optimised guidelines / regulations within five years. Then, the process would be more efficient, faster and generally more economical, even though the mass rollout would start somewhat later.

The time leading up to the commencement of the mass rollout should be used to gainfully establish the basics and the necessary preconditions for the planning and to develop the processes and tools for optimised program implementation.

2 The harmonisation of the approval / implementation processes

The approval of the guidelines / regulations and products for an ETCS infrastructure is governed by the existing operating code and its stipulations for technical implementation, but also in particular by the various approval procedures in light of the safety-related system requirements. These are divided into higher-ranking European norms / rules, derived national requirements of a legal nature and the national approval regulations of the EBA. All these requirements apply and each must be verified individually. An additional difficulty involves the fact that some of these requirements are not coordinated with one another and are subject to constant changes or further developments with cycles which are considerably shorter than the development cycles or the project life spans.

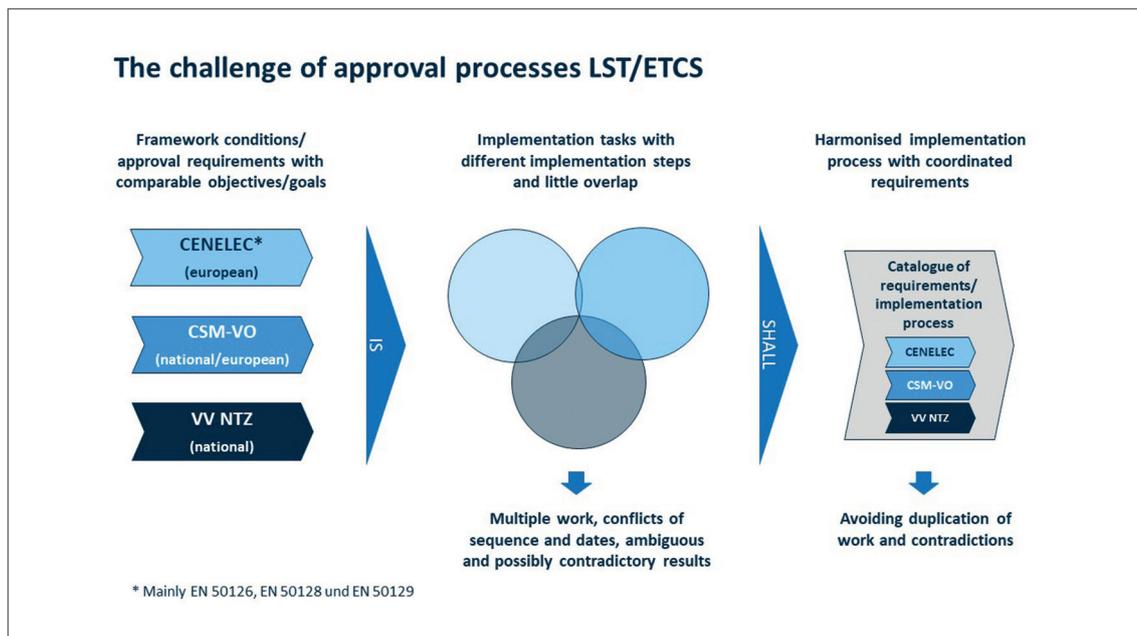


Bild 1: Übersicht Herausforderung Zulassungsprozesse LST/ETCS

Fig. 1: The challenge of approval processes LST/ETCS

Quelle / Source: Quattron Management Consulting

Zur Optimierung sollten ein aufeinander abgestimmtes Vorgabenverzeichnis und daraus abgeleitete, ineinandergreifende Zulassungsprozesse entwickelt werden. Diese müssen für alle Phasen aufeinander abgestimmt und eindeutig ausgestaltet sein. Dieses Vorgabenverzeichnis sollte dann in einer Verwaltungsvorschrift gebündelt und soweit detailliert sein, dass die verschiedenen Aspekte der europäischen und nationalen Anforderungen an das Risikomanagementverfahren, die sicherheitliche Nachweisführung wie auch die CENELEC-Anforderungen über die Zulassungsphasen miteinander harmonisiert und aufeinander aufbauend vereinbart sind (Bild 1).

