

Test- und Referenzumgebung zum Gesamtsystemtest der dLST

Test and Reference Environment for the overall system testing of the dLST

Holger Stritzke | Christoph Müller

Im Rahmen der Einführung von digitaler Leit- und Sicherungstechnik (dLST) werden seitens der Hersteller heutzutage modulare, digitale Teilsysteme entwickelt, die über standardisierte Schnittstellen verfügen. Dies führt zusammen mit der Modularisierung zu einer stärkeren Standardisierung. Allerdings müssen die verschiedenen Teilsysteme in ein Gesamtsystem integriert werden. Erst durch eine Ende-zu-Ende Systemintegration ergibt sich ein dLST-Gesamtsystem, das die Funktionalitäten gemäß der Lastenhefte abbilden kann. Da die Gesamtsystemintegration sowohl technische als auch prozessuale Herausforderungen und Unwägbarkeiten mit sich bringt, sollten vor einem aufwendigen Realisierungsprojekt im Feld ausgiebige Tests in einer Laborumgebung stattfinden. Die DB InfraGO hat daher eine Test- und Referenzumgebung für die dLST ausgestaltet, die über vernetzte Labore an verschiedenen Standorten Gesamtsystemtests ermöglicht.

1 Zentrale Herausforderungen beim Aufbau eines dLST-Gesamtsystems

Für den Aufbau eines dLST-Gesamtsystems (Bild 1) sind folgende zentrale Herausforderungen zu lösen:

Manufacturers are currently developing modular digital subsystems equipped with standardised interfaces as part of the introduction of digital command, control and signalling technology (dLST). This leads to increased standardisation when combined with modularisation. However, the various subsystems must be integrated into an overall system (fig. 1). Only end to end system integration results in a dLST overall system that can map the functionalities in accordance with the requirements specifications. Since overall system integration entails both technical and procedural challenges and uncertainties, extensive tests should be carried out in a laboratory environment before undertaking a complex realisation project in the field. DB InfraGO has therefore designed a test and reference environment for dLST that enables overall system tests via networked laboratories at different locations.

1 The central challenges when establishing a dLST overall system

The following central challenges must be addressed when establishing a dLST overall system (fig. 1):

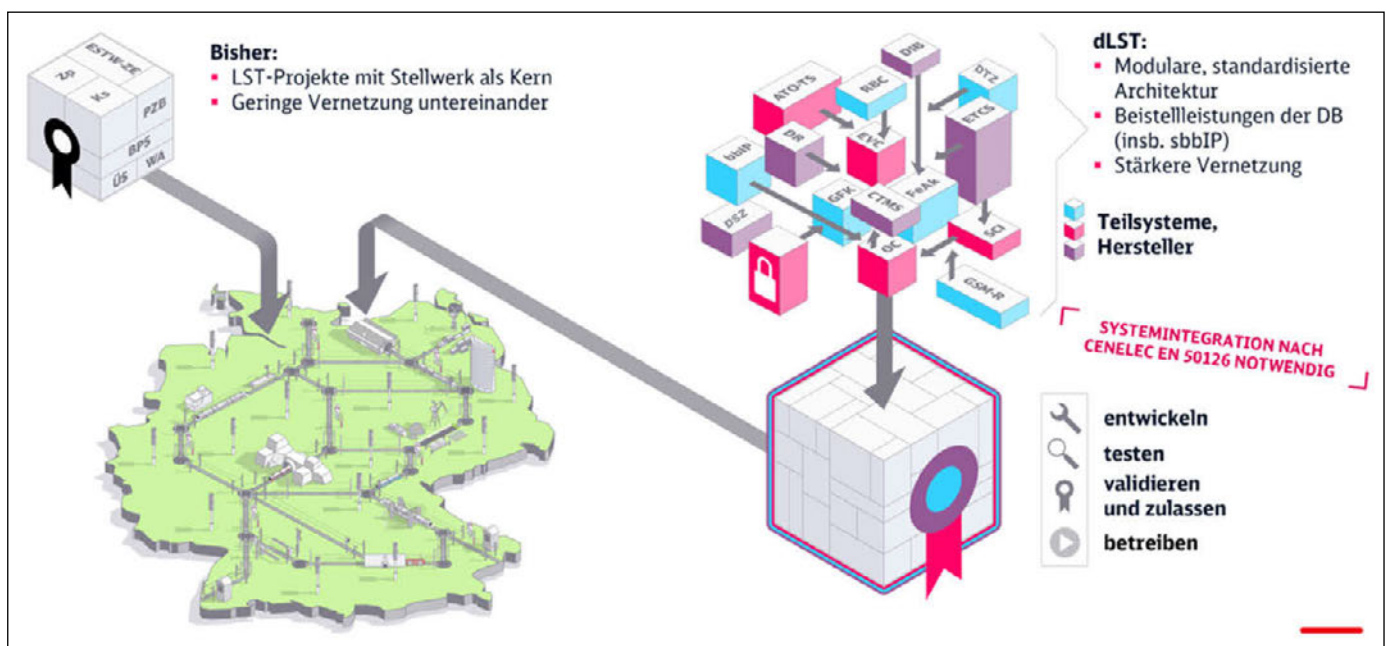


Bild 1: Modulare Teilsysteme in der dLST

Fig. 1: The modular subsystems in the dLST

Quelle aller Abbildungen / Source of all images: DB InfraGO AG

1. Die DB InfraGO vereint die Rollen als Infrastrukturbetreiber und Teilsystemlieferant, insbesondere durch das Übertragungssystem (ÜS) ausgeführt als sicheres bahnbetriebliches IP-Netz (sbbIP).
2. Das ÜS ist zentral für die Gesamtsystemintegration und beeinflusst wesentliche Systemeigenschaften (z. B. Reaktionszeiten). Betrieb und Weiterentwicklung erfordern spezialisierte Infrastruktur und Expertise.
3. Trotz Qualitätssicherung treten Defekte häufig erst im Gesamtsystem und unter realistischen Betriebsszenarien auf, insbesondere in Großprojekten. Fehlerkosten steigen mit später Entdeckung.
4. Hohe Systemkomplexität und Weiterentwicklung erfordern frühzeitige, leistungsfähige Testkonzepte sowie entsprechende Testumgebungen. Verspätete Tests führen zu Effizienzverlusten und Projektrisiken.
5. Abweichungen vom Standard sind zu vermeiden, sie erhöhen Kosten und Komplexität. Standardisierung und Interoperabilität sind entscheidend für effiziente und wiederholbare Integration.

