

# Teil-Qualifizierung in der digitalen Leit- und Sicherungstechnik

## Integration von Neu- und Bestandsystemen mit dem modularen DSTW

**JULIAN LUCAS | MARKUS ROTHKEHL | ANDREAS OETTING**

Die digitale Leit- und Sicherungstechnik (DLST) ist ein Vorhaben im Rahmen der digitalen Schiene Deutschland (DSD). Die DLST beinhaltet unter anderem eine neue Generation Stellwerke (Stw), sogenannte digitale Stellwerke (DSTW). Das DSTW besitzt gegenüber dem elektronischen Stellwerk (ESTW) eine einheitliche modulare Hardware- und Softwarestruktur. Hierdurch fällt dem Betreiber eine Integrationsverantwortung der Teil- und Umsysteme zu. Im Rahmen eines kooperativen Projektes arbeitet der Lehrstuhl für Bahnsysteme und Bahntechnik der TU Darmstadt gemeinsam mit DB Netz AG (DB Netz) an der technischen Integration von Umsystemen in die neue Stellwerksinfrastruktur. Der vorliegende Beitrag erklärt die Systemarchitektur und behandelt die vorbereitende Teil-Qualifizierung der Umsysteme zur Integration mit dem modularen DSTW.

### Einführung und Motivation

Die DLST ist das neue infrastruktureitige Sicherungskonzept des Bahnbetriebs. Das sicherheitstechnische Kernstück dabei bildet das modulare DSTW, welches als Nachfolger des ESTW mit standardisierten Schnittstellen und neuer Systemarchitektur vorgesehen ist. Durch fest definierte Teil- und Umsysteme sowie deren Schnittstellen soll es möglich werden, Komponenten von verschiedenen Herstellern zu verschalten und die Technologievielfalt zu reduzieren. Geplant ist damit, die Zuverlässigkeit zu steigern und gleichzeitig die Instandhaltungskosten gegenüber älteren LST-Anlagen zu senken.

Eine Umstellung der bestehenden Schieneninfrastruktur auf die DLST hat das Potenzial, die Kapazität um bis zu 35 % zu erhöhen [1]. Eine Trennung von Energieversorgung und Datenübertragung macht eine größere Stellentfernung möglich, vor Ort befindliche Unterzentralen, wie bei heutigen ESTW, sind nicht mehr erforderlich [1]. Hinzu kommt eine optimierte Diagnosefähigkeit im Vergleich zu bisherigen ESTW und somit die Möglichkeit der zustandsbasierten Instandhaltung. [1]

Da die DSTW ältere Stw ersetzen und in zukünftigen Neubauprojekten angewendet und mit unterschiedlichen Projektpartnern wiederholt

zum Einsatz kommen sollen, ist eine modulare Integrations- und Genehmigungsstruktur sinnvoll, sodass Änderungen ohne Auswirkungen auf andere Schnittstellen auch nur in den lokalen Nachweisen eingepflegt werden müssen. Der vorliegende Beitrag führt in die Nachweisführungsstruktur mittels Teil-Qualifizierungsplan (TQP) und Teil-Qualifizierungsnachweis (TQN) als Möglichkeit der Integration von Umsystemen in das DSTW ein. Dies ist notwendig, da die Funktionalität systemübergreifender Funktionen sichergestellt werden muss (z.B. Bedienhandlungen). Die in den Folgekapiteln beschriebene Integration legt die Grundlage für die Erweiterung des Sicherheitsnachweisführungsverfahrens des modularen DSTW (gemäß DIN EN 50129, Details siehe [2]) um die Integration mit Bestandsystemen. Fokus der neuen Architektur der Nachweisführung ist es, die Projektrealisierungszeit von Folgeprojekten zu reduzieren, indem eine Vielzahl von Nachweisen wiederverwendet werden kann. Zusätzlich können aufgrund des modularen Aufbaus zukünftig neu entwickelte Umsysteme hinzugefügt werden.

