

Realisierung und Inbetriebnahme ETCS Level 2 Freiburg – Basel

Einblicke und Highlights aus der Erstanwendung des Hitachi-RBC auf einem der am stärksten befahrenen Abschnitte im Netz der DB InfraGO AG

WILKO EISELE | ALEXANDER SCHULER |
MARYAM EFTEKHARI | MARCO FRANKE |
MARCEL HELWIG | FRANZISKA PICH |
MICHAEL ZILLS

Die ETCS-Ausrüstung (ETCS, European Train Control System) der Rheintalbahn, als Teil des europäischen Rhein-Alpen-Korridors, ist in vollem Gang. Zwischen Gundelfingen (bei Freiburg) und Haltingen (bei Basel) wurden insgesamt rund 80 Streckenkilometer der alten Rheintalbahn, der Neubaustrecke sowie angrenzender Streckenäste mit ETCS Level 2 (L2) ausgerüstet, abgenommen und im August 2025 in Betrieb gesetzt. Mit der erstmaligen ETCS-Nachrüstung „unter rollendem Rad“ auf einer sehr hochbelasteten Strecke, der erstmaligen Inbetriebnahme (IBN) von ETCS-Zentralen (RBC) von Hitachi in Deutschland sowie der erstmaligen Umsetzung einer Dreifachausrüstung (mit Linienförmiger (LZB) und Punkt-förmiger Zugbeeinflussung (PZB)) wurde in dreifacher Hinsicht Neuland betreten und wurden vielfältige Erfahrungen gewonnen.

Ausrüstungsbereich

Der Ausrüstungsbereich der drei RBC Freiburg, Buggingen und Basel erstreckt sich vom Abzweig (Abzw.) Gundelfingen bis Haltingen (Abb. 1). Die RBC sind an Stellwerke angebunden, deren Soft- bzw. Hardware hochgerüstet wurde. Die vorhandenen Lichtsignale (KS, H/V), die LZB mit Hochleistungsblock sowie die PZB bleiben bestehen, um einen Mischbetrieb von signal-, LZB- und ETCS-geführten Zügen zu ermöglichen. Im Norden wird ein kapazitätserhaltender Levelwechsel von ETCS nach LZB ermöglicht. Im Süden wird der L2-Bereich durch den L1-Bereich begrenzt. Für den direkten Übergang von L2 nach L1 fehlen derzeit noch legitimierte generische Grundlagen. Aus Richtung Süden können jedoch Fahrzeuge bereits ab Weil am Rhein die LZB nutzen und werden dann nach L2 aufgenommen.

Planung

In diesem Projekt wurde zum ersten Mal das neue ETCS-Lastenheft (LH) BTSF3 Version 3.0 mit dazugehörigem Regelwerk in der Praxis umgesetzt. Zum Zeitpunkt der ersten PT 1-Planungen Ende 2018/Anfang 2019 befand sich das Las-

tenheft und somit auch das Regelwerk in einem nicht zu Ende entwickelten Stand. Somit führte das sich bis Juli 2023 [1] weiterentwickelnde Regelwerk zu wiederholten Überarbeitungen der Planung – mit teils umfangreichen Änderungen. Aufgrund der im Bestandsnetz oft beengten Verhältnisse und den dadurch bedingten kurzen ETCS-Gefahrpunktabständen hinter den Signalen wurde eine Vielzahl an Startlaufbalisen (Typ 28) [2] notwendig. Die Balisendichte wurde durch die gewünschte Umsetzung des „schnellen Trips“ [3] weiter erhöht. Dieser ermöglicht eine höhere Entlassungsgeschwindigkeit (Release Speed, RS) und dient der Betriebsoptimierung. Durch weitere Balisen, die z. B. für gestörte Weichen (Typ 25) sowie Trusted Areas (Typ 27) vorzusehen waren, kam es zu Verlegekonflikten, die gelöst wurden (Abb. 2). Für den Erhalt von vier Blockkennzeichen (BKZ) am Standort von hochstehenden Lichtsperrsignalen am Bahnsteig wurde eine unternehmensinterne Genehmigung [4] erwirkt. Eine weitere Herausforderung war die Planung des Übergangs von L2 über PZB in die LZB mit Hochleistungsblock an einem Bereichskennungswechsel (BKW). Für diesen Übergang gab es keine Planungsvorgaben und Erfahrungswerte