Erste Erfahrungen mit der dLST im Projekt DKS (Digitaler Knoten Stuttgart) zeigen, dass bei einer Systemintegration im Projekt erhebliche, nicht vorhersehbare Schwierigkeiten auftreten, die zu deutlichen Projektverzögerungen führen. Da digitale Systeme während ihres Lebenszyklus auch regelmäßige Updates und Systemanpassungen benötigen, stellen die daraus resultierenden Prozesse von Systemtests und evtl. notwendiger Zulassungsänderungen eine große Hürde für in Betrieb befindliche Stellwerke dar. Daher ist es erforderlich, die Gesamtsystemintegration in einer Test- und Referenzumgebung durchzuführen, die vom Bahnbetrieb entkoppelt ist und somit umfangreiche Testaktivitäten sowie Anpassungen an den digitalen Teilsystemen ermöglicht. Mit einer Test- und Referenzumgebung ist es möglich, neben der initialen Systemintegration auch Updates und Systemanpassungen vor der Implementierung im Feld während des Lebenszyklus der Teilsysteme zu prüfen und freizugeben.

2 Überblick Test- und Referenzumgebung (TRU)

Die TRU ist zunächst als technische Einrichtung mit Nutzungsmöglichkeiten in verschiedenen Teilprozessen zu verstehen. Im Fokus der ersten Ausbaustufe liegen dabei die Gesamtsystemtests und die Gesamtsystemintegration der dLST.

Mit Gesamtsystemintegration ist der Prozess gemeint, der sich nach der Produktphase und nach der Teilsystemqualifikation (also auch nach der Zulassungsprüfung) der Teilsysteme anschließt und diese zum System dLST gemäß Systemintegrationsplan integriert. Positives Prozessergebnis ist der Systemqualifikationsnachweis (SQN).

Die mögliche geografische Architektur für eine Test- und Referenzumgebung wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Hierzu zählen die Anzahl der digitalen Teilsysteme, die Anzahl der verschiedenen Herstellerlösungen, die beteiligten Stakeholder (Hersteller, Forschungseinrichtungen, Standorte der Deutschen Bahn AG (DB) sowie die Einbindung der DB-eigenen Beistellungen, z. B. GSM-R). Die favorisierte Architektur, welche diese Anforderungen berücksichtigt, ist als vernetzte Test- und Referenzumgebung in Bild 2 dargestellt. Da die digitalen Teilsysteme des Gesamtsystems dLST mit einem auf IP-Technologie basierenden Kommunikationsnetz realisiert werden, ist auch eine Vernetzung zwischen Laboren an verschiedenen Standorten möglich. Wechselwirkungen mit Latenz bzw. Systemlaufzeitmessungen müssen dabei beachtet werden.

1. DB InfraGO combines the roles of the infrastructure manager and the subsystem supplier, in particular through the transmission system implemented as a safe railway operating IP network (sbbIP).
2. The transmission system is central to the overall system integration and influences the essential system properties, such as reaction times. Operations and further development require specialised infrastructure and expertise.
3. Despite quality assurance, defects frequently only occur in the overall system and under realistic operating scenarios, particularly in large scale projects. Fault costs increase with later detection.
4. High system complexity and further development require early, powerful test concepts as well as corresponding test environments. Delayed tests lead to losses in efficiency and project risks.
5. Deviations from the standard must be avoided, as they increase costs and complexity. Standardisation and interoperability are decisive for efficient and repeatable integration.

The initial experience with dLST gained from the DKS project (Digital Node Stuttgart) has shown that significant, unforeseeable difficulties that lead to considerable project delays can arise during system integration within a project. Since digital systems also require regular updates and system adaptations throughout their lifecycles, the resulting system testing processes and possibly necessary changes to approvals represent a major hurdle for any interlockings in operation. It is therefore necessary to perform the overall system integration in a test and reference environment that is decoupled from rail operations and thus enables extensive test activities as well as adaptations to the digital subsystems. A test and reference environment means that it is possible to test and release not only the initial system integration but also any updates and system adaptations before their implementation in the field throughout the lifecycle of the subsystems.

2 An overview of the Test and Reference Environment (TRE)

The TRE is initially to be understood as a technical facility with possible uses in various sub processes. The focus of the first expansion stage is on overall system tests and the overall dLST system integration.

Overall system integration refers to the process that follows the product phase and the subsystem qualification, including the approval testing of the subsystems, and integrates them into the dLST system in accordance with the system integration plan. The system qualification certificate (SQC) is a positive process result.

The possible geographical architecture for a test and reference environment is influenced by various factors. These include the number of digital subsystems, the number of different manufacturer solutions, the stakeholders involved, including the manufacturers, research institutions and Deutsche Bahn AG's (DB) locations, and the integration of DB provided components such as GSM-R. The preferred architecture that takes these requirements into account is depicted as a networked test and reference environment in fig. 2. Networking between laboratories at different locations is also possible since the digital subsystems of the dLST overall system have been realised with a communication network based on IP technology. Interactions with latency and system runtime measurements must also be taken into account.