Idealerweise wird der Inbetriebnahmeprozess (Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung, EIGV) mit inkludiert, sodass von der Entwicklung über die Realisierung bis zur Inbetriebnahme ein durchgängiger Prozess mit eindeutigen Ablaufbeschreibungen, klaren Rollenanforderung und aufeinander aufbauenden Ergebnissen entsteht. Dies würde aufgrund des Entfalles von Doppelarbeiten zu einer geringeren Ressourcenbelastung und somit einer Beschleunigung des Gesamtprozesses führen. Die Harmonisierung zielt auf eine effiziente Bereitstellung aller geforderten Nachweise für die verschiedenen Adressaten ab und gewährleistet somit eine höhere Handlungssicherheit sowie Reduzierung von Interpretationsspielräumen. Im Rahmen der ausstehenden Entwicklung der Sektorenleitlinie für die Zulassungs-/Freigabeverfahren der LST sollten diese Aspekte aufgegriffen und berücksichtigt werden. Um ein effizientes und belastbares Vorgabenverzeichnis zu erhalten, sollte das EBA bei der weiteren Entwicklung der Sektorenleitlinie die Erfahrungen der Betreiber, der Lieferanten, der Projekte, der Prüfer / Gutachter sowie der Freigabeverantwortlichen berücksichtigen.

3 Digitalisierung der Bestandsinfrastruktur

Für eine effiziente Durchführung eines Projektes spielen aktuelle und genaue Bestandsdaten eine wichtige Rolle. Darüber hinaus sind digitale, maschinenverarbeitbare Datengrundlagen eine Voraussetzung für die Integration in Softwarewerkzeuge moderner Planungsprozesse. Oft können diese datentechnischen Qualitätsanforderungen im Projekt nicht erfüllt werden. Zeit- und kos-

A coordinated index of the requirements and the associated derived approval processes should be developed in order to optimise this situation. These must be coordinated with one another in all the phases and designed uniformly. This index of requirements should then be bundled into one administrative regulation and be sufficiently detailed that the various aspects of the European and national requirements regarding the risk management process, safety verification records and CENELEC requirements are harmonised with one another across the approval phases and arranged so that they build upon one another (fig. 1).

Ideally, the commissioning process (EIGV [German Rail Implementation Approval Regulation]) has been integrated in such a way that there is a continuous process from the development through to the realisation and on to the commissioning with unambiguous process descriptions, clear role requirements and results which build upon one another. This would lead to a lower use of resources due to the elimination of work duplication and thus to the acceleration of the overall process. Harmonisation is aimed at achieving the efficient provision of all the required verifications for the different recipients and thus at guaranteeing a higher level of operational certainty and a reduction in the scope for interpretation. These aspects should be tackled and considered in the still outstanding development of the sector guideline for the approval / release process of the control and safety technology. In order to create an efficient and robust index of requirements, the EBA should consider the experiences of the operators, suppliers, projects, inspectors / surveyors and those responsible for releases in its further development of the sector guideline.

3 The digitalisation of railway infrastructure

Up-to-date and accurate inventory data plays an important role in efficient project implementation. In addition, digital databases that can be automatically processed are a precondition for the integration of modern design processes into software tools. Often these data-related quality requirements cannot be fulfilled in the project. Time-consuming and expensive railway infrastructure measurements would be needed, which would delay the project's progression.

tenaufwendige Neuvermessungen wären erforderlich, die den Projektfortschritt verzögern.

Die Firma Nextrail GmbH initiierte ein Industrieprojekt, welches sich diesem Problem annimmt und eine Möglichkeit zur schnellen und leistungsfähigen Aufnahme von aktuellen Eisenbahninfrastrukturdaten schafft.