### Aufbau der DLST

#### Besonderheit des DSTW

Der von der Deutschen Bahn AG (DB) vorgegebene modulare Aufbau des DSTW führt zu ei-

ner Veränderung der früheren monolithischen Nachweisführung eines Herstellers. Abb. 1 zeigt das neue Sicherheitsnachweisführungsverfahren des DSTW inklusive der Umsysteme und somit den Genehmigungsweg der DLST. Hierin wird deutlich, dass alle Teilsysteme des DSTW (ESTW-ZE, Weiche, Lichtsignal, Ein-/Ausgabe, Achszähler, Übertragungssystem und MDM) einzeln qualifiziert werden müssen. Umsysteme (ETCS, FSÜ/BÜSA, NSTW und ILSB) sind nicht Teil des eigentlichen Stw, müssen für eine erfolgreiche Durchführung einer Zugfahrt jedoch mit dem Stw interagieren. Sowohl das DSTW als auch die Umsysteme können aus mehreren Teilsystemen aufgebaut sein. Teilsysteme können wiederum aus mehreren Modulen bestehen, wenn mehrere Funktionalitäten in einem Teilsystem untergebracht werden. Änderungen an den Umsystemen könnten somit eine Auswirkung auf das DSTW haben und müssten in dessen Qualifizierungsplan Beachtung finden. Für den Nachweis der Integration des DSTW mit seinen Umsystemen sind die TQP vorgesehen. Diese daraus resultierenden TQN werden (wie in Abb. 1 gezeigt) als verbessertes Ergebnis im System-Qualifizierungsnachweis (SQN) des DSTW aufgenommen. Im TQP werden die relevanten Funktionen für die Schnittstelle definiert sowie eine Rückwirkungsfreiheit für die umsysteminternen Funktionen nachgewiesen. Der TQN integriert