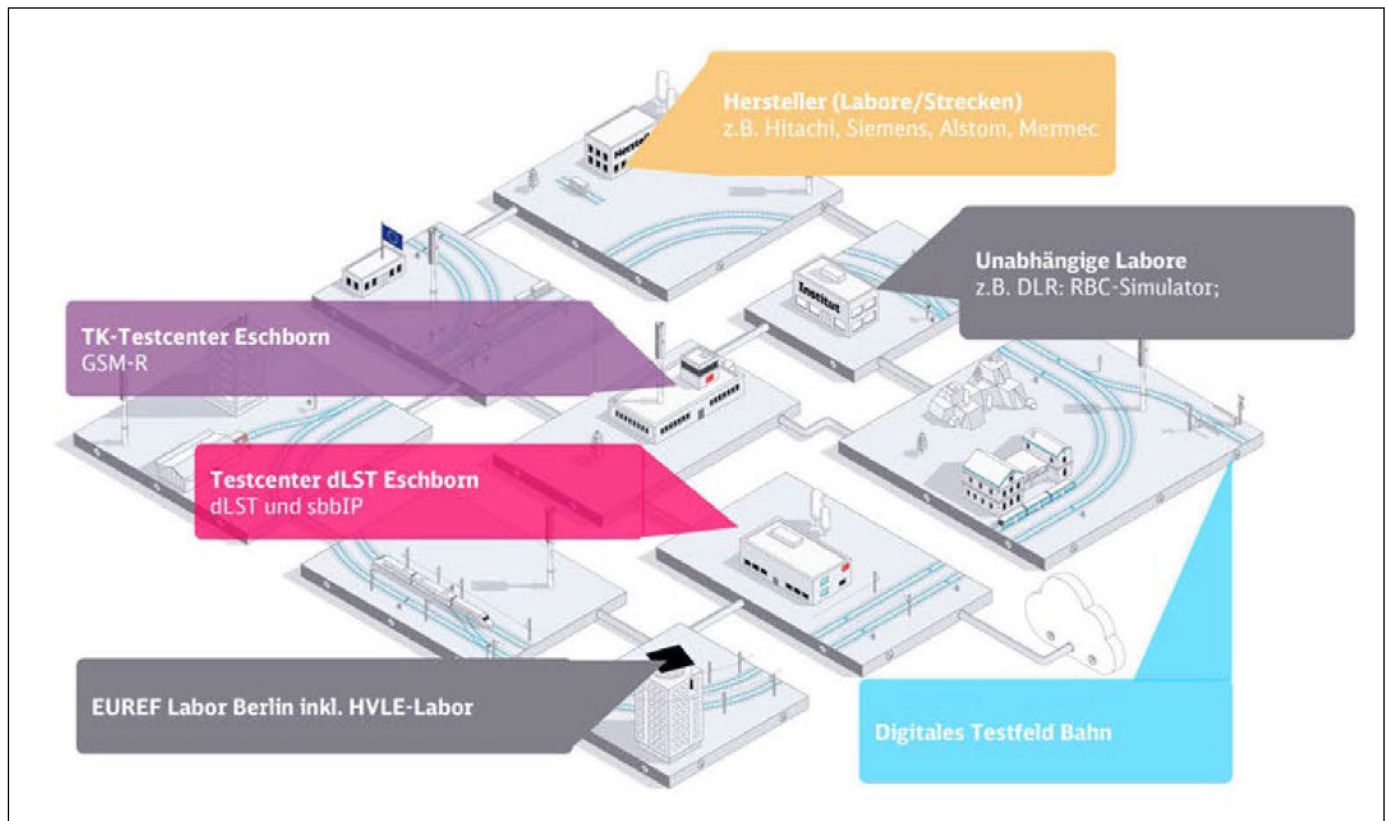


Bild 2: Vernetzte Test- und Referenzumgebung dLST

Fig. 2: A networked dLST test and reference environment

Damit kann die Test- und Referenzumgebung flexibel an die jeweils benötigten Bedürfnisse angepasst werden, z. B. an eine Entwicklungsbegleitung der dLST-Hersteller durch Beistellung des sbbIP-Netzes am Entwicklungsstandort (außerhalb von Sicherheitsnachweisen). Mittels eigens konzipierter, vorbestückter, mobiler Racks werden zukünftig alle technischen Voraussetzungen (Netzwerkkomponenten, Redundanzkanäle, ...) für einen Point-of-Service am jeweiligen Zugangsnetz zur Verfügung gestellt. Somit sind technisch vollständig und kompakt Integrationen von verteilten oder auch wechselnden Laborstandorten über das Übertragungssystem möglich.

Die Test- und Referenzumgebung auf Seiten der DB wird durch das Testcenter dLST, das Digitale Testfeld Bahn, das TK-Testcenter sowie das EUREF-Labor gebildet. Weitere Standorte wie das Labor des DLR oder Herstellerlabore sind ebenfalls eingebunden und ermöglichen eine Vielzahl von Testkonfigurationen.

3 Das Testcenter dLST in Eschborn

Der Kern der Test- und Referenzumgebung wird mit dem Testcenter dLST [1] realisiert, das sich in Eschborn bei Frankfurt am Main befindet. Das Testcenter besteht im Wesentlichen aus einem Datacenter mit einer Fläche von 600 m² sowie einem Office-Bereich auf einer Fläche von 500 m². Im Office-Bereich befinden sich neben Büroarbeitsplätzen auch Räume für Bedienplätze, Montagetätigkeiten sowie ein Besprechungsraum. Das Datacenter ist in mehrere klimatisierte Technikräume aufgeteilt, in denen Systemtechnikkomponenten sowohl in Standard 19" Schränken als auch in herstellereigenen Bauweisen aufgebaut werden können. Alle Testräume verfügen über Patchpanels in LWL- und CAT7-Netzwerktechnik, um Komponenten flexibel innerhalb eines Technik-

This allows the test and reference environment to be flexibly adapted to the given requirements, for example to accompany any development undertaken by dLST manufacturers by providing the sbbIP network at the development location (outside safety evidence). All the technical prerequisites, such as network components and redundancy channels, will be provided in the future by means of specially designed, pre configured mobile racks for a point of service at the given access network. This makes it technically possible to realise fully integrated and compact integrations of distributed or changing laboratory locations via the transmission system.

The test and reference environment on the DB side consists of the dLST Test Centre, the Digital Railway Testbed, the Telecommunications Test Centre and the EUREF laboratory. Further locations, such as the DLR laboratory or manufacturer laboratories, are also integrated and enable a wide variety of test configurations.