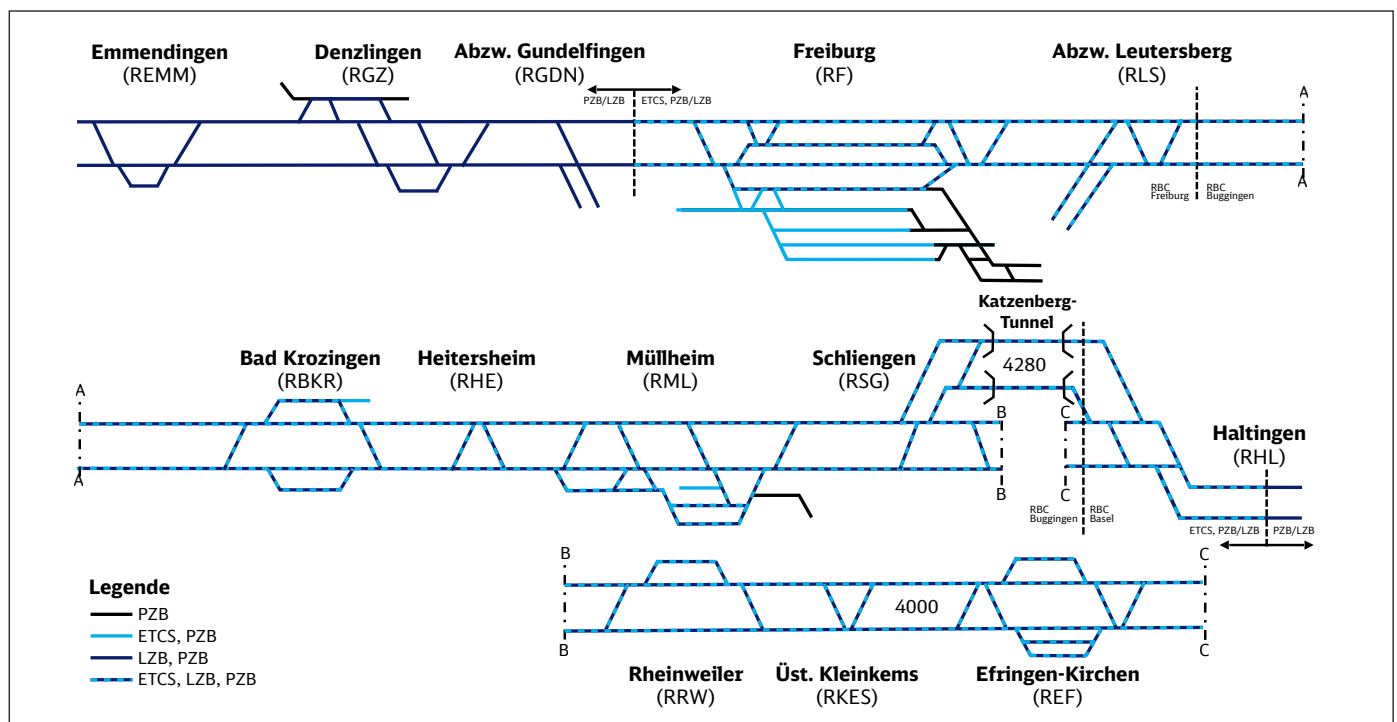


Abb. 1: Schema des Ausrüstungsbereichs mit Zugbeeinflussungssystemen

Quelle: DB

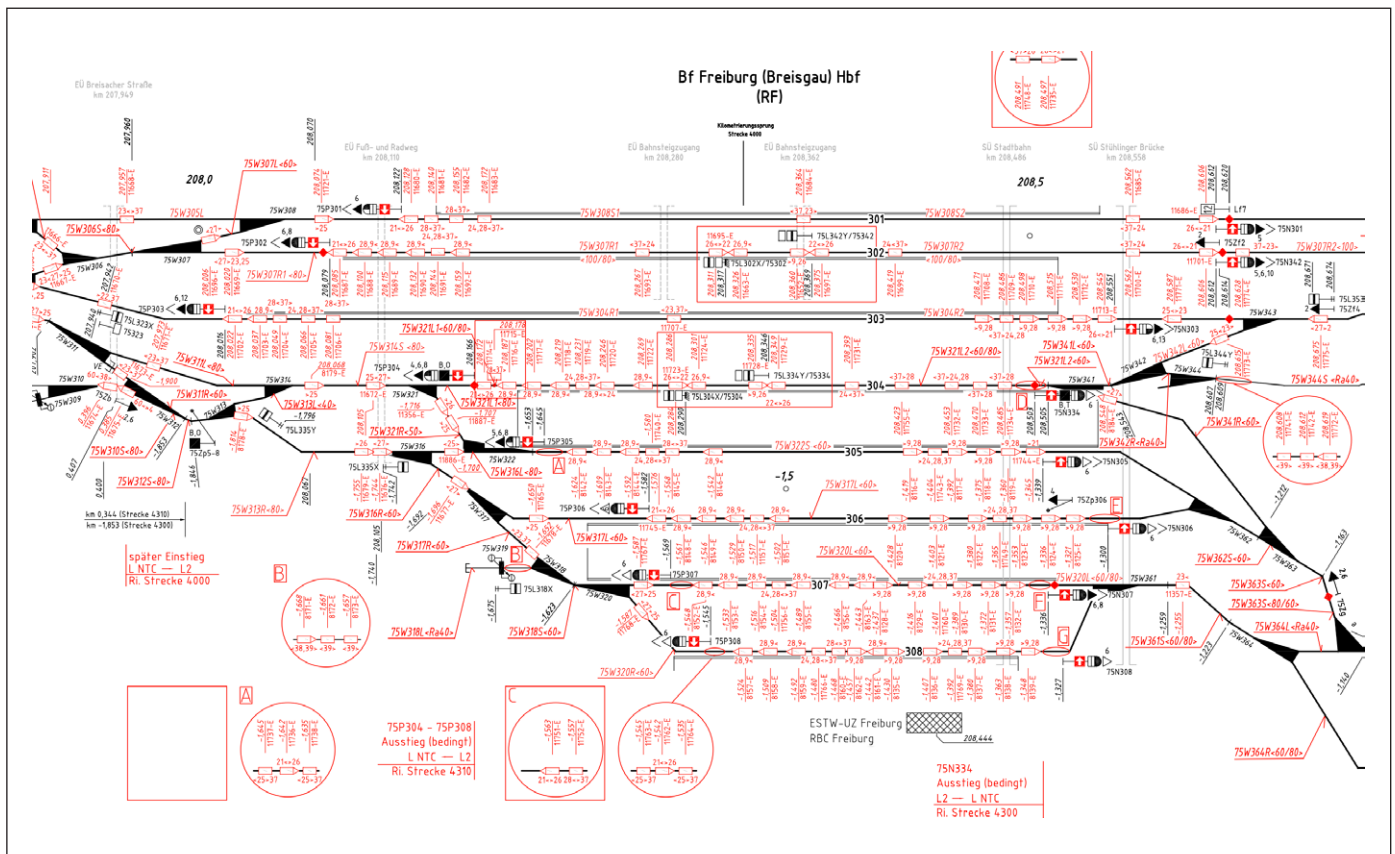


Abb. 2: Auszug aus ETCS-Übersichtsplan Freiburg Hbf mit zahlreichen Balisen

Quelle: DB

te, um restriktionsfrei (ohne Geschwindigkeitsreduzierung) zu wechseln. Hierbei muss bei einer Geschwindigkeit von 160 km/h ein Abstand von 2,8 km vom Ort der Hellschaltung der LZB im Führerraum zum Teilblock deckenden Hauptsignal eingehalten werden. Innerhalb dieses Bereichs kann der Zug nur im Ganzblock fahren. Ohne den Bau eines zusätzlichen Hauptsignals konnte der Übergang nach LZB im RBC Freiburg deswegen nur am Abzweig Gundelfingen realisiert werden. Zur beschleunigten Aufnahme in die LZB wurde ein neuer BKW in die LZB projiziert. Betrieblich erfolgt der Wechsel von L2 nach PZB am Grenzsinal, kurz danach wird der BKW durch den Zug passiert, die LZB anschließend hell geschaltet und dann das Teilblock deckende Hauptsignal dunkelgeschaltet sowie restriktionsfrei passiert. Der Übergang in umgekehrter Richtung von LZB nach L2 kann hingegen nahtlos und ohne besondere Planungsanforderungen an Hauptsignalen und BKZ erfolgen (Abb. 4).

Projektiertung

Bei der Projektierung des ETCS-Streckenatlas hat sich gezeigt, dass zusätzlich zu den regelwerkskonformen ETCS-PT 1-Unterlagen weitere PT 1-Pläne verwendet werden müssen, um alle erforderlichen LH-Anforderungen umzusetzen. Es werden z.B. Angaben zur Position der Gleisfreimeldung (GFM) oder eine Tabelle mit den Balisen des Nachbar-RBC, die ebenfalls dem RBC bekannt gemacht werden müssen, benötigt.

Die Position der GFM wird für die Haltfallbewertung [5] durch das RBC und bei der erstmaligen Umsetzung der Durchrutschweg- (D-Weg) Auflösevariante B (gemäß Tab. 1) für ETCS-Gefahrpunktabstände < 30 m verwendet.