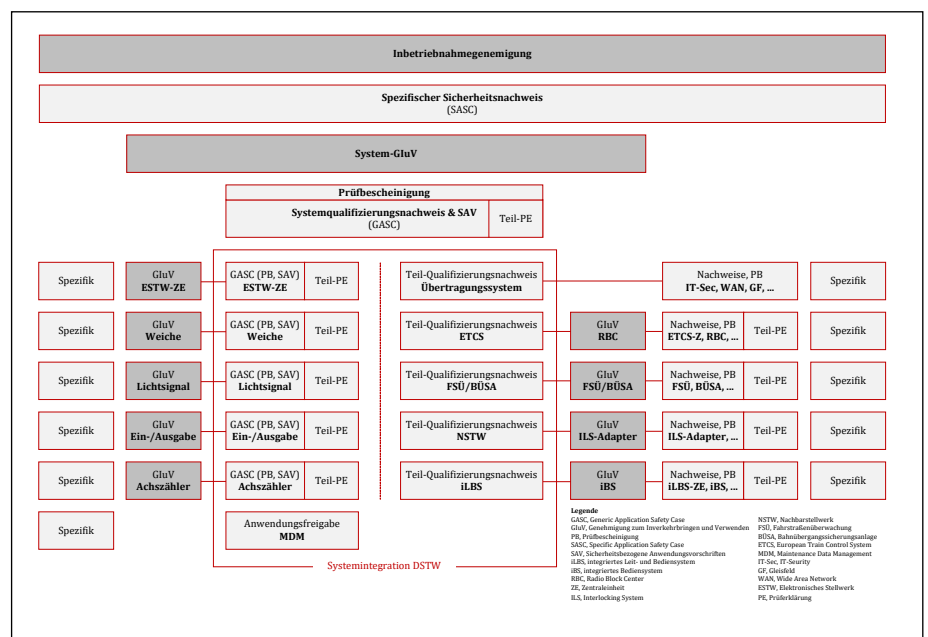
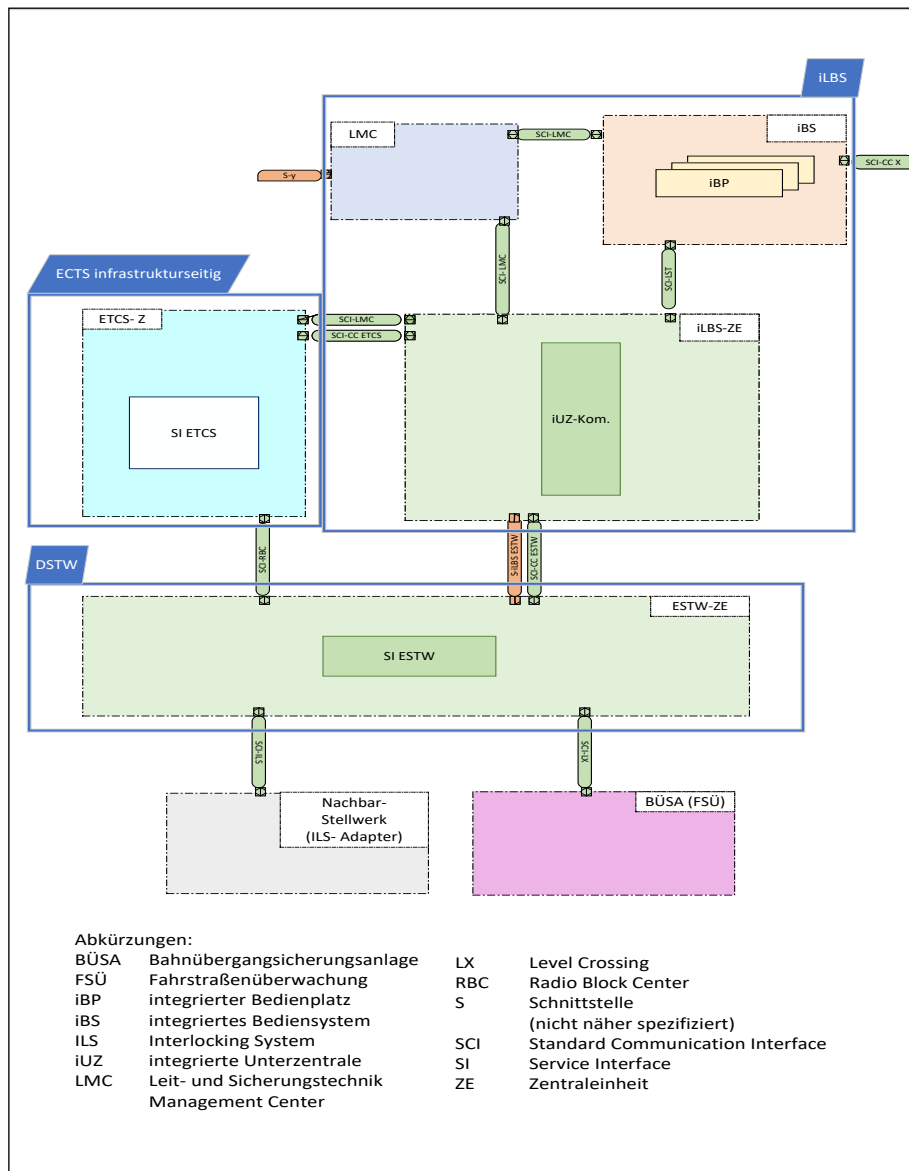


Abb. 1: Sicherheitsnachweisstruktur zur Einordnung der TQP in das Nachweisverfahren Quelle: [2]

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für TU Darmstadt, DB Netz AG / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH



**Abb. 2:** Grobarchitektur der DLST: Schnittstellen von Teilsystemen der iLBS und zu dessen Umsystemen

demnach die Funktionalität des Umsystems in das Stw und definiert, welche Funktionen und Auflagen in der Nachweisführung mit einfließen müssen.