Mit dem Produkt Traximizer® wurde ein Mobile Mapping System für die Erfassung von hochgenauen Infrastrukturdaten speziell im Eisenbahnsektor realisiert. Das transportable Erfassungssystem wird temporär an einem Triebfahrzeug installiert und zeichnet während der Fahrt umfangreiches Datenmaterial zur befahrenen Infrastruktur und Gleisumgebung auf – präzise Positionsdaten, georeferenzierte dreidimensionale Punktwolken und hochauflösende Fotodaten sind Ergebnisse einer Traximizer®-Befahrung.

Das Aufnahmesystem basiert auf folgenden Komponenten:

- Ein präzises Ortungssystem bestehend aus GNSS-gestütztem Inertialnavigationssystem, welches auch in Tunnelbereichen und Tälern akkurate Positionsdaten zur Verfügung stellt,
- ein angepasster Laserscanner als Aufnahmesystem für 3D-Punktwolken sowie
- ein hochauflösendes, bildgebendes Kamerasystem zur Aufnahme der Szenerie.

Die Messgeschwindigkeit beträgt idealerweise bis zu 80 km/h, wodurch Messeinsätze auch tagsüber im operativen Verkehr ohne Auswirkungen auf den betrieblichen Ablauf durchführbar sind. Im Anschluss an die Aufnahme erfolgen eine Aufbereitung und Auswertung der Messdaten. Alle relevanten Infrastrukturelemente werden innerhalb der Punktwolke detektiert und präzise verortet und dokumentiert. Darüber hinaus erfolgt die Erstellung einer aktuellen Gleisstopologie. Aus den Ortsreferenzen werden anschließend Distanzen auf den Gleiskanten abgeleitet und die streckenbezogene Kilometrierung bestimmt. Die Ausgabe der Messwerte erfolgt in Standardformaten zur weiteren Verarbeitung der gemessenen Distanzen oder direkt über kundenspezifische Datenschnittstellen. Die gesamte Auswertung erfolgt in einem Prozess, welcher die Anwendbarkeit der Daten im sicherheitsrelevanten Kontext (SIL4) mit der geforderten Genauigkeit für ETCS gewährleistet.

Neben den ausgewerteten Elementdaten werden weitere digitale Liefergegenstände erzeugt, die eine umfangreiche Dokumentation der Bestandsdaten ermöglicht. Dazu gehören Gradientenprofile, dreidimensionale Punktwolken, hochauflösende Streckenvideos so-



Bild 2: Aufbau Messequipment

Fig. 2: Measuring equipment configuration

Quelle / Source: Nextrail

Nextrail GmbH has initiated an industry project which tackles this problem and has created an option for the fast and efficient acquisition of current rail infrastructure data.

The Traximizer® product is a mobile mapping system for recording high-precision infrastructure data specifically in the rail sector. The transportable recording system is temporarily installed on a traction vehicle. The system records extensive data from the track environment during the measurement trip; a Traximizer® route inspection results in precise positioning data, geo-referenced three-dimensional point clouds and high-resolution imaging data.

The recording system consists of the following components:

