

Betriebliche Validierung der Kuppelfahrstraße im Digitalen Testfeld Bahn

Operational validation of the coupling route at the Digital Rail Testbed

Sören Claus | Johannes Fielitz | Jörg Jacob | Peter Reinhart | Florian Schön | Holger Stritzke

ETCS bietet viele Chancen für einen einfacheren und leistungsfähigeren Betrieb. Dazu zählt beispielsweise der neue Fahrstraßentyp „Kuppelfahrstraße“ zum Stärken von Zügen. Neben technischen Änderungen (z. B. am Stellwerk und am Bediensystem) ziehen derartige Neuerungen auch Änderungen an etablierten Betriebsprozessen nach sich, denen oft mit Skepsis begegnet wird. Im Digitalen Testfeld Bahn (DTB) der DB InfraGO wurden die Abläufe beim Stärken von Zügen mit der Kuppelfahrstraße erprobt und einem Fachpublikum vorgestellt. Damit ist der Weg für die Umsetzung geebnet.

1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Um unterschiedlichen betrieblichen und verkehrlichen Bedarfen entlang des Laufwegs eines Zugs Rechnung zu tragen, können Züge miteinander gekuppelt oder voneinander getrennt werden. Dies wird als „Stärken“ und „Schwächen“ bezeichnet.

Das bislang im Netz der DB InfraGO zum Stärken verwendete Verfahren nutzt Lichtsignale – Zugdeckungssignale (Zds) –, die meist ungefähr in der Mitte eines Bahnsteiggleises angeordnet sind. Der nachfolgende Zug fährt dabei mit maximal 20 km/h (Bereich der ehemaligen Deutschen Bundesbahn) bzw. 40 km/h (Bereich der ehemaligen Deutschen Reichsbahn) in den Bahnsteigbereich ein. Er wird dabei abschnittsweise durch die punktförmige Zugbeeinflussung (PZB) auf 45 km/h überwacht [1]. Der Zug hält anschließend am Zds an und rückt schließlich bis wenige Meter vor den Zugschluss des ersten, kuppelbereiten Zugs vor. Der nachrückende Zug hält anschließend, wenn es in den Bedienungsvorschriften der jeweiligen Baureihe gefordert ist, nochmals an und kuppelt dann mit sehr geringer Geschwindigkeit mit dem kuppelbereiten, zuerst eingefahrenen Zug.

Im Rahmen des Digitalen Knotens Stuttgart (DKS) werden erstmals auch größere Bahnhöfe in Deutschland mit ETCS Level 2 ohne Signale (L2oS) ausgerüstet, darunter der im Bau befindliche Hauptbahnhof in Stuttgart [2]. Im Rahmen einer Innovationskooperation (IK) von Auftraggeber (Deutsche Bahn AG, DB) und Auftragnehmer (Hitachi Rail) wurden dafür u. a. die in einem solchen Bahnhof üblichen Betriebsprozesse, darunter das Stärken von Zügen, auf die Umsetzbarkeit mit L2oS untersucht [3]. Das ETCS-Infrastruktur-Lastenheft der DB (BTSF3) sah zum Stärken in L2oS bis dahin virtuelle Zwischensignale (Zsig) vor, an denen anzuhalten und in der Betriebsart „Shunting“ (SH) weiterzufahren war [4]. Dabei wären sowohl an den Zwischen- als auch an den Ausfahrtsignalen Lichtperrsignale (Ls) erforderlich gewesen. Diese Lösung widersprach nicht nur dem Ziel, in dem Bahnhof im Kern des DKS keine Lichtsignale aufzubauen, sondern ließ auch die Möglichkeiten von ETCS ungenutzt, insbesondere die in vielen Betriebsarten mögliche präzise Weg- und Geschwindigkeitsüberwachung.

ETCS offers many opportunities for simpler and more efficient railway operations. One example involves the introduction of a new route type, the coupling route, which facilitates the joining of train units. In addition to technical modifications (e.g. to interlocking systems and control interfaces), such innovations also entail changes to established operating procedures, which are often met with some degree of scepticism. The processes for coupling trains using a coupling route have been tested and demonstrated to industry experts at DB InfraGO's Digital Rail Testbed (DTB). This has paved the way for practical implementation.

1 The task and objective

Trains can be coupled together or separated in order to accommodate different operating and traffic requirements along a train's route. This process is referred to as joining and splitting a train.

The currently used train joining method in the DB InfraGO network employs lineside light signals, i.e. train-protection signals, that are usually positioned roughly in the middle of a platform track. The following train enters the platform area at a maximum speed of 20 km/h (in the former West German area) or 40 km/h (in the former East German area). The movement during this approach is monitored in sections by the Class B train protection system (PZB) at a limit of 45 km/h [1]. The train then stops at the train protecting signal and subsequently moves forward to within a few metres of the rear of the first train, which is ready for coupling. If the operating instructions for the given vehicle series so require, the following train stops again before finally coupling to the first, already positioned train at a very low speed.

Major stations in Germany are being equipped for the first time with ETCS Level 2 only (without Class B) (L2oS), including the new Stuttgart Central Station that is currently under construction, as part of the Stuttgart Digital Node (DKS) project [2]. Typical operating procedures at such a station, including joining, have been examined for their feasibility under L2oS conditions within the framework of innovative co-operation (IC) between the client (Deutsche Bahn AG, DB) and the contractor (Hitachi Rail). [3] To date, DB's ETCS infrastructure requirement specification (BTSF3) has provided for the use of virtual intermediate signals for joining in L2oS where trains are required to stop before continuing in Shunting mode (SH) [4]. This approach would have required coloured light blocking signals at both the intermediate and exit signals. However, such a solution would have contradicted the