### Umsysteme des DSTW

Abb. 2 zeigt das DSTW, seine Umsysteme inklusive wichtiger Teilsysteme der Umsysteme sowie die Schnittstellen der Systemarchitektur der DLST. Das DSTW wird in Abb. 2 zur Übersichtlichkeit auf seine sichere Hardware und Stellwerkslogik (ESTW-ZE) mit integriertem Service Interface (SI) reduziert. Schnittstellen mit der Vorsilbe SCI stehen für eine standardisierte Schnittstelle. Teil- bzw. Umsysteme in Abb. 2 mit unterschiedlicher Farbgebung können technisch von unterschiedlichen Herstellern geliefert werden. Die Farbgebung in Abb. 2 zeigt, dass nur die ESTW-ZE und die iLBS-ZE in der momentanen Planung vom selben Hersteller geliefert werden müssen. Der Grund dafür ist,

dass es neben der standardisierten Schnittstelle SCI-CC ESTW noch eine proprietäre Schnittstelle S-iLBS ESTW gibt, die vom Hersteller selbst ausgestaltet werden kann, um die im Lastenheft definierten Anforderungen erfüllen zu können. Die proprietäre Schnittstelle ist eine Anforderung bisheriger Hersteller zur Erfüllung der neuen Systemarchitektur.

Das integrierte Leit- und Bediensystem (iLBS) Das Umsystem iLBS besteht aus drei Teilsystemen, die jeweils mit einer standardisierten Schnittstelle miteinander verbunden sind. Umsystemintern laufen alle Informationen in der Zentraleinheit (iLBS-ZE) zusammen, die direkt mit der ESTW-ZE verbunden ist. Wichtigstes Modul der iLBS-ZE ist die Kommunikationseinheit der integrierten Unterzentrale (iUZ-Kom.). An die iLBS-ZE angeschlossen ist das integrierte Bediensystem (iBS), über das die Steuerung erfolgt. Innerhalb des iBS

kann es eine Vielzahl von integrierten Bedienplätzen (iBP) geben, die sich mittels Datenetzwerk auf einen projektierten Stellbereich aufschalten können.

Das Leit- und Sicherungstechnik Management Center (LMC) ist ein derzeit noch nicht vorhandenes zentrales Steuerungszentrum (geplant in Berlin und Frankfurt), in dem wiederum eine Vielzahl von technischen Funktionen gebündelt werden (wie z. B. die Lenkplanverwaltung). Das LMC ist sowohl an das iBS als auch an die iLBS-ZE mit der Schnittstelle SCI-LMC angeschlossen. Im Fall des iLBS sind die genaue Ausgestaltung sowie die Funktionen und Schnittstellen fest vorgegeben. Es gibt zwei Schnittstellen für Systeme, die außerhalb der DLST-Systemarchitektur sind. Schnittstellen am LMC (hier als S-y benannt, da nicht genauer spezifiziert) für z. B. externe Speicherstellen, Security-Anwendungen oder Personalplanung und verschiedene standardisierte Schnittstellen am iBS (SCI-CC x). Die iLBS-Teilsysteme können von unterschiedlichen Herstellern kommen und sollen weiterführend hersteller- und hardwareneutral entwickelt werden. Dies soll mittels Verlagerung sicherheitsrelevanter Hardwaretechnik in die Stellwerkebene gelingen. Dadurch können im Bediensystem handelsübliche technische Bauteile (z. B. handelsübliche Computerbildschirme) für die Module der Teilsysteme eingesetzt werden, ohne den Zulassungsprozess zu gefährden [4].

Das European Train Control System (ETCS) Der für die Infrastruktur relevante Teil des Systems ETCS wird aus Schnittstellensicht als ETCS-Zentrale (ETCS-Z) bezeichnet. Innerhalb dessen läuft die umsystemübergreifende Kommunikation über das Service Interface ETCS (SI ETCS). Die ETCS-Z ist mit drei Schnittstellen mit ihren Umsystemen der DLST verbunden (Abb. 2). Über die SCI-RBC erfolgt die sicherungstechnische Kommunikation zum DSTW. Zur iLBS-ZE gibt es die Schnittstellen SCI-LMC und SCI-CC ETCS. Über die SCI-CC ETCS erfolgen die Bedienkommandoweiterleitung und Antwort des Zentralsystems von ETCS. Über die SCI-LMC erfolgt die Übermittlung nicht sicherheitsrelevanter Peripheriedaten.