3 The dLST Test Centre in Eschborn

The core of the test and reference environment is realised with the dLST Test Centre [1], located in Eschborn near Frankfurt am Main. The test centre essentially consists of a data centre with an area of 600 m² as well as an office area with an area of 500 m². In addition to the office workplaces, the office area also includes rooms for operator workplaces, assembly activities and a meeting room. The data centre is divided into several air conditioned technical rooms in which system technology components can be installed both in standard 19 inch racks and in manufacturer specific designs. All the test rooms have been equipped with fibre optic and CAT7 network patch panels in order to realise flexible

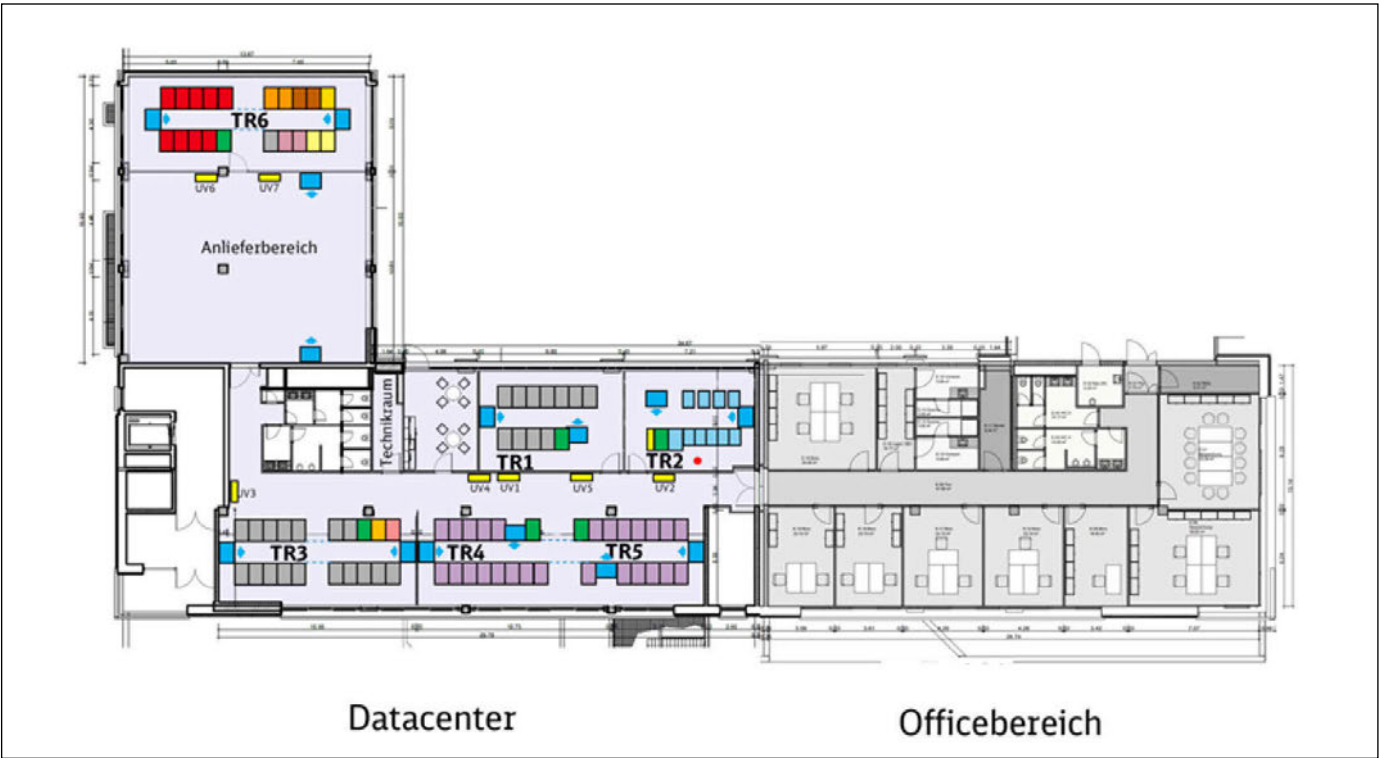


Bild 3: Grundriss des Testcenter dLST
Fig. 3: The dLST Test Centre floor plan

raums und zu anderen Räumen realisieren zu können. Da die Vernetzung der digitalen Teilsysteme über sbbIP erfolgt, befindet sich im Datacenter neben den dLST-Systemen auch eine umfangreiche sbbIP Test- und Referenzinstallation (Bild 3).

interconnections within a technical room and to other rooms. As the networking of the digital subsystems is carried out via sbbIP, there is also an extensive sbbIP test and reference installation in the data centre alongside the dLST systems (fig. 3).