Die Variante A der D-Wegauflösung steht im Hitachi-RBC noch nicht zu Verfügung. Bei Va-

riante B kann der zeitgesteuerte ETCS-D-Weg (besteht 20 Sekunden kürzer als der Stellwerks-D-Weg) u.U. bereits vor dem Halt des Zuges auflösen. Dadurch kommt es zu einem unerwünschten Bremskurvensprung, der dadurch verursacht wird, dass der Fußpunkt der ETCS-Bremskurven in Richtung des Zuges vom Ende



Abb. 3: ETCS-Ausrüstung im Bahnhof Freiburg im Jahr 2023

Quelle: F. Galarza-Leusch

Varianten	A	B	F + Einzelfallentscheidung
Rahmenbedingungen			
ETCS-GP-Abstand	< 30 m		
D-Weg	>= 70 m		
Eigenschaften der Varianten			
D-Weg-Timer Stellwerk kann erhöht werden	-	Ja	Nein
Start Timer (Stellwerk und ETCS)	-	Belegung Zielgleisabschnitt	-
Umschalten von Overlap Release Speed (OL-RS) [16] auf Dangerpoint Release Speed (DP-RS) [17]	nach Stillstand	nach Ablauf Stellwerkstimer abzüglich 20 s oder nach Stillstand	nach Stillstand
Auflösung D-Weg Stellwerk	nach Stillstand	Ablauf Stellwerkstimer	Ablauf Stellwerkstimer
OL-RS	15 km/h	15 km/h (Fußpunkt Bremskurve D-Weg-Ende)	10 km/h (Fußpunkt Bremskurve Signal)
DP-RS	0 km/h	0 km/h (Fußpunkt Bremskurve Signal)	5 km/h (Fußpunkt Bremskurve Signal)

Tab. 1: Ausgewählte Varianten zur D-Weg-Auflösung gemäß LH

des ETCS-D-Weg auf den ETCS-Gefahrpunkt springt. Zusätzlich reduziert sich die Entlassungsgeschwindigkeit (RS). Um das zu vermeiden, wurde bei vielen Signalen der Stellwerkstimer erhöht. In Einzelfällen war dies mit Blick auf die notwendige Leistungsfähigkeit nicht möglich.

Zur Lösung dieser Fälle bietet das LH die Möglichkeit, die RS im Rahmen einer Kombination aus Variante F und Einzelfallentscheidung zu erhöhen. Diese Möglichkeit wurde genutzt und per Sicherheitsnachweis erlaubt. Somit kann an den betroffenen Signalen eine ETCS-D-Weg-Entlassungsgeschwindigkeit (OL-RS) von 10 km/h und ETCS-Gefahrpunkt-Entlassungsgeschwindigkeit (DP-RS) von 5 km/h gewährt werden (Tab. 1).

Unter den im LH möglichen Varianten der D-Wegauflösung erweist sich die Kombination aus B und F mit Einzelfallentscheidung als betrieblich günstigste und wird daher angewendet. Die Anwendung der Variante A, die Vorzugslösung gemäß LH, führte im Fall Freiburg Hbf zu einer Reduktion der Leistungsfähigkeit, weil dadurch die Stellwerks-D-Wege später, erst mit Zugstillstand, auflösten.

Die Projektierung der Gleisfreimeldeinformationen im RBC wurde begonnen, aber u.a. aufgrund des damit verbundenen Aufwands nicht abgeschlossen. Allein im RBC Buggingen entfallen rund 30 % der Projektierungszeilen auf diese Funktion. Die Einbindung der Zugnummernmeldeanlage wurde nicht umgesetzt, da sie hier betrieblich nicht erforderlich ist. Diese Zusatzfunktionen verdoppeln die Zahl der zu planenden Objekte und Projektierungszeilen und führen damit zu deutlich höherem Aufwand. Sie sollten daher nur vorgesehen werden, wenn sie betrieblich unverzichtbar sind und nicht durch organisatorische Maßnahmen geregelt werden können. Aufgrund der hohen Balisenanzahl war es schwierig, die LH-Vorgaben hinsichtlich des Linkings [6] unter Berücksichtigung der zeitlichen Abstände zwischen zwei Position Reports [7] umzusetzen. Dies führte dazu, dass einige Balisen in beide Richtungen maskiert [8] wurden, wobei die systemseitige Ausfalloffenbarung verloren geht und dies zu einem erhöhten manuellen Prüfaufwand bei den Balisen führt. Unabhängig davon wurde erkannt, dass künftig eine Auswertung durch das RBC für die Instandhaltung (IH) benötigt wird, welche Balisen innerhalb