Bahnübergangsicherungsanlagen (BÜSA) Da auch die Einschaltbereitschaft und die eigentliche Einschaltung der BÜSA überwacht werden müssen, ist eine dauerhafte Kommunikation zwischen DSTW und BÜSA unerlässlich [6]. BÜSA werden mit der Schnittstelle SCI-LX an die ESTW-ZE angeschlossen (Abb. 2). Da viele dieser Anlagen schon lange im Bestand sind, sind diese zum großen Teil noch nach alten Normen entwickelt worden. Die Teil-Qualifizierung muss hierbei eine Integration in die CENELEC-Normen beinhalten. Da die Schnittstelle standardisiert ist, muss die Schnittstelle SCI-LX nachgerüstet werden, wenn die BÜSA diese nicht unterstützen.

Alternativ käme auch eine Adapterlösung in Frage. Doch egal ob Einzelnachrüstung oder standardisierter Adapter, die ESTW-ZE kann somit immer eine standardisierte Kommunikation durchführen und somit einheitlich entwickelt werden.

Nachbarstellwerke (NSTW)

Jedes Stw hat einen definierten Stellbereich. Zugfahrten verkehren demnach durch den Stellbereich unzähliger Stw. Da sich die DLST erst im Aufbau befindet, müssen die DSTW demnach auch mit ESTW und älteren Stellwerksbauformen kommunizieren können. Abb. 2 zeigt die für die Kommunikation vorgesehene Schnittstelle SCI-ILS. Aufgrund der Vielzahl an Herstellern und Stellwerkstechniken besitzt nicht jedes Stw eine passende Schnittstelle. Sollte das NSTW demnach keine SCI-ILS besitzen, wird ein ILS-Adapter zwischengeschaltet, der die Datenübertragung möglich macht.

**Technische Integration mittels Teil-Qualifizierung**

**Notwendigkeit der technischen Integration**

Die prinzipielle Vorgehensweise und Anforderungen zur Erstellung von Sicherheitsnachweisen ist in den CENELEC-Normen DIN EN 50126, DIN EN 50128 und DIN EN 50129 [7 – 9] geregelt. Darin werden die Zuständigkeiten für Entwicklung und Zulassung zwischen Betreiber und Hersteller klar definiert.

Aufgrund der Modularität der Systemarchitektur der DLST, die teilweise bereits bestehende Umsysteme einbindet, ist eine Integration der Einzelsysteme (z. B. iLBS, ETCS, siehe auch Abb. 2) erforderlich. Aus diesem Grund reichen die bisher von den zulassungsrelevanten Normen definierten Rollen Betreiber und Hersteller nicht mehr aus. Die Funktion der Integration fällt der DB Netz zu, die in bisherigen Zulassungen nur als Betreiber gilt, jedoch in diesem Fall die gesamte Systemarchitektur verantwortet. Aus der beschriebenen Integrationsverantwortung ergibt sich die Rolle des Integrators DB [2]. Der Funktionsnachweis und der Sicherheitsnachweis des einzelnen Umsystems wird weiterhin vom liefernden Hersteller erstellt. Der Nachweis über die systemübergreifende Funktionalität wird vom Integrator DB erbracht.

Zusätzlich sollen die Nachweise für einen Serien-Roll-out verwendet werden. Um Nachweise mehrfach zu verwenden, können sicherheitsrelevante Produkte, Komponenten und Systeme nach EIGV (Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung) eine GluV (Genehmigung zum Inverkehrbringen und Verwenden) erhalten. Für das DSTW wird gemäß [3] eine System-GluV angestrebt. Der Vorteil dabei ist, dass viele Nachweise bei Folgeprojekten wiederverwendet werden

können. Die Umsysteme werden implizit über die TQN mit dem DSTW in die System-GluV integriert.

Für jegliche Herstellerkombination eines Umsystems wird ein neuer oder angepasster TQN benötigt. Bereits qualifizierte Kombinationen werden in einer Kompatibilitätsdatenbank festgehalten, sodass Projekte mit gleicher Herstellerkombination auf die bereits bestehenden Nachweise bzw. System-GluV zugreifen können.