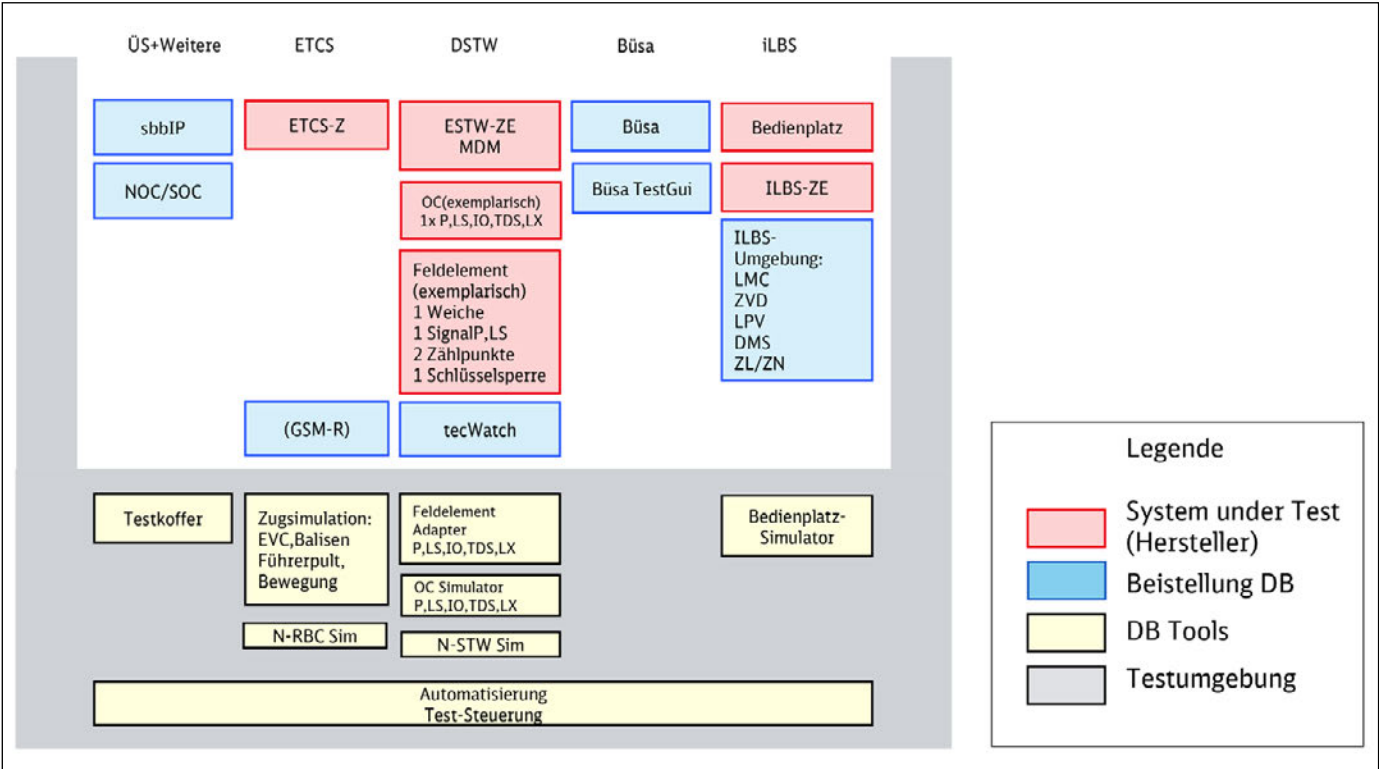


Bild 4: Übersicht Teststraße dLST mit Teilsystemen
Fig. 4: An overview of the dLST test track with subsystems

Für einen Gesamtsystemtest dLST müssen sämtliche Teilsysteme der dLST-Hersteller als auch die Beistellungen der DB berücksichtigt werden. Es werden bis zu vier technisch getrennte Teststraßen (herstellerspezifisch) zur Verfügung stehen. Damit wird eine parallele Durchführung von Testkampagnen und eine Erhöhung der Testkapazitäten ermöglicht. Die genaue Anzahl der jeweils in Nutzung befindlichen Teststraßen richtet sich dabei nach dem Testbedarf und der geplanten Erweiterung der Räumlichkeiten sowie der Möglichkeiten durch die Laborvernetzung. Bild 4 zeigt einen Überblick der beteiligten Systeme für die Teststraßen.

Von den dLST-Herstellern werden in den Teststraßen neben der ESTW-Zentraleinheit (ESTW-ZE), einer ETCS-Zentraleinheit (ETCS-ZE) und einer Zentraleinheit des integrierten Leit- und Bediensystems (iLBS-ZE) auch ein Bedienplatzsystem (iBS) zur Verfügung gestellt. Für die Feldebene werden Object Controller (OC) sowie die zugehörigen Feldelemente, wie z. B. Weichenantriebe etc. mit jeweils einem Testobjekt pro Teilsystemart, benötigt. Diese können für ausgewählte Testszenarien auch an anderen Standorten, wie z. B. im Digitalen Testfeld Bahn, aufgebaut werden. Für ETCS-Tests wird eine Vernetzung der ETCS-ZE zum GSM-R-Testsystem (zukünftig auch FRMCS-Testsystem) im TK-Testcenter sowie ins Digitale Testfeld Bahn realisiert. Vonseiten der DB werden das sbbiP-Netz einschließlich einer NOC-Umgebung (Network Operation Center) sowie einer SOC-Umgebung (Security Operation Center) realisiert. Die Technik für eine Bahnübergangssicherungsanlage (Büsa) sowie für TecWatch (Überwachung der Umsysteme im Stellwerk) ergänzen die Teststraße. Einen weiteren wesentlichen Bestandteil der Teststraße bildet die iLBS-Umgebung der DB, mit der die Bedienung und Überwachung der dLST realisiert wird.

Eine vollständig aufgebaute und vernetzte Teststraße bildet somit eine stabile Grundlage für eine Gesamtsystemintegration und einen anschließenden Gesamtsystemtest.

4 Testumgebung und Testautomatisierung

Jede Teststraße verfügt über eine Testumgebung (Bild 4). Die Testumgebung muss eine große Anzahl von Testmöglichkeiten unterstützen, um die Teilsysteme sowohl einzeln als auch im Gesamtsystem testen zu können. Hierzu werden verschiedene Simulatoren bereitgestellt, wie z. B. eine Zugsimulation oder eine RBC-Simulation (Radio Block Center). Für Funktionstests zu Nachbarstellwerken stehen N-STW-Simulatoren zur Verfügung, sofern die entsprechenden Teststraßen verschiedener Hersteller noch nicht vollständig genutzt werden können. Um Tests an den standardisierten Schnittstellen zu ermöglichen, sind ein OC-Simulator und ein Feldelementadapter integriert. Somit können Systemfunktionstests und Interoperabilitätstests zu Feldelementen auch ohne physikalische Komponenten durchgeführt werden. Die Simulatoren ermöglichen, dass Systemfunktionen (wie z. B. die Zulässigkeitsprüfung einer Fahrstraße) durchführbar sind, bieten aber auch vielseitige Möglichkeiten für Fehlerinjektion, Manipulation des Systemverhaltens für Testszenarien (z. B. Etablieren von Vorbedingungen, Simulation von Zugbewegungen/Gleisfreimeldungen) und Nachbildung realistischer Lasten.

Durch den Einsatz der Simulatoren ist es z. B. auch möglich, die dLST-Hersteller in der Entwicklungsphase der Teilsysteme zu unterstützen. Im Rahmen von Teilsystemtests können so frühzeitig Abweichungen und Fehler identifiziert werden und in den Entwicklungsprozess außerhalb der Sicherheitsnachweisführung einfließen.

Um eine Vielzahl von Testfällen effizient und reproduzierbar durchführen und auswerten zu können, ist eine Testautomatisierung

All the dLST manufacturers' subsystems as well as the DB provided components must be taken into account for an overall dLST system test. Up to four technically separated test tracks, specific to manufacturers, will be available. This enables the parallel execution of test campaigns and increased testing capacities. The exact number of test tracks in use at any given time depends on the test demand and the planned expansion of the premises as well as the possibilities offered by laboratory networking. Fig. 4 shows an overview of the systems involved in the test tracks.