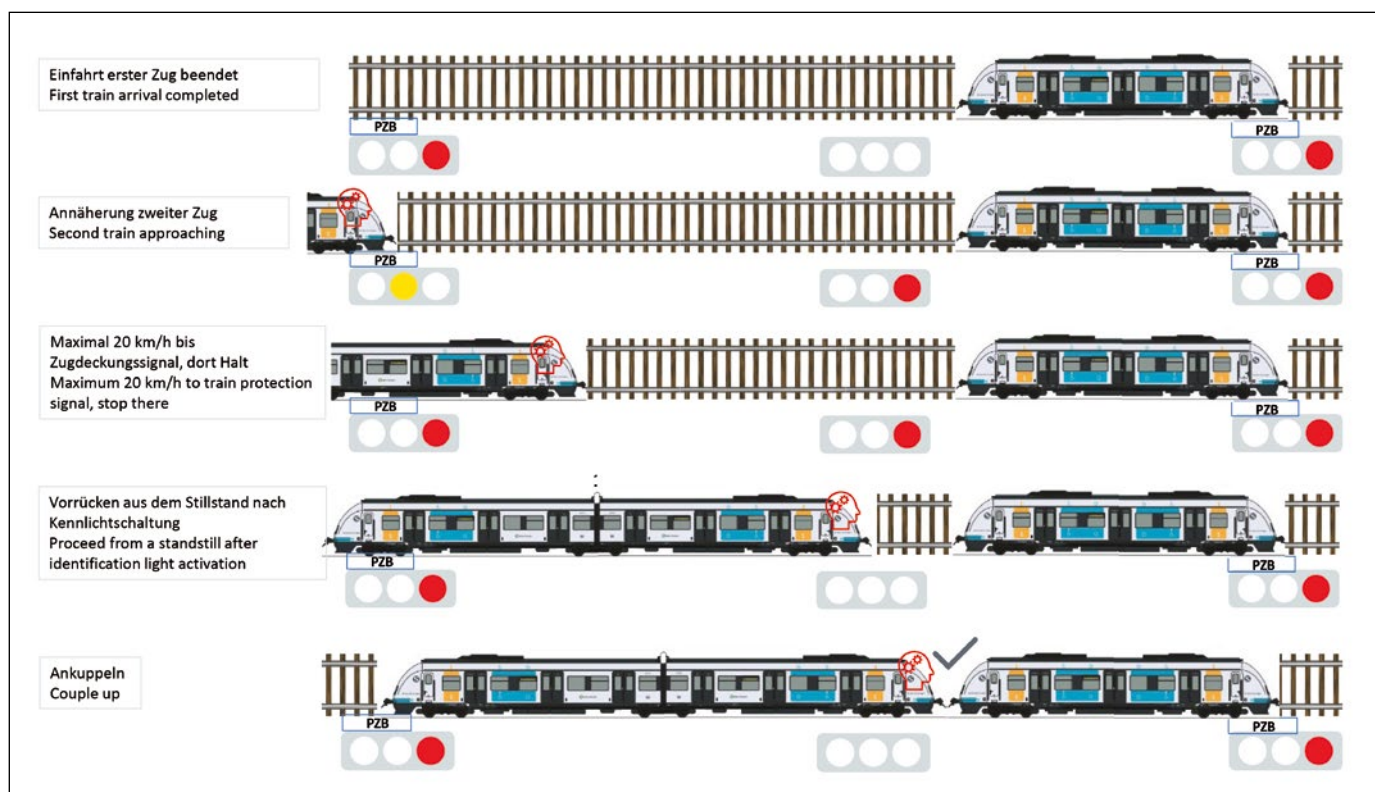


Bild 1: Kuppelablauf bei signalgeführten Zügen

Fig. 1: The coupling process for signal-controlled trains

Im Rahmen der IK kristallisierte sich, nach dänischem Vorbild [5], eine Lösung heraus, die wesentliche Möglichkeiten von ETCS nutzte und dabei sowohl einen Verzicht auf Lichtsignale als auch einen flüssigeren und noch sichereren Betrieb versprach. Dies mündete 2022 in dem Konzept der Kuppelfahrstraße.

2 Konzept

Das Konzept sieht seit jeher den in Bild 2 dargestellten Ablauf vor: Nach Einfahrt und Halt des ersten Zugs fährt der zweite Zug unter ETCS-Vollüberwachung (FS) mit zulässigen 40 km/h [6] in den Bahnsteigbereich ein. Etwa 300 m vor einem Zsig als ETCS-Halttafel (Ne 14), dem sogenannten „Kuppelstartsignal“, erfolgt die Aufforderung zum Wechsel in die Betriebsart „On Sight“ (OS). Die hierzu bereits übliche [7] Quittierung des Triebfahrzeugführers (Tf) tritt dabei an die Stelle des bislang notwendigen Halts und dient als Aufmerksamkeitsschleife. Ab dem Zsig wird die zulässige Geschwindigkeit auf 20 km/h verringert. Der übrige Ablauf erfolgt wie bisher.

Damit können nicht nur Lichtsignale, sondern auch der bislang notwendige Halt am Zds/Zsig entfallen. In Verbindung mit der unter ETCS zulässigen Einfahrt ins teilbesetzte Gleis mit 40 km/h kann der Prozess erheblich beschleunigt werden. Zusätzlich greift die mit ETCS mögliche präzise Weg- und Geschwindigkeitsüberwachung auf 40 km/h bzw. 20 km/h. In Deutschland wurde bei Ne-Bahnen eine ähnliche Funktion entwickelt [8], auch in Dänemark [5] und in der Schweiz sind ähnliche Prozesse im Einsatz.

3 Herleitung und Konzeptumsetzung

3.1 Aufstellung der betrieblichen Regeln und Risikoanalyse

Parallel zur Weiterentwicklung von Lastenheften (LH) wurden 2022 die betrieblichen Regeln für die Kuppelfahrstraße erstellt. Diese sollten zu-

core objective of implementing the central area of the DKS without any lineside light signals while the ETCS capabilities remained untapped, particularly the precise distance and speed supervision available in several ETCS modes.

A solution emerged within the framework of the IC. Inspired by the Danish example [5], it made extensive use of the ETCS capabilities while avoiding lineside light signals and providing a smoother, even safer mode of operation. This ultimately led to the development of the coupling route concept in 2022.

2 The concept

The concept has always envisaged the sequence shown in fig. 2: after the arrival and stoppage of the first train, the second train enters the platform area in Full Supervision (FS) mode at an authorised speed of 40 km/h. The driver is requested to change to “On Sight” (OS) mode at a distance of approximately 300 m before an intermediate signal (ETCS stop marker), the so-called “coupling start signal”. The train driver’s acknowledgement [7], which is already common practice for this purpose, takes the place of the previously required stop and serves as an attention loop. The permitted speed is reduced to 20 km/h from the intermediate signal onwards and the remaining procedure corresponds to the conventional process.

This means that not only the light signals, but also the previously required stop at the intermediate signal/train-protection signal can be dispensed with. The process can be significantly accelerated in combination with the ETCS enabled entry into an already partially occupied track at 40 km/h. In addition, the precise distance and speed supervision to 40 km/h and 20 km/h enabled by ETCS also comes into effect.