eines Jahres mit einem Position Report gemeldet wurden. Für die Zwischenzeit stellt das Projekt der IH eine Balisenliste, die mithilfe des Fahrten-schreiber (Juridical Recording Unit, JRU)-Readers (Abb. 5) erstellt wird, jährlich zur Verfügung. Weiteres Optimierungspotenzial wurde bei der Projektierung der RS bei Einfahr- und Blocksignalen sowie BKZ ohne stellwerksseitigen D-Weg erkannt, sodass künftig diese Signale auch eine hohe OL-RS erhalten sollen. Die LH-Anforderung „Abbrechen der Funkverbindung bei unbekannten Balisen“ musste wegen der Balisen des angrenzenden L1-Bereichs beachtet werden, die dem RBC bekannt sein müssen.

Bau

Für den im Februar 2022 begonnenen Baliseneinbau wurden verschiedene Maßnahmen entwickelt, damit der Betrieb rückwirkungsfrei weiterlaufen konnte: Mit einem weiterentwickelten Konzept gelang es, im Werk vorgeprüfte Balisen direkt aufgedeckt (ohne den bislang üblichen Deckel) im Gleis zu montieren. Dazu erhielten die Fahrdienstleiter eine Handlungsanweisung mit Störfallerfassungsvordruck. Die Triebfahrzeugführer wurden per Eintrag in die



Abb. 4: Nahtloser Wechsel von LZB nach ETCS in der Führerraumanzeige

Quelle: DB

La [9] aufgefordert, ETCS-Zwangsbremungen an den Fahrdienst zu melden. Auf diese Weise wurden Frühausfälle von Balisen erfasst und behoben.

Die aufgedeckten Balisen initiieren einen Funkaufbau zu den noch nicht in Betrieb befindlichen RBC. Mittels zusätzlicher Funkabbau-Balisen wurde zunächst sichergestellt, dass Züge spätestens an den Ausrüstungsgrenzen aufhören, alle 15 Sekunden Anrufversuche zu den noch nicht in Betrieb genommenen RBC vorzunehmen. Im Februar 2024 wurde zusätzlich eine Rufumleitung zum VuA-RBC (Verhinderung unerwünschter Anrufversuche) eingerichtet, das den Anruf korrekt annimmt und dem Zug unmittelbar einen Funkabbau kommandiert. Mit IBN der RBC wurde die Rufumleitung deaktiviert.

Aufgrund der langen Projektlaufzeit waren die rund 3380 Balisen mehrere Jahre vor IBN eingebaut. Parallele Baumaßnahmen führten teilweise zu deren Ausbau, wodurch ein hoher Steuerungsaufwand entstand. Zusätzlich erschwerten zahlreiche Planungsänderungen und Änderungsmitteilungen, zum Teil bedingt durch Regelwerksänderungen, die Nachverfolgung der tatsächlichen Umsetzung im Feld.

Abnahmefahrten

Im Juli 2024 begannen die Abnahmefahrten (AF) im Feld. Damit wurden erstmals Fahrten auf einer nach LH errichteten Anlage mit dem Hitachi RBC-Produkt DB 3.3.1 durchgeführt. Schnell hat sich gezeigt, dass die Anlage gut und zuverlässig funktioniert. Auch wurden sehr kurze Systemlaufzeiten beobachtet: Nach Fahrtstellung bzw. Dunkelschaltung eines Hauptsignals erscheint fast zeitgleich die Fahrerlaubnis im Display (DMI). Die vorher als mögliche Risiken identifizierten Anteile, wie etwa der NRBC-Übergang, funktionierten problemlos. Neu ist auch, dass der Zug nach dem Aufstarten vor einem Halt zeigenden Signal mit einer Festhalte-Fahrerlaubnis von 0 km/h gesichert wird. Auch fahrende Wechsel von LZB nach ETCS L2 (Abb. 4) verliefen ohne Auffälligkeiten.

ETCS-AF werden als Versuchsfahrten gemäß Ril 408 durchgeführt und erfordern eine interdisziplinäre Planung und Abstimmung. Zur Minimierung der Auswirkungen auf den Regelbetrieb fanden die Versuchsfahrten in der Nacht statt. Eine Übersicht über durchzuführende Maßnahmen ist im Infokasten „Checkliste Abnahmefahrten“ aufgeführt.