In addition to the interlocking central unit, the dLST manufacturers provide the ETCS central unit, an integrated control and operating system central unit, as well as an operator workstation system at the test tracks. Object controllers (OC) and the associated field elements such as point machines are required for the field level, with one test object per subsystem type. These can also be set up at other locations, such as in the Digital Railway Testbed, for selected test scenarios. The networking of the ETCS central unit to the GSM-R test system and also to the FRMCS test system, the Telecommunications Test Centre and the Digital Railway Testbed in future has been realised for ETCS tests. The sbbiP network, including a network operation centre environment and a security operation centre environment, has been realised on DB side. The technology for a level crossing protection system as well as for TecWatch, the monitoring of peripheral systems in the interlocking, complements the test track. Another essential test track component is the DB iLBS (integrated control and operating system) environment, with which the operation and monitoring of the dLST is realised.

A fully installed and networked test track thus forms a stable basis for overall system integration and a subsequent overall system test.

4 The test environment and test automation

Each test track is equipped with a test environment (fig. 4). The test environment must support a large number of test possibilities in order to test the subsystems both individually and in the overall system. Various simulators are provided for this purpose, such as a train simulator or an RBC (Radio Block Centre) simulator. Neighbouring interlocking simulators are available for functional tests with neighbouring interlockings if the corresponding test tracks from different manufacturers cannot yet be fully used. An object controller simulator and a field element adapter have been integrated in order to enable tests at the standardised interfaces. This allows system function tests and interoperability tests with field elements to be carried out even without any physical components. The simulators enable system functions such as the permissibility check of a route to be executed, but also offer versatile possibilities for fault injection, the manipulation of system behaviour for test scenarios, such as the establishment of preconditions, the simulation of train movements and track vacancy detection and the reproduction of realistic loads.

The use of simulators also enables, for example, support for dLST manufacturers in the development phase of the subsystems. Any deviations and faults can thus be identified in the subsystem tests at an early stage and incorporated into the development process outside the safety evidence.

The performance and evaluation of a large number of test cases efficiently and reproducibly requires test automation. With test automation, the tests are executed on the basis of test case cata-

rung erforderlich. Mit der Testautomatisierung werden Tests auf Basis von Testfallkatalogen ausgeführt und die Testergebnisse in einem Software-Tool strukturiert abgelegt. Die integrierte Teststeuerung ermöglicht dabei eine flexible Durchführung verschiedenster Testkampagnen. Auf diese Weise werden Fehler aufgrund von manuellen Prozessen vermieden und wird eine große Zuverlässigkeit in der Durchführung und Dokumentation sichergestellt. Da die existierende Anforderungsspezifikation der dLST der Struktur nach Teilsystemen folgt und kaum konsolidierte Anforderungen an das Gesamtsystem existieren, wurden eigene Testfallkataloge für die TRU zusammengestellt. Diese kombinieren technische Anforderungen an Teilsysteme und deren Zusammenwirken, wie auch betriebliche Eigenschaften des Gesamtsystems.

Diese Testfallkataloge für Interoperabilitäts-, Integrations- und Systemtests (Systemfunktionstests, Zuverlässigkeitstests, Performancetests) leiten sich aus einer Vielzahl von Quellen ab. Relevanz haben hier vor allem die jeweils für das SuT (System unter Test) gültigen Lastenheftstände. Weitere Testfallkataloge werden für Gesamtsystemtests erstellt, mit denen die Ende-Zu-Ende Funktionalitäten oder auch Störungsszenarien abgedeckt sind.

5 Digitales Testfeld Bahn

Um auch Tests in einer realitätsnahen Umgebung durchführen zu können, ist in Scheibenberg (Erzgebirge) das Digitale Testfeld Bahn [2] realisiert worden. Das Testfeld befindet sich an der Strecke 6624 zwischen Markersbach und Schlettau, die seitens der Erzgebirgsbahn als Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) nur sehr selten genutzt wird und somit ideal für Tests und Erprobungen geeignet ist (Bild 5).

Das Testfeld nutzt neben dem Regelbetriebsgleis drei Testgleise, die über verschließbare Weichen abgetrennt sind und so autark für verschiedenste Zwecke verwendet werden können. Kernstück des Testfeldes sind zwei ehemalige Bahnhofsgebäude, die heute als Laborzentrale und Medienversorger ausgeführt sind. Diese Ge-

logues und the test results are stored in a structured manner in a software tool. The integrated test control enables the flexible execution of a wide variety of test campaigns. In this way, any faults due to manual processes are avoided and a high level of reliability is ensured in the execution and documentation.

Since the existing requirements specification for the dLST follows a structure based on subsystems and hardly any consolidated requirements for the overall system exist, separate test case catalogues have been compiled for the test and reference environment. These combine the technical requirements for subsystems and their interactions as well as the operating characteristics of the overall system.

These test case catalogues for interoperability, integration and system tests, including system function tests, reliability tests and performance tests, are derived from a large number of sources. Of particular relevance here are the respective requirement specification versions that are valid for the system under test (SuT). Further test case catalogues are created for overall system tests that cover end to end functionalities as well as fault scenarios.