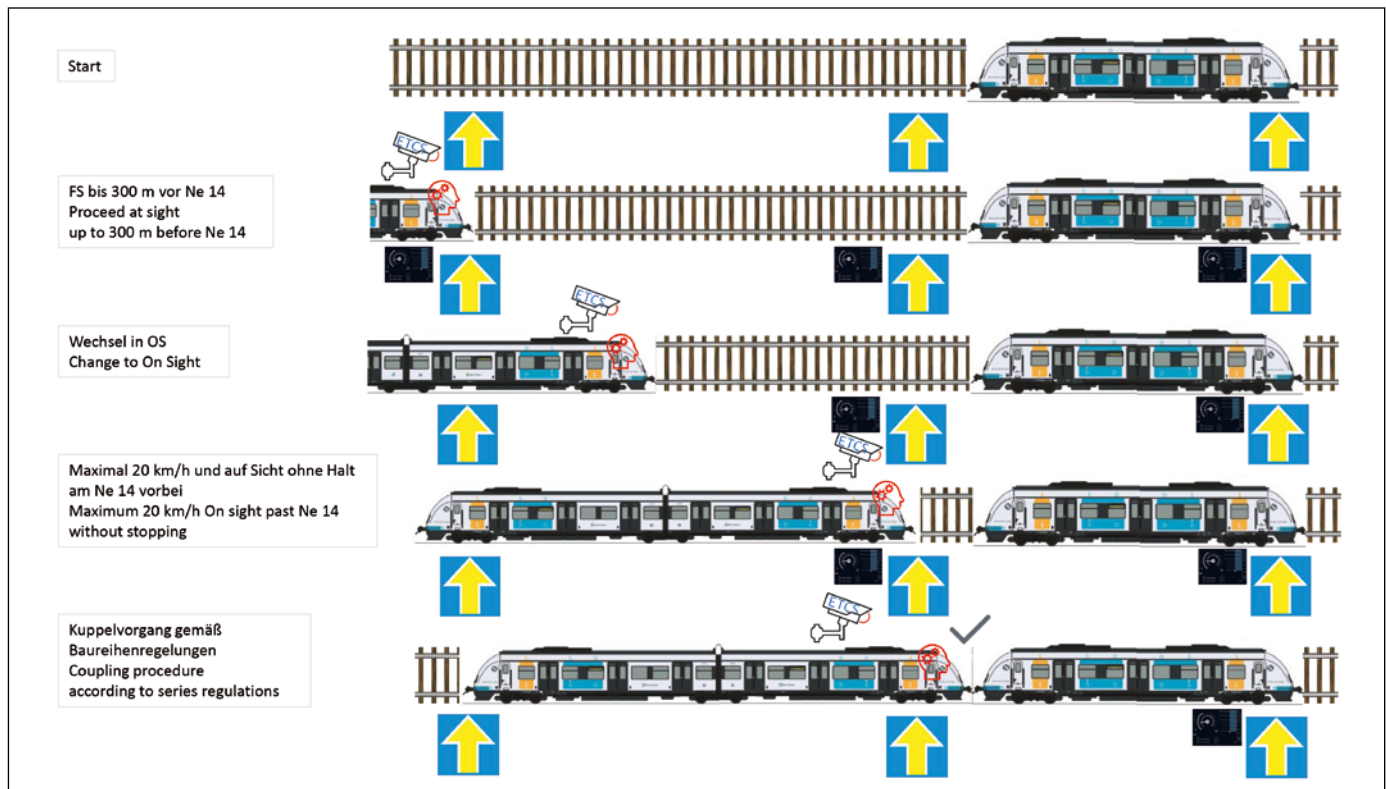


Bild 2: Kuppelablauf bei Anwendung der Kuppelfahrstraße

Fig. 2: The coupling sequence when applying the coupling route

nächst in die damals in Erarbeitung befindliche Ril 400 [9] eingearbeitet werden. Als 2023 absehbar wurde, dass diese nicht rechtzeitig zum Start des DKS zur Verfügung stehen würde, rückte die bestehende FV (Ril 408) in den Fokus. In ersten Abstimmungen mit deren Autoren und mit den Vertretern des Eisenbahnbetriebsleiters (EBL) wurde klar, dass dafür eine Risikoanalyse (CSM-RA) erforderlich wird. Eine Herleitung über bereits bestehende Regeln der Ril 408 [10] zur Einfahrt in ein teilweise besetztes Gleis in OS galt als unzulässig und nicht hinreichend. Anstatt die Kuppelfahrstraße direkt in die Ril 408 aufzunehmen, sollte nunmehr die Kuppelfahrstraße zunächst über örtliche Zusätze zur Ril 408 für Stuttgart Hbf geregelt werden und eine Betriebserprobung erfolgen. Die Abwendung eventuell auftretender Besonderheiten oder gar gefährlicher Ereignisse hätte hier in Weisungen zur Betriebserprobung schnell erfolgen können.

Im Rahmen der zu erstellenden CSM-RA wurde neben mehreren Hemmnissen eine einzige Gefährdung identifiziert: „Der Triebfahrzeugführer des zweiten Zugs bremst während seiner Fahrt in der ETCS-Betriebsart OS nach erfolgreichem ETCS-Betriebsartenwechsel zu spät oder gar nicht und fährt mit maximal 20 km/h auf den stehenden ersten Zug auf. Es kommt zur Kollision.“ Diese Gefährdung wäre im Rahmen eines späteren formalen Stellungnahmeverfahrens zu der notwendigen Anpassung der Nutzungsbedingungen Netz (NBN) für die Betriebserprobung durch die betroffenen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) zu übernehmen.

3.2 Beteiligung der EVU

Es schien sinnvoll, die EVU schon frühzeitig einzubinden, um die beabsichtigten Änderungen zu erläutern und zu demonstrieren. Dabei sollten Bedenken und Anregungen direkt aufgegriffen und die beabsichtigten Regelwerksänderungen bei Bedarf vor einem NBN-Verfahren angepasst werden.

Am 5. Juni 2024 fand dazu in Frankfurt (Main) ein Workshop mit den beteiligten EVU zu den geplanten Regelwerksanpassungen der Ril 408 für

In Germany, a similar function has been developed for non-interlocked lines (Ne-Bahnen) [8]. In Denmark [5] and in Switzerland, comparable functionalities are already in operation.

3 The derivation and implementation of the concept

3.1 Establishing the operating rules and risk analysis

The operating rules for the coupling route were drawn up in 2022 in parallel with the further development of the specifications. They were initially intended to be incorporated into the then ongoing revision of GL 400 [9]. When it became apparent in 2023 that this regulation would not be available in time for the start of the DKS, the focus shifted to the existing FV operations rulebook (GL 408). During the initial coordination with their authors and with the representatives of rail safety managers, it became clear that a risk analysis (CSM-RA) would be required for this purpose. A derivation based on the existing provisions of GL 408 [10] for entering a partially occupied track in OS mode was deemed inadmissible and insufficient.