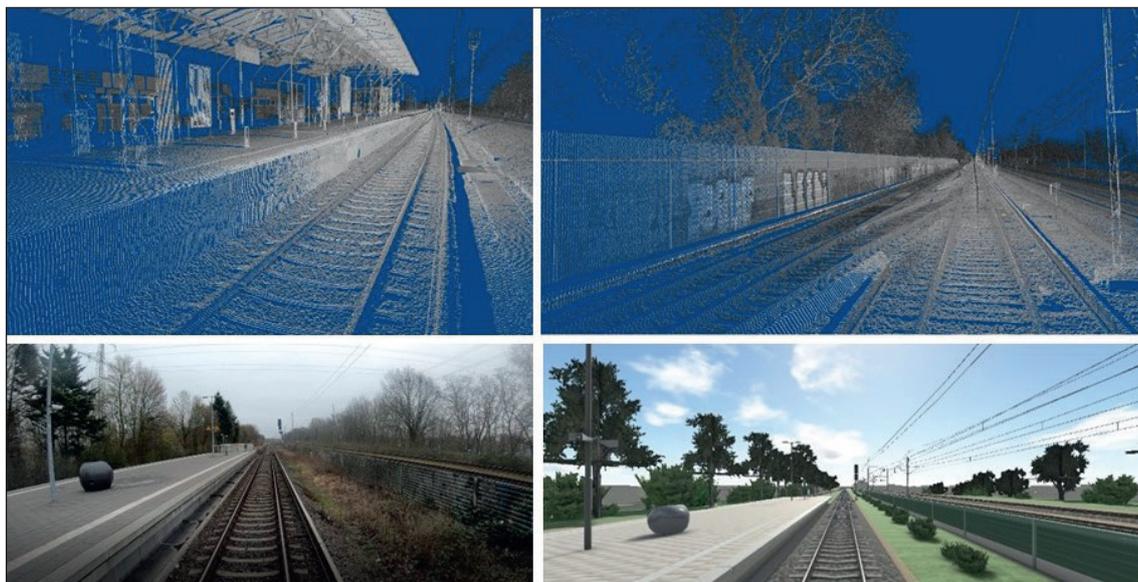
- a precise positioning system based on a GNSS-supported inertial navigation system, which also provides accurate positioning data in tunnels and valleys,
- an adapted laser scanner as a recording system for 3D point clouds and
- a high-resolution imaging camera system to record the scenery.

The ideal measuring speed is up to 80 km/h, which means that measurements can also be taken during the daytime in regular traffic without affecting the operating processes. The data is col-

Bild 3: Beispiele digitaler Liefergegenstände aus Traximizer®

Fig. 3: Overview of several the digital deliverables from Traximizer®

Quelle / Source: : Nextrail



wie 3D-Modelle, die auch für die Weiterverarbeitung innerhalb von BIM-Prozessen (Building Information Modelling, BIM) zum Einsatz kommen können.

Eine manuelle Verarbeitung der aktualisierten Distanzen und ein Abgleich mit bestehenden Infrastrukturdatenbanken ist oftmals nicht sinnvoll, da Aufwand und Fehleranfälligkeit bei hoher Elementanzahl schnell steigen. Uneinheitliche Schnittstellen und nicht standardisierte Datenformate erschweren zusätzlich die Umsetzung eines einheitlichen digitalen Planungsprozesses.

In zurückliegenden Projekteinsätzen konnte mit Traximizer® bereits ein Ansatz für eine digitale Werkzeugkette erstellt sowie erfolgreich erprobt werden, um die genannten Schwierigkeiten besser zu bewältigen. Unter Anwendung der PlanPro-Schnittstelle wurde eine Methodik entwickelt, welche eine mehrstufige Verifikation und Aktualisierung der Planungsdaten erlaubt. Durch direkten Vergleich der ausgewerteten Elementdistanzen mit dem aktuellen Planungsstand wird eine selektive Aktualisierung abweichender PlanPro-Attribute ermöglicht. Die Ergebnisse können anschließend direkt in die digitalen Planungsdokumente reimportiert und geprüft werden. Diese Werkzeugkette ist auch zur späteren Prüfung der korrekten Installation einsetzbar und ermöglicht eine effiziente Verifikation des Planungs- und Projektierungsprozesses.

4 Digitalisierung der Planung und Planprüfung

Da für die Umsetzung der derzeit laufenden ETCS-Projekte nicht ausreichend qualifizierte Planungs- und Planprüfungsressourcen für eine zügige Projektumsetzung zur Verfügung stehen, muss die Planung deutlich beschleunigt werden. Vor dem Hintergrund eines industriellen Serien-Rollouts mit immer wiederkehrenden gleichen Planungsinhalten sollte die Planung weitestgehend automatisiert durch validierte Softwaresysteme erstellt werden. Das Ziel ist, den Planer von der Vielzahl an Standardausrüstungsfällen zu entlasten, sodass er sich nur auf die Sonderfälle konzentrieren muss, die nicht vom System geplant werden können. Insbesondere ETCS als Overlay-System ist für eine solche automatisierte Planung prädestiniert.