Im Rahmen der AF war jeder ETCS-Zielpunkt (EoA, jedes Signal oder Blockkennzeichen) in

Halt anzufahren, um die korrekte Projektierung des EoA zu überprüfen. Dabei gab es eine Auffälligkeit, bei der ein Blockkennzeichen an einem anderen Ort stand. Dies wäre auch bei einer Überfahrt ohne Halt durch einen Linkingfehler erkannt worden. Weiterhin war bei den projektierten Geschwindigkeitswechseln (auch Weichen) mit einem Fahrzeug zu überprüfen, ob diese in der realen Anlage an der korrekten Position sind.

Bei der hauptsächlich für die AF verwendeten Vectron wurde beobachtet, dass die Zielgeschwindigkeit ca. 100 bis 300 m vor dem eigentlichen Geschwindigkeitswechsel am Tacho überwacht wurde, während dies beim ICE 4 nur einige Meter vorher geschah. Dies wurde zunächst als Mangel der Infrastruktur eingestuft, konnte jedoch mit ETCS-Bremskurven-Effekten [10] erklärt werden. Für die Abnahme muss daher anstatt des Tachos auf dem DMI die Planning Area (Abb. 4 rechts außen) verwendet werden, da diese die projektierte Position eines Geschwindigkeitswechsels korrekt darstellt. Hierzu erstellte das Projekt eine Handlungshilfe mit diesem Sachverhalt sowie der Vorgabe von legitimierten Abstandswerte für EoA-Messung [11]. Diese ist zwischenzeitlich in die Abnehmerrichtlinie eingeflossen.



PINTSCH
Safety for Rail

Systemlösungen für die Bahninfrastruktur

PINPROTEGIO. Bahnübergangstechnik.

PINCLIRIO. Achszähltechnik.

PINMOVIO. Stellwerks- und Rangiertechnik.

PINMOVIO. Weichenantrieb.

PINLUXON. Signale.

PINPOSITON. Fördertechnik.

PINCALIO. Weichenheizungen.

PINDIAGON. Diagnose.

JRU-Reader - ETCS_Abnahmefahrt_22.wjru

New / Decode Open Export Excel

Search Builder (4) Hide/Show columns Go to Selected Search Balise < >

JRU Message										PARAM	VALUE
ID	NID_MESSAGE	DateTime	V_TRAIN	M_LEVEL	M_MODE	NID_C_LRBG	NID_BG_LRBG	P_LRBG	L		
56418	TELEGRAM FROM BALISE (6)	2024-09-07 02:39:41.15	128 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10052 km	215.357			JRU-Message
56419	GENERAL MESSAGE (1)	2024-09-07 02:39:41.25	128 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10052 km	215.357			Complementary variables
56420	MESSAGE TO RBC (10)	2024-09-07 02:39:41.25	128 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			BaliseTelegram
56421	MESSAGE TO RBC (10)	2024-09-07 02:39:41.25	128 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			Q_UPDOWN Up link telegram (1)
56423	MESSAGE FROM RBC (9)	2024-09-07 02:39:42.40	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			M_VERSION Version 2.0, introduced in SRS 3.3.0 (32)
56424	MESSAGE FROM RBC (9)	2024-09-07 02:39:42.50	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			Q_MEDIA Balise (0)
56425	MESSAGE TO RBC (10)	2024-09-07 02:39:42.65	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			N_PIG I am the 2nd (1)
56427	MESSAGE FROM RBC (9)	2024-09-07 02:39:43.10	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			N_TOTAL 2 balises in the group (1)
56428	MESSAGE TO RBC (10)	2024-09-07 02:39:43.25	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			M_DUP This balise is a duplicate of the previous balise (seen in the nor
56429	MESSAGE FROM RBC (9)	2024-09-07 02:39:43.30	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			M_MCOUNT The telegram fits with all telegrams of the same balise group
56430	MESSAGE FROM RBC (9)	2024-09-07 02:39:43.40	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			NID_C 99 (Germany, RB Südwest, Netz Freiburg)
56431	MESSAGE TO RBC (10)	2024-09-07 02:39:43.45	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			NID_BG 11373
56432	MESSAGE FROM RBC (9)	2024-09-07 02:39:43.60	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			Q_LINK Linked (1)
56435	DMI SOUND STATUS (22)	2024-09-07 02:39:43.60	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			Packet 65: Temporary Speed Restriction
56433	MESSAGE TO RBC (10)	2024-09-07 02:39:43.65	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			NID_PACKET Packet 65: Temporary Speed Restriction
56434	MESSAGE TO RBC (10)	2024-09-07 02:39:43.65	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			Q_DIR Nominal (1)
56437	TELEGRAM FROM BALISE (6)	2024-09-07 02:39:44.20	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			L_PACKET 71
56438	TELEGRAM FROM BALISE (6)	2024-09-07 02:39:44.30	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10054 km	215.540			Q_SCALE 1 m
56439	MESSAGE TO RBC (10)	2024-09-07 02:39:44.45	127 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	11373 km	215.654			NID_TSR 126: Reserved for non RBC transmission (balise, loop or radio i
56441	MESSAGE FROM RBC (9)	2024-09-07 02:39:45.90	126 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	11373 km	215.654			D_TSR 381.00 m
56443	GENERAL MESSAGE (1)	2024-09-07 02:39:46.40	126 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	11373 km	215.654			L_TSR 100.00 m
56444	TELEGRAM FROM BALISE (6)	2024-09-07 02:39:46.40	126 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	11373 km	215.654			Q_FRONT No train length delay on validity end point of profile element (1)
56445	MESSAGE TO RBC (10)	2024-09-07 02:39:46.65	125 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10058 km	215.730			V_TSR 20 km/h
56447	TELEGRAM FROM BALISE (6)	2024-09-07 02:39:47.70	123 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10058 km	215.730			Packet 141: Default Gradient for Temporary Speed Restriction
56448	MESSAGE TO RBC (10)	2024-09-07 02:39:48.05	122 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10060 km	215.780			NID_PACKET Packet 141: Default Gradient for Temporary Speed Restriction
56449	MESSAGE FROM RBC (9)	2024-09-07 02:39:48.20	122 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10060 km	215.780			Q_DIR Nominal (1)
56451	MESSAGE FROM RBC (9)	2024-09-07 02:39:49.50	119 km/h	Level 2 (3)	Full Supervision	99	10060 km	215.780			L_PACKET 32
											Q_GDIR uphill (1)