Instead of integrating the coupling route (Kuppelfahrstraße) directly into GL 408, it was decided that the function should initially be regulated for Stuttgart Main Station via local addenda to GL 408 accompanied by trial operations. Any special operating characteristics or even hazardous situations that might arise during the trial phase could be addressed promptly through operating instructions issued specifically for the trial period.

A single hazard was identified in addition to several obstacles as part of the CSM-RA that was to be prepared: “The driver of the second train brakes too late or not at all during his movement in ETCS OS mode after a successful ETCS mode transition and collides with the stationary first train at a maximum speed of 20 km/h. A collision occurs.” This hazard would have to be accepted by the affected railway undertakings (RU) within the context of the later

den DKS, darunter die Kuppelfahrstraße, statt. Dabei wurde eine Kuppelfahrt zweier ICE auf einer Modellbahnanlage [9] nachgestellt. Während die ersten Eindrücke der EBL positiv waren, zeigte sich in der anschließenden Diskussion der Regelwerkstexte ein Aspekt, der noch nicht im Rahmen der CSM-RA beleuchtet worden war: das Verhalten einer aktiven AFB nach Bestätigung des Fahrens auf Sicht durch den Tf. Es blieb zunächst unklar, ob die AFB in OS versuchen würde, über die Überwachungsgeschwindigkeit von ETCS hinaus zu beschleunigen. Vorbehaltlich der Prüfung dieses Sachverhalts fand das beabsichtigte Verfahren die Zustimmung der EBL, und eine Übernahme der geteilten Risiken wurde in Aussicht gestellt.

3.3 Simulation im Fahrsimulator

Gemeinsam mit DB Training wurden Simulationen an einem Fahrsimulator der Baureihe 408 durchgeführt. Es wurden keine weiteren Gefährdungen erkannt, eine unerwünschte Beschleunigung durch die AFB unterblieb.

In der Simulation konnten die Verhältnisse bei Fahrt in OS bei schlechter Sicht sowie die Handlungsdichte des Tf für die EVU nicht befriedigend nachgestellt werden, weshalb Feldtests vereinbart wurden.

4 Der Feldtest im Digitalen Testfeld Bahn (DTB)

4.1 Zielsetzung

Mithilfe des Feldtests sollte die Funktionalität und Bedienbarkeit der Kuppelfahrstraße in einer realen betrieblichen Wirkumgebung getestet werden.

Als geeignete Testumgebung bot sich das DTB [11] im Erzgebirge an, da hier gute Voraussetzungen herrschen, um genau solche Validierungsprozesse auf einer Schieneninfrastruktur durchzuführen. Im DTB werden auch FRMCS [12] getestet und validiert [13], hybride FRMCS-Netze untersucht [14] sowie wird Moving Block [15] demonstriert.

formal consultation process for the necessary amendment of the Network Statement to permit trial operations.

3.2 The involvement of the RU

Although this formal involvement would only have been required later, it seemed highly sensible to engage the RU at an early stage so as to explain and demonstrate the intended changes. This would enable any concerns and suggestions to be addressed directly and the planned regulatory amendments to be adjusted as needed before later being submitted to the formal Network Statement process.

On 5 June 2024, a workshop took place in Frankfurt (Main) with the participating RUs regarding the planned amendments to GL 408 for the DKS, including the coupling route. A coupling manoeuvre involving two ICE trains was simulated on a model railway layout [9]. While the safety managers' first impressions were favourable, the following discussion of the regulatory texts revealed an aspect not yet addressed in the CSM-RA, i.e. the behaviour of an active AFB driving and braking control system after the train driver has acknowledged proceed on sight. It initially remained unclear whether the AFB would attempt to accelerate beyond the ETCS supervision speed in the OS mode. The intended procedure received the safety managers' approval subject to the verification of this issue and they indicated their willingness to accept the shared risks.

3.3 Simulation in a driving simulator

Simulations using an ICE (Class 408) driving simulator have been conducted in collaboration with DB Training. No further hazards were identified and, in particular, no undesired acceleration occurred due to AFB.

The conditions during operations in fog as well as the driver's workload could not be satisfactorily reproduced in the simulation for the railway undertakings, which is why field tests were agreed upon.



Bild 3: Testfahrzeug der Baureihe 285, vor einem aufgebauten Hindernis

Fig. 3: The Class 285 test vehicle positioned in front of the constructed obstacle

4.2 Vorbereitung des Feldtests

Am 28. und 29. April 2025 wurde die Testkampagne durchgeführt. Es wurde ein betrieblicher Ablaufplan abgestimmt. Startpunkt, das Signal Ne 14 sowie ein Hindernis als Simulation eines kuppelbereiten Fahrzeugs wurden entlang der Strecke aufgebaut.

Als Testfahrzeug war ein ETCS-fähiges Schienenfahrzeug mit Mindestanforderung ETCS nach Baseline 2/2.3.0d erforderlich. In einem Abstimmungsprozess mit der örtlich ansässigen Pressnitztalbahn mbH (Press) wurde eine Diesellokomotive der BR 285 ausgewählt, welche alle notwendigen Rahmenbedingungen zur Durchführung der Versuchsreihe erfüllte.

Um den Feldtest durchzuführen, musste eine sichere Kommunikation zwischen dem Fahrzeug und der Infrastruktureseite hergestellt werden. Dazu wurde das GSM-R-Testnetz des DTB mit der GSM-R-Zentrale der DB InfraGO verbunden. Darüber wurde eine Verbindung zu einem RBC-Simulator beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) aufgebaut. Auf dem ETCS-System des Fahrzeugs wurden zuvor mithilfe des Fahrzeugherstellers spezielle ETCS-Schlüssel aufgespielt. Weiterhin wurden 20 Balisen in das Gleisnetz des DTB eingebracht, die mittels definierter Datensätze das ETCS-Fahrzeugsystem mit den notwendigen Informationen versorgten. Die notwendigen Maßnahmen wurden durch den Bereich der Systemintegration LST der DB InfraGO umgesetzt.

4.3 Durchführung des Feldtests

Die Durchführung des Feldtests fand unter Beteiligung von Vertretern des Eisenbahn-Bundesamtes, verschiedenen EBL sowie Fachleuten der DB InfraGO statt. Es wurden die betrieblichen Abläufe für den Tf bei einem Kuppelvorgang mit eingeschaltetem ETCS unter Sicherheitsaspekten vollumfänglich bewertet. Konkret wurden die Handlungsabläufe des Tf während des Kuppelvorgangs überprüft und folgende Schritte betrachtet (siehe auch Bild 5):

1. Annäherung mit dem Fahrzeug auf der Teststrecke von Markersbach Richtung Scheibenberg mit Übergang über Weiche 11 ins Testgleis 3 mit einer Mindestgeschwindigkeit von $v_{min} = 50 \text{ km/h}$

4 The field test at the Digital Rail Testbed (DTB)

4.1 Objective

The field test aimed to validate the functionality and operability of the coupling route in a real operating environment.