Wesentliche Eingangsgrößen sind digitale Bestandsdaten, wie sie vom Traximizer® geliefert werden können, und die vollständige Modellierung der notwendigen Regelwerke in Softwarecode. Auf dieser Basis wird von der Software dann die Planung erstellt und aufgezeigt, welche Stellen nicht automatisiert geplant werden konnten. Sollte das System nicht das erwartete Ergebnis liefern, so ist der Grund für die Abweichung zu ermitteln und entweder das Softwareprogramm oder ggfs. auch das Regelwerk selbst anzupassen.

Durch eine unabhängig von der Planungssoftware entwickelte Planprüfungssoftware kann der Planprüfer bei der Prüfung der erstellten ETCS-Planung entlastet werden. Auch hier würden vom System die Standardfälle übernommen und angezeigt werden, an welchen Stellen die Planung nicht überprüft werden kann.

Die DB AG hat zusammen mit der TU Darmstadt hierfür mit dem Projekt „FormETCS“ einen möglichen Lösungsansatz entwickelt. FormETCS beschäftigt sich insbesondere mit der Formalisierung von Regelwerken, was eine (Teil-)Automatisierung der Planung und Planprüfung ermöglichen soll. Im Rahmen der Planung werden ETCS-Objekte auf einem in PlanPro erstellten Plan abgebildet bzw. platziert. Dies ist zurzeit für ETCS L2 (Richtlinien 819.1343 und 1344) möglich und eine Ergänzung um ETCS L1 LS ist vorgesehen. Die Entwicklung von FormETCS setzt voraus, dass die Richtlinien zuerst im Detail analysiert werden, um Regeln, Bedingungen, Tabellen, Abbildungen und Formeln in den Texten zu identifizieren und zu kategorisieren. Diese werden dann in sogenannte Pseu-

lated and evaluated after the recording process. All relevant infrastructure elements are detected within the point cloud and precisely localised and documented.

In addition, an up-to-date track topology is also prepared. The geographical references are used to derive the distances on the track edges and to calculate the line-related mileage. The results are exported in standard data formats to be processed in various tool chains or directly using customer-specific data interfaces. The analysis is undertaken in a process that guarantees the applicability of the data in the safety relevant context to the degree of accuracy required for ETCS implementations.

In addition to the calculated element data, additional digital deliverables are also created which enable comprehensive documentation of the inventory data. These include gradient profiles, three-dimensional point clouds, high-resolution segment videos and 3D models which can also be used for further processing within BIM (Building Information Modelling) processes.

Manual processing of the updated distances and comparisons with existing infrastructure databases are often not helpful, since the amount of work and the error rate increase rapidly with higher numbers of elements. Inconsistent interfaces and non-standard data formats cause additional difficulties when implementing a uniform digital design process.

It has already been possible to successfully test the Traximizer® in previous project deployments as an approach to create a digital tool chain to better deal with the stated difficulties. A method has been developed using the PlanPro interface to enable multi-level verification and the updating of the design data. The direct comparison of the evaluated element distances with the current design status enables the selective updating of any divergent PlanPro attributes. The results can then be directly re-imported into the digital design documents and inspected. This tool chain can also be used for later inspections of the correct installation and enables the efficient verification of the design and planning process.

4 The digitalisation of the planning and the design review

Since there are not enough qualified planning and design review resources available to implement the ETCS projects currently underway and to provide rapid project implementation, the planning must be significantly accelerated. Planning should be undertaken on a largely automated basis using validated software systems against the background of an industrial mass rollout with the same constantly repeating design content. The goal is that planners will no longer need to deal with a large number of standard implementation cases, so that they can concentrate solely on those special cases that cannot be planned by the system.