**Struktur eines Teil-Qualifizierungsplans am Beispiel des iLBS**

Die Qualifizierung erfolgt in einem mehrstufigen Prozess. Das methodische Vorgehen wird in diesem Abschnitt am Beispiel des iLBS vorgestellt. Die darauffolgende Systemqualifizierung baut auf die schnittstellenspezifische Teil-Qualifizierung auf.

Die Kurzinhalte und fünf Qualifizierungsschritte sind für den TQP iLBS in Abb. 3 ersichtlich. In jedem Schritt entstehen auf das System angepas-

te Nachweise. Abb. 3 ist dabei nur ein Überblick über die im TQP hinterlegte Nachweisführung. Der hierarchische Aufbau dient dazu, schon frühzeitig Einschränkungen in der Funktionalität zu finden, bevor die Komplexität auf Gesamtsystemebene eine Lösungsfindung erschwert. Die Farben in Abb. 3 zeigen dabei den Integrationsfortschritt. Gleiche Farben in Schritt zwei und drei bedeuten, dass diese Schritte gleichzeitig durchgeführt werden können. Der erste Schritt ist alleinige Aufgabe des Lieferanten. Dieser muss wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, nachweisen, dass sein geliefertes Um- bzw. Teilsystem den Anforderungen aus Pflichtenheften und Normen genügt. Ebenfalls muss das Teil- und/oder Umsystem die geforderte Integrationsfähigkeit mit der DLST technisch aufweisen. Der in Schritt eins aufgeführte Nachweis zur Basisintegrität bezeichnet laut DIN EN 50126 die minimal vorhandene Ausfallsicherheit für Funktionen und Hardware im Bahnsegment für sicherheitsbezogene Anwendungen.