The DTB [11] in the Ore Mountains has proven to be an ideal test environment, as it has provided excellent conditions over the past five years for conducting precisely such validation processes on a rail infrastructure decoupled from daily operations. FRMCS [12] is already being tested and validated there [13], while hybrid FRMCS networks are likewise being investigated [14] and Moving Block [15] has been demonstrated.

4.2 Preparing the field test

The test campaign was conducted on 28 and 29 April 2025. An operating schedule was developed and agreed based on the test concept. A starting point, Ne 14 marker and an obstacle simulating a vehicle ready for coupling were set up along the track.

The test vehicle needed to be an ETCS-equipped rail vehicle (the minimum requirement: ETCS Baseline 2/2.3.0d). A class 285 diesel locomotive had been selected in a prior coordination process with the locally based Pressnitztalbahn mbH RU (Press), as this traction unit met all the necessary framework conditions for the test series.

Secure communication had to be established between the vehicle and the trackside in order to conduct the field test. The DTB's GSM-R test network was therefore connected to DB InfraGO's GSM-R centre for this purpose. This enabled a connection to an RBC simulator at the German Aerospace Centre (DLR). Special ETCS keys had been previously loaded into the vehicle's ETCS system with the assistance of the vehicle manufacturer. Furthermore, 20 balises were installed in the DTB track network, which provided the ETCS vehicle system with the necessary information via specific data packets. The required measures were carried out by DB InfraGO's CCS System Integration department.

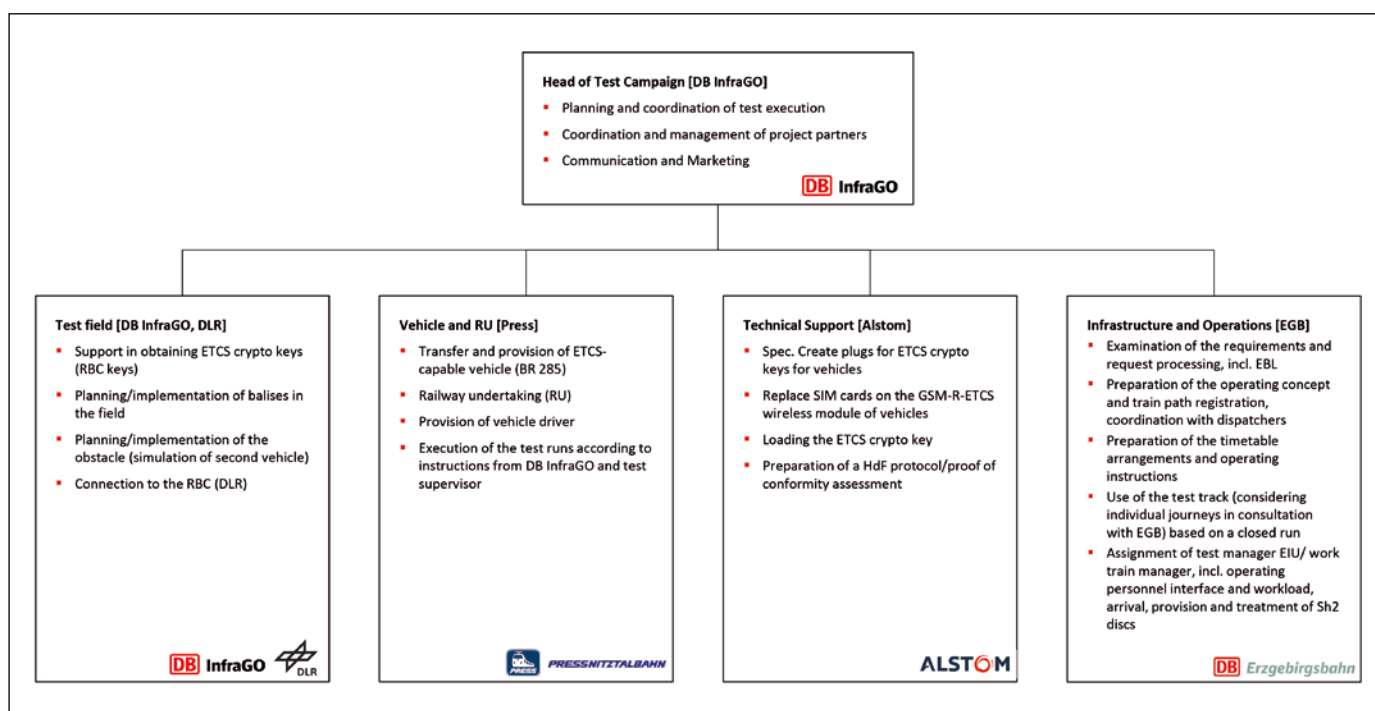


Bild 4: Projektstruktur mit Partnern und deren Aufgaben für den Feldtest

Fig. 4: The project structure with the partners and their responsibilities for the field test