Showing 373 to 399 of 1,844 entries (filtered from 67,940 total entries)

Abb. 5: JRU-Reader mit Darstellung der Daten zur Auswertung von ETCS-Fahrten

Quelle: W. Eisele

Zur Auswertung von Feststellungen bei AF oder bei Fahrten zur Sicherheitserprobung wurde ein Werkzeug entwickelt. Es ermöglicht die Darstellung der JRU-Datenformate von Alstom und Siemens und verknüpft diese mit der PT 2-Projektierung, sodass unter anderem zu jeder Balise der Bahnkilometer angezeigt wird (Abb. 5). Dadurch konnten Ursachen für Auffälligkeiten oder vereinzelt auftretende Linkingfehler effizient identifiziert werden. Weiterhin bietet das Werkzeug die Möglichkeit, einen Abgleich zwischen gelesenen Balisendaten und projektierten Daten durchzuführen, um schnell zu prüfen, ob alle Balisen vorhanden und korrekt bespielt sind.

Eine weitere Beobachtung war, dass beim Ausstieg aus L2 mit dem durch das LH vorgege-

bene Verfahren [12] ein Geschwindigkeitseinbruch von 160 km/h auf unter 140 km/h auftritt. An einer Lösung des Problems wird gearbeitet. Ferner wurde im Rahmen einer mit einem ICE 4 durchgeführten AF festgestellt, dass die Balisanordnung mit vier Balisen innerhalb von 10 m (für die Funktion „schneller Trip“) zu Problemen mit einigen Fahrzeuggeräten führte, da die vorgegebenen Verarbeitungszeiten von eingehenden Balisentelegrammen und einer gleichzeitig eingehenden Funknachricht nicht eingehalten werden können [13]. Aus Sicht des Fahrzeuglieferanten ist die Anordnung nicht konform zur technischen Spezifikation der Interoperabilität für ETCS (TSI ZZS), ebenso raten die Guidelines der ERTMS-Users-Group zu grö-

ßeren Abständen. Gemäß TSI ZZS-konformer Installationsrichtlinie der Balise werden jedoch die nötigen Mindestabstände eingehalten. Als vorübergehende Lösung wurden die Balisen ausgebaut bzw. zugedeckt.

Im Zusammenhang mit der erstmaligen Doppelausrüstung mit der LZB ist bei den AF aufgefallen, dass Signale dann nicht in ETCS L2 dunkelschaltbar sind, wenn der LZB-Bereich verlassen wird. Dies führt besonders zu Herausforderungen, wenn die aus den Gleiskanten ermittelten ETCS-Geschwindigkeiten nicht gleich der signalisierten Geschwindigkeiten am hell geschalteten Signal sind, und muss durch die ETCS-Projektierung spezifisch gelöst werden.