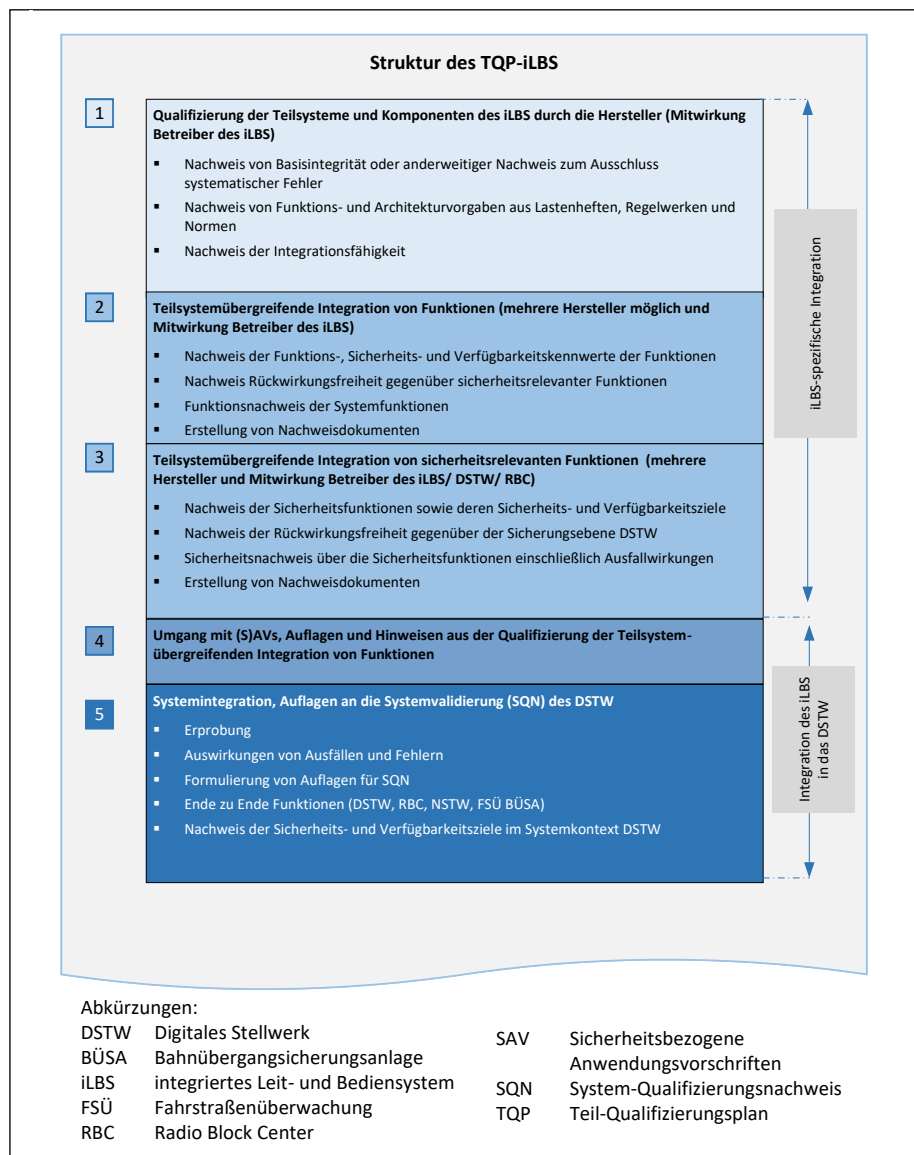


Abb. 3: Struktur des TQP- iLBS: Überblick zur Systemintegration mit dem DSTW

Die Schritte zwei und drei beschäftigen sich mit der spezifischen Interaktion des iLBS mit dem DSTW. Da sich Bedienhandlungen in sicherheitskritische Bedienungen und nicht-sicherheitskritische Bedienungen unterscheiden, werden diese bei der Qualifizierung gesondert betrachtet.

So ist z. B. das Einstellen einer Fahrstraße eine Bedienhandlung, die keiner besonderen Absicherung bedarf. Bei einer falsch eingestellten Fahrstraße können zunächst keine Züge gefährdet werden. Erst die Hilfsauflösung einer (fälschlicherweise) eingestellten Fahrstraße könnte zu einer Gefährdung führen, da daraufhin wieder Fahrwegelemente umgestellt und weitere Fahrstraßen in den Bereich eingestellt werden könnten. Sollte sich dann doch ein Zug in diesem Bereich befinden, ist dieser ungeschützt vor anderen Zugfahrten oder der Umstellung von Fahrwegelementen (Weichen) unter dem Zug [6].

Dementsprechend sind für sicherheitskritische Funktionen die in Schritt drei geforderten zusätzlichen Sicherheits- und Verfügbarkeitsziele sowie Sicherheitsnachweise über die Sicherheitsfunktionen einschließlich Ausfallauswirkungen zu erbringen.

Im Schritt vier erfolgt die Auflösung von sicherheitsbezogenen Anwendungsvorschriften (SAV) und anderen für die Integration notwendigen Auflagen. Damit wird sichergestellt, dass die übergreifenden Funktionen auch bei projektierten Abweichungen der Schnittstellen zuverlässig übermittelt werden.

Im letzten Schritt (Schritt fünf) erfolgt die Validierung der von iLBS ausgehenden Funktionen über alle Umsysteme hinweg und die Integration des DSTW mit den Umsystemen. Das heißt, dass das komplette System gemeinsam getestet wird. Es müssen demnach auch schon das DSTW inklusive aller angeschlossenen Umsysteme (iLBS, ETCS, NSTW, BÜSA) betriebsbereit sein.

### Zusammenfassung und Ausblick

Das neue Sicherheitsnachweisverfahren verfolgt das Ziel, die Genehmigung und Inbetriebnahme von zukünftigen Stellwerksprojekten zu beschleunigen. Eine von DB Netz angestrebte System-GluV für das DSTW ist ein wichtiger Schritt, um Nachweisbestandteile in Folgeprojekten wiederzuverwenden und somit die Projektzeit zu verkürzen. Die modulare Architektur inklusive der vorgegebenen Schnittstellen ermöglicht es, Systeme von verschiedenen Herstellern zu integrieren. Die Struktur und Vorgehensweise wurde am Beispiel des TQP iLBS vorgestellt. Der aus dem TQP iLBS resultierende TQN iLBS ist gewissermaßen ein Integrationsnachweis des DSTW mit dem iLBS. Bisher wurde die Struktur des TQP iLBS ausgearbeitet. Für die Umsysteme ETCS, BÜSA und NSTW wird eine Anpassung der Vorgehensweise nötig werden.