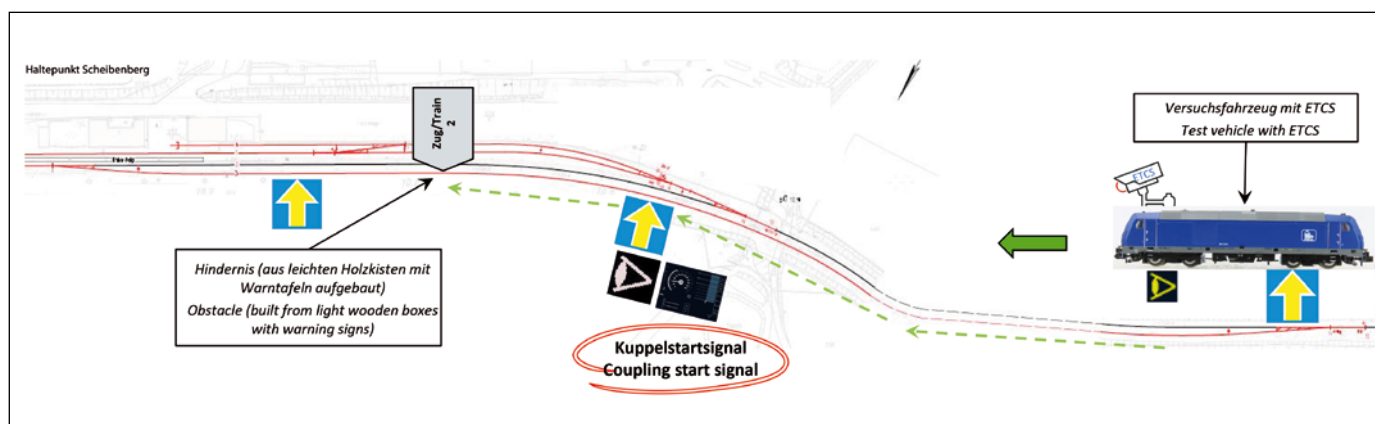


Bild 5: Grafische Darstellung des Testablaufs „Kuppelfahrstraße“

Fig. 5: A graphic illustration of the coupling route test sequence

2. Wahrnehmen der Aufforderung nach OS zu wechseln, ca. 300 m vor Kuppelstartsignal
3. Wechsel OS unter Beachtung einer maximalen Geschwindigkeit von $v_{max} = 20 \text{ km/h}$ ab Kuppelstartsignal (Bild 6)
4. Sicheres Abbremsen des Fahrzeugs vor einem mit einem Schutzhaltsignal (Sh 2) gekennzeichneten Hindernis, das aus Holzkisten im Gleis aufgebaut wurde und damit ein zweites kuppelbereites Fahrzeug simulierte (Bild 3)

4.3 Conducting the field test

The field test was conducted with the participation of representatives from the Federal Railway Authority, various rail safety managers and DB InfraGO specialists. The operating procedures for the train driver during a coupling manoeuvre with activated ETCS were comprehensively assessed from a safety perspective. Specifically, the driver's actions during the coupling process were reviewed, while considering the following steps (see also fig. 5):

#DIGITISE YOURRAIL

SCHEIDT & BACHMANN

FÜR EINE MOBILITÄT, AUF DIE MAN SICH VERLASSEN KANN.

Die Ahrtalstrecke ist nach der Wiederinbetriebnahme auch dank unserer digitalen Leit- und Sicherungstechnik wieder sicher in Betrieb.

Scheidt & Bachmann Signalling Systems GmbH
 Breite Straße 132 • 41238 Mönchengladbach • Deutschland
 Tel. +49 (0) 2166 266-628 • signaltechnik@scheidt-bachmann.de
www.scheidt-bachmann.de

Jetzt entdecken unter:
digitiseyourrail.com

Bild 6: Blick auf das DMI nach Wechsel in Betriebsart OS

Fig. 6: A view of the DMI after switching to OS mode



Die Versuchsreihe bestand aus zehn Durchläufen, die auch live in einen Besprechungsraum für Besucher übertragen wurden. Nach jeder Versuchsreihe gab es eine kurze Auswertung durch die Projektbeteiligten, bevor das Fahrzeug wieder zum Aufstartpunkt zurückgefahren wurde.

5 Ergebnisse und Bewertung

In den ersten Kuppelfahrten wurden die Abläufe aus Sicht des Tf bewertet. Sowohl durch ihn als auch durch die Beteiligten wurden die Abläufe gemäß Anzeige am Driver Machine Interface (DMI) und die Beachtung betrieblicher Regeln in der zeitlichen Abfolge als durchführbar eingeschätzt. Es kam ein erstmals mit der Kuppelfahrstraße in Berührung kommender Tf zum Einsatz. Die wichtigste Erkenntnis war, dass der Tf bei nicht gegebener Sicht die Aufforderung zum Wechseln in OS zunächst nicht quittiert und dann am Kuppelstartsignal zum Halten kommt. Danach kann der Tf die noch vorhandene Aufforderung zum Wechsel in OS bestätigen und dann die Kuppelfahrt aus dem Stillstand durchführen. Dieser Ablauf wurde als realistisch und praxistauglich eingeschätzt. Auch die Prüfung der Richtlinienlage im Nachgang ergab, dass der Tf nicht zwingend sofort die Aufforderung zum Wechsel in OS bestätigen muss und dieses Vorgehen richtlinienkonform ist.

Mit den Feldtests im DTB konnten die verbliebenen Bedenken ausgeräumt werden. Vor allem konnte das Verhalten bei unklaren oder sogar unsichtigen Verhältnissen demonstriert werden. Der Tf kann in diesem Fall, wie bisher am Signal Ne 14, anhalten. Er kann anschließend auch im Stillstand die Aufforderung zum Wechsel in OS quittieren und dann an den ersten Zug ankuppeln. Der Halt am Signal Ne 14 erfolgt dabei DMI-geführt, wird überwacht und ist somit auch sichergestellt, wenn der Tf nicht rechtzeitig bremst. Im Test kam der Zug exakt am Signal Ne 14 zum Halten. Darin liegt auch ein weiterer Sicherheitsgewinn in Bezug zum Referenzsystem [16].

1. Approach with the vehicle on the test track from Markersbach towards Scheibenberg and transition onto test track 3 via point 11, while maintaining a minimum speed of $v_{min} = 50 \text{ km/h}$
2. Acknowledge the instruction concerning the change to OS mode approximately 300 m before the coupling start signal
3. Switch to OS mode while observing a maximum speed of $v_{max} = 20 \text{ km/h}$ from the coupling start signal (fig. 6)
4. Brake the vehicle safely in front of an obstacle constructed from wooden crates marked with a red protection stop signal on the track to simulate a second coupling-ready vehicle (fig. 3)

The test series consisted of ten runs, which were also transmitted live to a meeting room for visitors. After each test run, the project participants conducted a brief evaluation before the vehicle was returned to the starting point.

5 Results and evaluation

The procedures were evaluated and commented on from the driver's perspective in the initial coupling route runs. Both he and the other participants assessed the sequence of actions according to the indications on the driver machine interface (DMI) and in compliance with the operating rules as being feasible in terms of timing. A driver who was encountering the coupling route for the first time was used for the test. The key finding was that, when visibility was poor, the train driver did not acknowledge the instruction to change to OS and then came to a halt at the coupling start signal. After coming to a standstill, the driver can then confirm the still active request to switch to OS and carry out the coupling movement from a stationary position. This procedure was deemed realistic and operationally viable. A subsequent review of the regulatory framework confirmed that the driver is not required to immediately acknowledge the OS mode change, making this approach compliant with the guidelines.

6 Ausblick

Parallel zur betrieblichen Validierung wurde die Funktion inzwischen auch in das LH für ETCS (BTSF3 3.2 [17, 18]) und in einen LH-Zusatz des Stellwerks [19] aufgenommen. Der Bedienkatalog des integrierten Leit- und Bediensystems (iLBS [20]) wurde um das zusätzliche Bedienkommando und einen zusätzlichen Melder ergänzt [21], und die Schnittstellen SCI-CC_LST [22] und SCI-RBC [23] wurden erweitert.