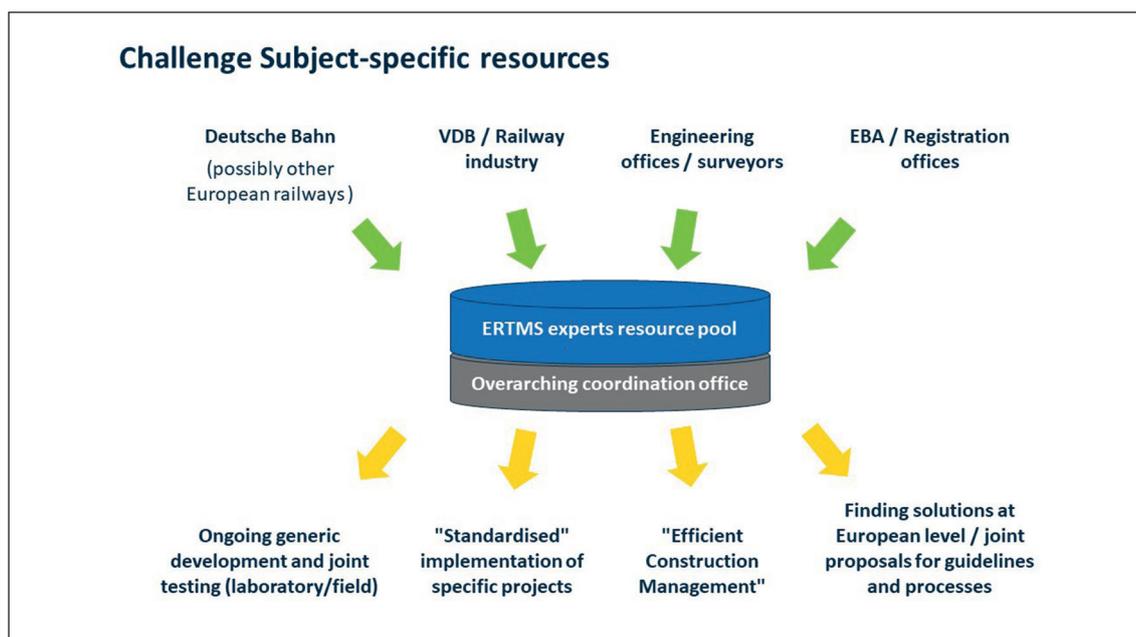
The essential input variables are the digital inventory data, which can be delivered by Traximizer®, and the complete modelling of the necessary regulatory frameworks within the software code. On this basis, the software then creates the design and displays any stretches that cannot be planned automatically. If the system does not produce the expected result, the reason for the discrepancy has to be investigated and either the software program or the basic rules have to be adapted, as necessary.

Design review software developed independently of the planning software can relieve the pressure on the design reviewers when inspecting the created ETCS planning. Here too, the system would take on any standard cases and only display those places where the design could not be reviewed.

Bild 4: Übersicht Herausforderung Fachspezifische Ressourcen

Fig. 4: The challenge of subject-specific resources

Quelle / Source: Quattron Management Consulting



docodes (Wenn-Dann-Formeln) dargestellt, bevor diese in Ablaufdiagrammen umgesetzt werden, welche als Basis für die Entwicklung von Prüfalgorithmen dienen.

Das Tool „FormETCS“ basiert auf der Erfahrung und dem Wissen von ETCS-Planern und Planprüfern. Durch die formalisierten Richtlinien sowie Platzierungs- bzw. Prüfalgorithmen wird zusätzlich zur Beschleunigung der Planung/Planprüfung auch die Planungsqualität nachhaltig gesteigert, da der menschliche Fehler deutlich reduziert wird. Da Planungsfehler zu einer Überprüfung bzw. Anpassung der Software führen, würde ein Fehler zukünftig grundsätzlich ausgeschlossen und die Planungsqualität kontinuierlich verbessert.