5 The Digital Railway Testbed

The Digital Railway Testbed [2] has been realised at Scheibenberg, Erzgebirge (the Ore Mountains) in order to enable the tests to be performed in a realistic environment. The test field is located on line 6624 between Markersbach and Schlettau, which is only used very rarely by Erzgebirgsbahn as the infrastructure manager and is therefore ideal for tests and trials. (fig. 5)

In addition to the regular operating track, the test field also uses three test tracks that are separated by lockable points and can therefore be used autonomously for a wide variety of purposes. The test field's core consists of two former station buildings that are now designed as a laboratory control centre and media supply. These buildings fulfil the central functions for the provision of power, the net-

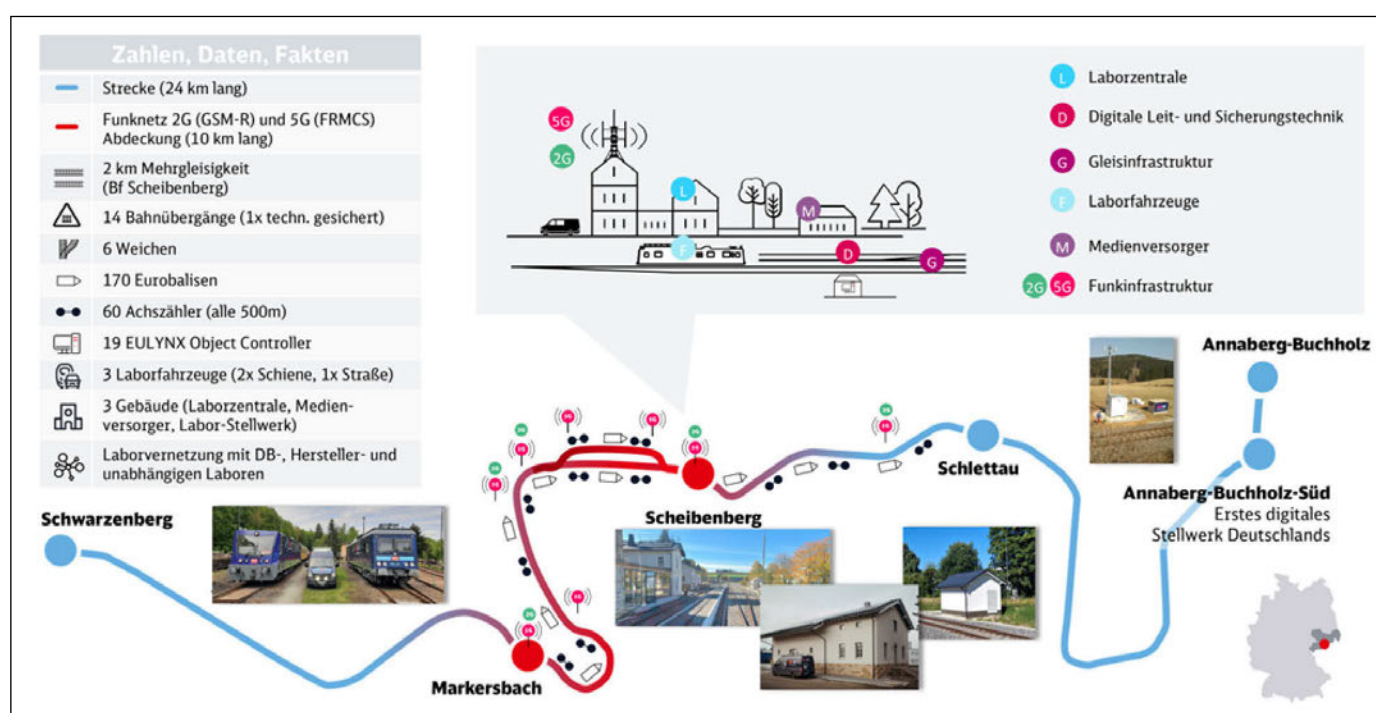


Bild 5: Übersicht des Digitalen Testfelds Bahn

Fig. 5: An overview of the Digital Railway Testbed

bäude erfüllen zentrale Funktionen zur Bereitstellung von Strom, Netzwerk (IT/OT), Internet und Funk sowie als zentrale Schnittstelle zur Vernetzung mit anderen Testlaboren und zu einem iLBS. Für Messungen und Erprobungen ist über eine Strecke von 10 km ein GSM-R-Testnetz aufgebaut, das zusätzlich mit dem GSM-R-Zentralsystem im TK-Testcenter vernetzt ist. Zudem ist ein FRMCS-Testnetz entlang der Strecke 6624 realisiert, welches zu Entwicklungs- und Erprobungszwecken verwendet wird, z. B. im Projekt 5G/RACOM und MORANE [3, 4].

Die Gleisanlage ist mit Achszählern und Weichenantrieben ausgestattet, die aus einem Gleisfeldkonzentrator-Prototyp mit entsprechenden OC angesteuert werden, die das EULYNX- und NEUPRO-Protokoll unterstützen. Über eine Vernetzung mit dem Testcenter dLST sind somit auch Testszenarien mit den Teststraßen abbildbar. Zusätzlich sind im Gleisfeld auch Eurobalisen verlegt, um ETCS-Tests durchzuführen, z. B. die Erprobung der ETCS-Kuppelfahrstraße [5].

Das Digitale Testfeld Bahn verfügt zudem über zwei Schienenlaborfahrzeuge und ein Labor-Kfz (Bild 6). Das Schienenlaborfahrzeug BR 707 wurde als Technologieträger- und Messfahrzeug entwickelt und verfügt über Messarbeitsplätze sowie Schränke zur Aufnahme von Messgeräten und Rechnern und wird insbesondere für GSM-R-Messungen verwendet. Mit dem Schienenlaborfahrzeug der Baureihe 708 werden insbesondere Tests im Kontext von ETCS und FRMCS durchgeführt. Es unterstützt getrennte Betriebsmodi (Regelbetrieb / Laborbetrieb) für einen sicheren Einsatz, verfügt über einen begehbaren Dachaufbau mit modularen Antennenplätzen sowie eine Labor-ETCS Ausrüstung. Für Messaufgaben zu GSM-R oder FRMCS entlang der Gleise steht das Labor-Kfz vom Typ Mercedes Sprinter zur Verfügung.

Der Einsatz von alternativen Fahrzeugen, z. B. Advanced Trainlab, ist bereits erfolgreich umgesetzt worden.

Somit ist das Testfeld mit seiner lokalen Infrastruktur und der Möglichkeit, Gleisfeldkomponenten flexibel zu verändern, ideal geeignet, um neue digitale Techniken im Feld zu erproben. Auf der anderen Seite ist es mit der Vernetzung zu anderen Testlaboren möglich, auch komplexe Tests und Erprobungen durchzuführen, z. B. den Moving Block Demonstrator im Rahmen des ERJU-Projektes [6].

work infrastructure (IT/OT), internet and radio, as well as acting as a central interface for networking with other test laboratories and an iLBS.