Das erste Ziel, mit der Kuppelfahrstraße auf Lichtsignale zum Stärken im neuen Hauptbahnhof in Stuttgart verzichten zu können, wird erreicht. Die Funktion der Kuppelfahrstraße sollte im DKS ab 2027 [24] zur Verfügung stehen und betriebserprobt werden. Da die Inbetriebnahme des Hauptbahnhofs verschoben werden musste, wird auch die Funktion der Kuppelfahrstraße erst später eingeführt [25]. Aufgrund der Längsneigung des Hauptbahnhofs kann dort auch nur außerplanmäßig gestärkt werden [26], sodass die Betriebserprobung wegen der seltenen Verwendung dort voraussichtlich nicht abgeschlossen werden kann. Ihre erste regelmäßige Verwendung wird die Kuppelfahrstraße somit voraussichtlich Anfang der 2030er Jahre bei der Digitalen S-Bahn Hamburg sowie im Stuttgarter Umland (DKS-Baustein 3) finden, soweit dort nicht ohnehin zahlreiche Ls aufzubauen sind [4]. Weitere Anwendungen können bei zukünftigen L2oS-Ausrüstungen von Bahnhöfen folgen.

Für die Zukunft verbleibt eine Reihe von Potenzialen, um den Nutzen der Kuppelfahrstraße weiter zu mehren: beispielsweise Einfahrten mit mehr als 40 km/h in ein teilbesetztes Gleis oder die Heranführung an das tatsächliche Zugende anhand von Positions- und Zugintegritätsinformationen. ■

AUTOREN | AUTHORS

Sören Claus

System Integration, Manager of Digital Rail Testbed
DB InfraGO AG
Anschrift / Address: Adam-Riese-Straße 11-13, D-60327 Frankfurt am Main
E-Mail: soeren.claus@deutschebahn.com

Johannes Fielitz

Principles and Strategy for Qualification of Operations and Department
DB InfraGO AG
Anschrift / Address: Adam-Riese-Straße 11-13, D-60327 Frankfurt am Main
E-Mail: johannes.fielitz@deutschebahn.com

Jörg Jacob

Manager of Digital Rail Testbed
DB InfraGO AG
Anschrift / Address: Dohnanyistraße 11, D-04103 Leipzig
E-Mail: joerg.jacob@deutschebahn.com

Peter Reinhart

Overall program management Stuttgart Node
DB InfraGO AG
Anschrift / Address: Stockholmer Platz 1, D-70173 Stuttgart
E-Mail: peter.reinhart@deutschebahn.com

Florian Schön

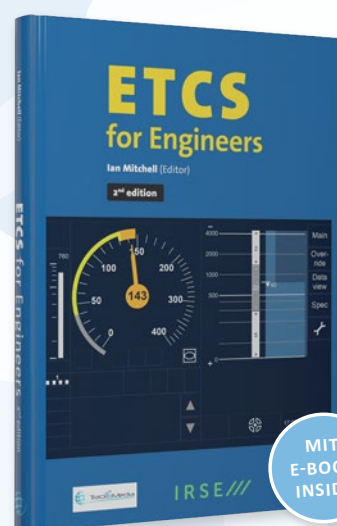
Technical Project Manager „Digital Rail Test Field“ and Head of Branch Line
DB InfraGO AG
Anschrift / Address: Adam-Riese-Straße 11-13, D-60327 Frankfurt am Main
E-Mail: florian.schoen@deutschebahn.com

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

ETCS for Engineers

Die 2. Auflage erklärt die **Hintergründe und technischen Details von ETCS** verständlich und über leicht zugängliche Informationen hinaus.



NEUAUFLAGE
Mai 2026

2. Auflage Mai 2026,
Hrsg. Ian Mitchell,
232 Seiten, Hardcover,
Sprache: Englisch,
ISBN: 978-3-96245-271-1,
Print mit E-Book Inside € 89,-*
www.trackomedia.com/etcs-engineers

MIT
E-BOOK
INSIDE

Mehr Infos und Bestellung:
www.trackomedia.com



MIT
E-BOOK
INSIDE

Handbuch Das System Bahn
3. Auflage 2021,
Print mit E-Book Inside € 99,-*
www.trackomedia.com/systembahn



MIT
E-BOOK
INSIDE

ETCS in Deutschland
2. Auflage 2024,
Print mit E-Book Inside € 89,-*
www.trackomedia.com/etcsdeutschland

* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand



BESTELLUNGEN:
+49 7953 718-9092
office@trackomedia.com
www.trackomedia.com

PER POST:
GRT Global Rail Academy and
Media GmbH / TrackoMedia
Kundenservice
D-74590 Blafelden

Unsere Bücher erhalten Sie auch im gut sortierten Buchhandel.