5 Optimierung Ressourceneinsatz und Aufbau Expertenpool

Ein wesentlicher Engpass bei der Realisierung von „Digitale Schiene Deutschland“ ist, dass über alle Beteiligten hinweg zu wenig ausreichend qualifizierte/erfahrene Ressourcen für ein derart großes Investitionsvolumen zu Verfügung stehen. Schon heute fehlen Ressourcen, um die im European Deployment Plan vereinbarten Projekte zügig abzuwickeln.

Von einem Expertenpool mit Fachexperten von Seiten der Bahnindustrie, der DB AG, des EBA, der Gutachter und der Ingenieurbüros sollte ein Standard-Werkzeugbaukasten mit optimierten Prozessen, Tools, Softwarelösungen für eine beschleunigte/einheitliche Projektumsetzung entwickelt werden. Somit wird vermieden, dass das Rad mehrfach erfunden wird und die Abstimmungen zwischen unterschiedlichen Akteuren werden aufgrund der einheitlichen Vorgehensweise einfacher. Ergänzt um einheitliche Schulungsangebote kann die Aus- und Weiterbildung der dringend benötigten Ingenieure wesentlich beschleunigt werden. Hierdurch werden die erfahrenen Ingenieure entlastet, da einerseits für sie das Anlernen von Mitarbeitern entfällt und andererseits Experten hinzukommen, die umfassend in der Anwendung des einheitlichen Werkzeugbaukastens geschult sind.

Durch diesen Expertenpool mit Fachexperten aus dem gesamten Bahnsektor könnte auch die Lastenheftfertigung erfolgen und von für den Projekterfolg kritischen Schlüsselressourcen temporär zur Verfügung gestellt werden (Bild 4).

DB AG has developed a possible solution to this with the “FormETCS” project in conjunction with the Technical University of Darmstadt. This project deals in particular with the formalisation of regulatory frameworks, which should enable the (partial) automation of the planning and design review. Over the course of the planning, the ETCS objects are drawn or placed on a plan created in PlanPro. This is currently possible for ETCS L2 (Guidelines 819.1343 and 1344) and its extension into ETCS L1 LS is planned.

The development of FormETCS requires the guidelines to first be analysed in detail in order to identify and categorise the rules, conditions, tables, illustrations and formulae in the texts. These are then represented in what are called pseudo-codes (conditional formulae) before they are implemented in the process diagrams that serve as the basis for the development of the check algorithms.

The “FormETCS” tool is based on the experience and knowledge of ETCS planners and design reviewers. The formalised guidelines and the placement and check algorithms also contribute to sustainably accelerating the planning/design review, since human error is considerably reduced. Given that planning errors lead to the review or adaptation of the software, errors will be fundamentally excluded in future and the planning quality will be continually improved.

5 The optimisation of resource deployment and the establishment of a pool of experts

One basic shortfall in the Digital Rail for Germany program involves the fact that there are insufficient qualified/experienced resources for such a large investment volume across all participants. There is already a lack of resources for the rapid implementation of the agreed projects from the European Deployment Plan.

A standard set of tools with optimised processes, tools and software solutions for accelerated/uniform project implementation has to be developed from a pool of experts, including specialists from the rail industry, the DB AG, the EBA, surveyors/experts and engineering offices. This would avoid re-inventing the

Es geht nicht darum, Firmengeheimnisse offenzulegen, sondern darum, dass alle Beteiligten die Grundlagen für eine erfolgreiche Programmumsetzung bis hin zum Betrieb ausgestalten. Eine unabhängige Koordinierungsstelle würde jeweils bedarfsgerecht die Experten für die einzelnen Aufgaben mit dem Ziel vorschlagen, sodass rare Schlüsselressourcen möglichst dort eingesetzt werden, wo sie für das Programm Digitale Schiene Deutschland den größten Nutzen entfalten können.