A GSM-R test network has been set up over ten kilometres for measurements and trials and has additionally been networked with the GSM-R core system at the Telecommunications Test Centre. In addition, an FRMCS test network has been realised along line 6624, which is being used for development and trial purposes, for example in the 5G RACOM and MORANE projects. [3, 4]

The track installation is equipped with axle counters and point machines that are controlled from a prototype track field concentrator with corresponding OC that support the EULYNX and NEUPRO protocols. Test scenarios with the test tracks can thus also be realised by networking with the dLST Test Centre. In addition, Eurobalises have also been installed in the track field in order to carry out ETCS tests, for example the testing of the ETCS coupled route. [5]

The Digital Railway Testbed also has two rail laboratory vehicles and a road laboratory vehicle. (fig. 6) The BR 707 rail laboratory vehicle has been developed as a technology carrier and measurement vehicle and has measurement workplaces as well as cabinets for accommodating measuring devices and computers. It is used in particular for GSM-R measurements. The Series 708 rail laboratory vehicle is mainly used for tests within the context of ETCS and FRMCS. It supports separate operating modes for safe use, regular operations and laboratory operations and has a walk on roof structure with modular antenna positions and ETCS laboratory equipment. The Mercedes Sprinter laboratory vehicle is available for measurement tasks relating to GSM-R or FRMCS along the track.

The use of alternative vehicles, such as the Advanced TrainLab, has already been successfully implemented.

Thus, its local infrastructure and the possibility of flexibly modifying the track field components mean that the test field is ideally suited for testing new digital technologies in the field. On the other hand, networking with other test laboratories also makes it possible to carry out complex tests and trials, for example the moving block demonstrator within the framework of the ERJU project [6].



Bild 6: Laborfahrzeuge des Digitalen Testfeld Bahn

Fig. 6: The Digital Railway Testbed laboratory vehicles

6 Ausblick

Um genügend Kapazität für die angestrebte Anzahl von Teststraßen sowie für die FRMCS-Teilsysteme bereitzustellen, ist in diesem Jahr eine Vergrößerung des Testcenters dLST in Eschborn geplant. Mit dem weiteren Ausbau des Testcenters dLST und der Einführung von FRMCS steigen die Anforderungen an Integration, Testfähigkeit und Nachweisführung im dLST-Umfeld kontinuierlich. Parallel gewinnt die Qualifizierung der TRU weiter an Bedeutung.

Für die TRU bedeutet dies, dass sowohl Konfigurationen (z. B. Planung, Projektierung, Testfallkataloge), eingesetzte Software (Simulatoren, Testautomatisierung, Monitoring) als auch ergänzende Hardware (Netzwerk- und Testinfrastruktur) systematisch auf ihre Eignung für den jeweiligen Verwendungszweck bewertet werden müssen. Ziel ist eine belastbare und nachvollziehbare Grundlage für Testergebnisse. Die hierfür notwendigen Qualifizierungsprozesse wurden initiiert; entsprechende Methoden, Nachweisdokumente und Bewertungsgrundlagen befinden sich im Aufbau.

Innerhalb der nächsten zwei bis drei Jahre werden die dLST-Hersteller ihre Systeme kontinuierlich weiterentwickeln und gemeinsam mit der DB in der Test- und Referenzumgebung zu einem Gesamtsystem integrieren. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] <https://digitale-schiene-deutschland.de/de/projekte/dLST> (abgerufen am 09.04.2026)
- [2] <https://digitale-schiene-deutschland.de/de/projekte/digitales-testfeldbahn> (abgerufen am 09.04.2026)
- [3] Karabinos, T.; Holfeld, B.; Weber, A.; Hassan, M.; Wriston, K.; Taferner, M.; Shaik, Z.; Apitzsch, A.: 5G-RACOM – Ergebnisse von Multipath-Protokolltests für hybride FRMCS-Netze, SIGNAL+DRAHT 05/2026
- [4] Karabinos, T.; Holfeld, B.; Fritzsche, R.; Alte, N.; Taferner, M.; Shaik, Z.; Moessner, M.; Chkeri, M.: 5G-RACOM – Feldstudie zu hybriden FRMCS-Netzen für ein resilientes Bahnfunksystem, SIGNAL+DRAHT 09/2024
- [5] Fielitz, J.; Jacob, J.; Reinhart, P.; Schön, F.; Stritzke, H.; Claus, S.: Betriebliche Validierung der Kuppelfahrstraße im Digitalen Testfeld Bahn, SIGNAL+DRAHT 05/2026
- [6] https://digitale-schiene-deutschland.de/de/aktuelles/2025/MBD_Testaktivitaeten (abgerufen am 10.04.2026)

6 Outlook

An expansion of the dLST Test Centre in Eschborn has been planned for this year in order to provide sufficient capacity for the targeted number of test tracks and for the FRMCS subsystems. The integration, testability and evidence generation requirements in the dLST environment will continue to increase with the further expansion of the dLST Test Centre and the introduction of FRMCS. At the same time, the qualification of the TRE is also gaining further importance. This means that any test and reference environment configurations, such as the planning, engineering and test case catalogues, the used software, including any simulators, test automation and monitoring, as well as the supplementary hardware, such as network and test infrastructure, must be systematically assessed for their suitability with regard to the intended use. The goal is a robust and comprehensible basis for test results.

The qualification processes required for this have been initiated, while corresponding methods, evidence documents and assessment bases are currently under development.

dLST manufacturers will continue to develop their systems over the next two to three years and integrate them along with DB into an overall system within the test and reference environment. ■

AUTOREN | AUTHORS

Holger Stritzke

Manager Test Center Digital CCS Systems
DB InfraGO AG

Anschrift / Address: Adam-Riese-Straße 11-13, D-60327 Frankfurt am Main
E-Mail: holger.stritzke@deutschebahn.com

Christoph Müller

Co-Founder, Managing Director
Systems Lab 21 GmbH

Anschrift / Address: August-Bebel-Straße 88, D-14482 Potsdam
E-Mail: christoph.mueller@systemslab21.com

Progress Rail

A Caterpillar Company

InnoTrans 2026 | Hall 2.2, Booth 130