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Überwachung für 260 m ab vorausliegendem Hauptsignal (Ril 819.1310, Abschnitt 5 (4)) oder 150 m vor alleinstehendem Geschwindigkeitsanzeiger gemäß Ril 819.1310, Abschnitt 11 (11)
- [2] Bojic, M.; El-Hajj-Sleiman, H.; Flieger, M.; Lies, R.; Osburg, J.; Retzmann, M.; Vogel, T.: ETCS in großen Bahnhöfen am Beispiel des Stuttgarter Hauptbahnhofs, SIGNAL+DRAHT 4/2021 (<https://bit.ly/47WZLiO>)
- [3] Barth, P.; Behrens, M.; Kümmling, M.; Mehnert, S.; Nenke, T.; Pieper, W.; Retzmann, M.; Trinckauf, J.: Innovationskooperation zur LST-Infrastruktur im Digitalen Knoten Stuttgart, SIGNAL+DRAHT 7+8/2022 (<https://bit.ly/4nec1Qz>)
- [4] Benischke, F.; Brückner, D.; Möller, P.; Kümmling, M.; Pflug, A.: Rangieren im Digitalen Knoten Stuttgart, DER EISENBAHNINGENIEUR 1/2026 (<https://bit.ly/4rxFHd0>)
- [5] Banedanmark: Operational rules for fjernbane, Version ORF-26-1, gültig ab 2. Februar 2026 (OR.DEF.311 f.) (<https://bit.ly/3Ob0Wn9>)
- [6] Kümmling, M.; Wanstrath, S.: „Digitale“ Kapazitätssteigerungen: ein Sachstand, Eisenbahn Ingenieur Kompendium 2024 (<https://bit.ly/4cHBOfi>), Abschnitt 3.2
- [7] DB InfraGO: Richtlinie 483.0701 „ETCS-Fahrzeugeinrichtungen bedienen“. Gültig ab 12.12.2021. Abschnitt 13 Absatz 8 (<https://bit.ly/4ajryuJ>)
- [8] Wink, C.; Große, A.; Dewald, I.; Litterscheid, D.; Nießen, N.: Nationale Planungsregeln ETCS Level 1 Full Supervision für Deutschland, SIGNAL+DRAHT 4/2025 (<https://bit.ly/4qDrVvW>)
- [9] Webersinn, M.; Klein, J.; Schön, S.; Brückner, D.; Chihos, M.; Helbig, S.; Wagner, C.; Fries, N.: Vorgehensmodell für die Technikentwicklung zur Einführung der neuen Fahrdienstvorschrift Ril 400, SIGNAL+DRAHT 6/2025
- [10] Vor allem 408.2451 Abschnitt 1 in Verbindung mit 408.0451
- [11] <https://digitale-schiene-deutschland.de/de/projekte/digitales-testfeld-bahn> (abgerufen am 12.2.2026)
- [12] Koernicke, J.; Tyrskyy, M.; Schwass, C.; Taferner, M.: Erste FRMCS/5G-Testumgebung in Deutschland für das Bahnsystem aufgebaut, SIGNAL+DRAHT 6/2023 (<https://bit.ly/3NDFMO5>)
- [13] Holfeld, B.; Ruhrig, P.: MORANE-2: Der finale Validierungsschritt für FRMCS Edition 1, SIGNAL+DRAHT 5/2025 (<https://bit.ly/4r6uxfA>)
- [14] Karabinos, T.; Holfeld, B.; Fritzsche, R.; Alte, N.; Taferner, M.; Basha, S. M. Z.; Moessner, K.; Chkeri, N.: 5G-RACOM – Feldstudie zu hybriden FRMCS-Netzen für ein resilientes Bahnfunksystem, SIGNAL+DRAHT 9/2024 (<https://bit.ly/4qGnhHk>)
- [15] Kreyenberg, D.; Narayanan, H.; Renner, T.; Nitzschke, H.; Wenzel, B.: Digitales Register – die „Single Source of Truth“ für Infrastrukturdaten für das vollautomatisierte Fahren, SIGNAL+DRAHT 6/2024 (<https://bit.ly/3ZxJ201>)
- [16] Referenzsystem nach Abschnitt 3.1 der CSM-RA: Kuppeln mit Zugdeckungssignal sowie Regelungen nach 408.2451 Abschnitt 2 in Verbindung mit Richtlinie 301.0301 Abschnitt 5, Absatz 5 sowie Regeln der 408.2451 zur Einfahrt in teilweise besetzte Gleise mit OS
- [17] Haas, J.; Kahnert, P.; Staffel, A.: ETCS-Lastenheftentwicklung bei der DB InfraGO AG, SIGNAL+DRAHT 1+2/2025
- [18] Stärken Variante C, CR1076 zu BTSF3 (in BTSF3 v3.2 eingearbeitet – dort aber auf mehrere Anforderungen / Abschnitte verteilt)
- [19] CR 005 zum Lastenheftzusatz F8Z01
- [20] Wiedenroth, A.: Integriertes Leit- und Bediensystem der DB InfraGO – Bediensystem mit Zukunft, SIGNAL+DRAHT 9/2024 (<https://bit.ly/4fSNvkf>)
- [21] Lastenheft 415.9212A1 Bildobjekte für Stw-Bedienungen, Anhang 1: Anzeigekatalog Lupe, Abschnitt 2.19.5; Lastenheft 415.9212A2 Bildobjekte für Stw-Bedienungen, Anhang 2: Anzeigekatalog Berü, Abschnitt 2.2.9.4; Lastenheft 415.9225Z01 Bedienkatalog iLBS, Zusatz 01: ESTW-, iBP-, ZL-, ZMA-Bedienungen, Anhang 01
- [22] Lastenheft 415.9062 SCI-CC_LST Teilheft ESTW Telegramme (Ergänzung um den Kuppelmelder)
- [23] Lastenheft SCI-RBC, Abschnitte 2.2.2.14, 2.3.1.3, 3.4.2.6 und 4.1.4.3
- [24] Bitzer, F.; Dietrich, F.; Grell, A.; Lammerskitten, C.; Lück, B.; Schunke-Mau, C.; von Schaper, M.-L.; Vogel, T.; Wanstrath, S.: Sachstandsbericht Digitaler Knoten Stuttgart, DER EISENBAHNINGENIEUR 1/2025 (<https://bit.ly/40EhUg3>)
- [25] Stuttgart 21: Eröffnung auf unbestimmte Zeit verschoben, SIGNAL+DRAHT 12/2025
- [26] Bitzer, F.; Kümmling, M.: Der betrieblich-verkehrliche Nutzen des Projekts Stuttgart 21, DER EISENBAHNINGENIEUR 6/2024 (<https://bit.ly/3xHzHbU>)

The field tests at the DTB successfully addressed the remaining concerns. In particular, it proved possible to demonstrate the behaviour under unclear or even zero visibility conditions. In such cases, the driver can stop at the stop marker as before. The driver can then acknowledge the OS mode instruction from a standstill and couple to the first train. The stop at the stop marker is cab-signalled and supervised by ETCS, ensuring it occurs even if the Tf brakes late. In the test, the train stopped precisely at the stop marker, thereby providing an additional safety margin relative to the reference system. [16]

6 Outlook

The function has now been incorporated into DB's ETCS Level 2 requirement specification (BTSF3 3.2 [17, 18]) and a specification addendum for the interlocking system in parallel with the operational validation. The integrated control [19] and indication system's operating catalogue (iLBS [20]) has been expanded to include the additional operating command and indicator [21]. The SCI-CC_LST [22] (for iLBS) and SCI-RBC [23] interfaces have also been extended.

The primary goal of eliminating lineside light signals for coupling at the new Stuttgart Central Station has been achieved. The coupling route function was initially scheduled to be available for trial operations at the DKS from 2027 [24] onwards. Due to the indefinite postponement of the station's commissioning, the coupling route function will also be introduced later [25]. Given the station's slope, coupling can only be performed irregularly [26], so trial operations are unlikely to be completed there due to infrequent use. The coupling route is therefore expected to find its first regular use at the beginning of the 2030s on the Digital S-Bahn Hamburg and in the greater Stuttgart area (DKS module 3), unless numerous blocking signals (Ls) are to be built there anyway [4]. Further applications may follow at future ETCS-only stations.

Future enhancements offer further potential: for example, entry speeds exceeding 40 km/h onto partially occupied tracks or precise approaches to the actual train end using positional and train integrity information. ■