Eine Qualifizierung von ETCS über eine Integration in das DSTW erscheint zum derzeitigen Projektstand nicht möglich, da dem DSTW nicht alle Funktionen des Systems ETCS be-

kannt sind. Hier wird demnach voraussichtlich eine Integration des DSTW in das ETCS-Umfeld erfolgen. Die erforderliche Teil-Qualifizierung wird sich deshalb auf die Schnittstellenfunktion mit der ETCS-Z reduzieren.

Abschließend ist eine generische Teil-Qualifizierung von zukünftigen Umsystemen geplant. Hierbei soll es sich um einen TQP handeln, der mögliche spätere Umsysteme in die DLST sicherheitstechnisch integrieren kann. ■

### QUELLEN

- [1] Deutsche Bahn AG (2022): Die Zukunft der Mobilität liegt auf dem Gleis. Hg. v. Digitale Schiene Deutschland. Internet. Online verfügbar unter <https://digitale-schiene-deutschland.de/Digitale-Leit-und-Sicherungstechnik>, zuletzt geprüft am 29.07.2022
- [2] Rothkehl, M.; Oetting, A. (2022): Sicherheitsnachweisführung und Genehmigung modularer DSTW, in: DER EISENBAHNINGENIEUR, 11/2022, S. 29–33
- [3] Rothkehl, M.; Oetting, A. (2023): System-GluV. Genehmigungen in Verantwortung des Betreibers, in: DER EISENBAHNINGENIEUR, 1/2023 S. 24–28
- [4] Ritscher, B.; Salka, R. (2022): Betriebserfahrung mit dem integrierten Bediensystem iBS, in: SIGNAL+DRAHT (114) 09/2022, S. 30–36. Online verfügbar unter <https://eurailpress-archiv.de/SingleView.aspx?show=4083798>, zuletzt geprüft am 10.10.2022
- [5] Trinckauf, J.; Maschek, U.; Kahl, R.; Krahl, C. (Hg.) (2020): ETCS in Deutschland. Bingen a. Rhein, Grünwald: PMC Media House; Preselect.media GmbH (Edition Eurailpress)
- [6] Maschek, U. (2015): Sicherung des Schienenverkehrs: Springer Fachmedien Wiesbaden
- [7] EN 50126-1:2017, 2017: Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS)
- [8] EN 50128:2011, 2011: Bahnanwendungen – Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme – Software für Eisenbahnsteuerungs- und Überwachungssysteme; Deutsche Fassung EN 50128:2011
- [9] EN 50129:2018, 2018: Bahnanwendungen – Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme – Sicherheitsbezogene elektronische Systeme für Signaltechnik



#### Julian Lucas, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Institut für Bahnsysteme  
und Bahntechnik  
TU Darmstadt, Darmstadt  
[lucas@verkehr.tu-darmstadt.de](mailto:lucas@verkehr.tu-darmstadt.de)



#### Markus Rothkehl, M.Sc.

Systemqualifizierungs- und  
Zulassungsmanager für DSTW  
DB Netz AG, Frankfurt am Main  
[markus.rothkehl@deutschebahn.com](mailto:markus.rothkehl@deutschebahn.com)



#### Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Oetting

Professor  
Institut für Bahnsysteme  
und Bahntechnik  
TU Darmstadt, Darmstadt  
[andreas.oetting@tu-darmstadt.de](mailto:andreas.oetting@tu-darmstadt.de)



**Bleiben  
Sie in der Spur!**

Mit dem Newsletter von

**Eurail  
press**

**Jetzt  
anmelden!**

[www.eurailpress.de/  
anmeldung](http://www.eurailpress.de/anmeldung)