6 Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei Berücksichtigung des First-Time-Right-Ansatzes, einer Harmonisierung der Zulassungs-/Inbetriebnahmeprozesse, der Aufnahme digitaler Bestandsdaten als Grundlage für eine digitalisierte Planung und Planprüfung sowie der Entwicklung eines einheitlichen Werkzeugbaukastens und des Einsatzes eines übergreifenden Expertenpools wesentliche Grundlagen geschaffen werden, damit die Ziele des Programmes „Digitale Schiene Deutschland“ erreicht werden können. ■

wheel many times over and simplify the coordination between the various participants due to the use of a uniform procedure. With the addition of standard training courses, this would considerably accelerate the basic and advanced training of any urgently needed engineers. It would relieve the burdens on experienced engineers since, on the one hand, they would no longer be required to teach other employees and, on the other hand, experts would emerge who have been comprehensively trained in the use of the uniform set of tools.

This pool of experts with specialists from the entire rail sector could also achieve the completion of the requirement specifications and temporarily provide the key resources critical for success of the project (fig. 4).

The idea is not to disclose any company secrets, but rather to provide all the participants with the basis for the successful implementation and operation of the program. An independent coordination office would propose experts for the individual tasks as required with the aim of deploying scarce key resources as accurately as possible in order to derive the greatest benefit for the Digital Rail for Germany program.

6 Conclusion

In summary, it can be concluded that in addition to any further optimisation approaches, the consideration of the “right first time” approach, harmonisation of the approval/implementation processes, the recording of digital inventory data as the basis for digitalised planning and design review and the development of a uniform set of tools and the deployment of an interdisciplinary pool of experts would establish the foundations for the achievement of the goals of the Digital Rail for Germany program. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Digitale Schiene Deutschland: Revolution für den Bahnbetrieb. Mehr Kapazität, höhere Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit durch den technologischen Wandel (Berlin, September 2018), <https://www.deutschebahn.com/resource/blob/1172670/346eb53516fcb898dd13571f523a86af/Themen-dienst-Digitale-Schiene-Deutschland-data.pdf>
- [2] Broschüre Digitale Schiene Deutschland, <https://www.deutschebahn.com/resource/blob/1173510/0d975c55e4c4a312bb1f090e0aaf2a87/Broschuer-Digitale-Schiene-data.pdf>
- [3] Machbarkeitsstudie zum Rollout von ETCS/DSTW, <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/machbarkeitsstudie-digitalisierung-schiene.html>
- [4] Dillmann, S.; Pejic, M.; Oetting, A.; Hähnle, R.: „Zeit- und Kostenersparnis bei der ETCS L2 Planung durch Digitalisierung“, Technische Universität Darmstadt, 25.06.2019
- [5] Oetting, A.; Pejic, M.: „Formalisierung Planungsregelwerk ETCS“, Technische Universität Darmstadt, 21.01.2019
- [6] Künstliche Intelligenz im System Bahn - 6. tecRADAR gibt Ausblick in die Zukunft - DB Planet, 13.06.2019, <https://db-planet.deutschebahn.com/pages/db-netz-ag/apps/blog/news/view/e960d0b1-9690-4b9b-8376-bf214b05b51f>

AUTOREN | AUTHORS

Dipl.-Kfm. Robert Schätzle

Principal
Quattron Management Consulting
Anschrift/Address: Schaumainkai 87, D-60596 Frankfurt/Main
E-Mail: robert.schaetzle@quattron.com

Dipl.-Volksw. Frank Werner

Senior Consultant / Head of quattron ERTMS competence group
Quattron Management Consulting
Anschrift/Address: Schaumainkai 87, D-60596 Frankfurt/Main
E-Mail: frank.werner@quattron.com

Dipl.-Ing. Alexander Wolf

Senior Expert
Nexttrail GmbH
Anschrift/Address: Schlüterstraße 39, D-10629 Berlin
E-Mail: alexander.wolf@nexttrail.com

Dipl.-Kffr. Anne-Christine Will

Junior Consultant
Quattron Management Consulting
Anschrift/Address: Schaumainkai 87, D-60596 Frankfurt/Main
E-Mail: anne-christine.will@quattron.com