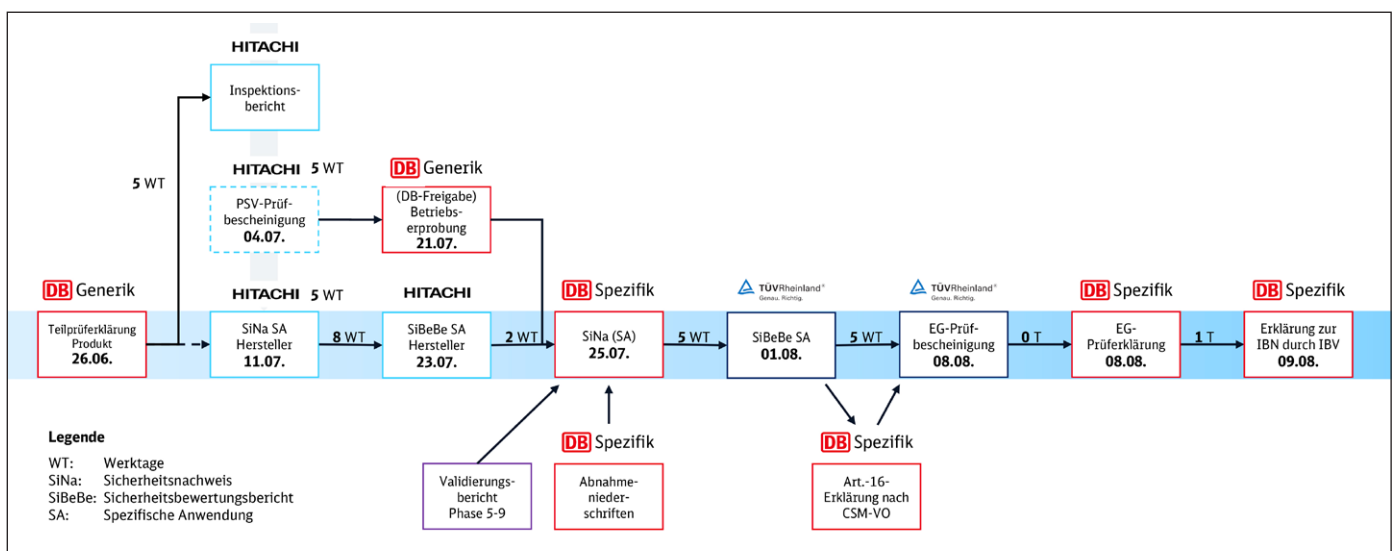


Abb. 6: Flussdiagramm der letzten Schritte zur Inbetriebnahme

Quelle: DB

Die AF haben in den eigentlichen Prüfzielen, also der Überprüfung von EoA, Geschwindigkeitswechseln und Weichengeschwindigkeiten, keine relevanten neuen Erkenntnisse gebracht. Sie haben jedoch mehrere andere Aspekte aufgezeigt, die vor der IBN bearbeitet wurden. So zeigte sich beispielsweise, dass der Zug nach einem Wendevorgang im Stumpfgleis in Bad Krozingen nur in der ETCS-Betriebsart Staff Responsible statt Full Supervision starten konnte. Ursache war eine fehlerhafte Maskierung von Balisen bei der Zufahrt in das Stumpfgleis. Parallel zu den AF wurden Fahrten zur Sicherheitserprobung durchgeführt, bei denen u.a. die korrekte Funktionsweise des NRBC-Übergangs inkl. Fehlerszenarios gezeigt wurde.

Inbetriebnahme

Als Voraussetzung für die Realisierung und IBN lief parallel der Zulassungsbewertungsprozess für das LH, das zugehörige Regelwerk sowie die Erstzulassung des Hitachi-RBC. Die Teilprüferklärung für das LH wurde Anfang 2021 ausgestellt, das für die IBN verwendete Regelwerk Mitte 2023 freigegeben. Ende 2023 folgte die Teilprüferklärung zum Pflichtenheft, und im Juni 2025 wurde die Teilprüferklärung als Zuarbeit für das Produkt

ausgestellt. Anfang Juli wurde der Zulassungsbewertungsprozess des RBC beendet, gefolgt von der DB-Freigabe zur Betriebserprobung am 21. Juli 2025.

Die RBC waren im Sommer 2024 fertiggestellt und für die IBN zum Fahrplanwechsel 2024/2025 vorbereitet. Die IBN musste auf die Zulassung des Hitachi-RBC warten und erfolgte am 9. August 2025, nur 15 Tage nach DB-Freigabe. Vor IBN und nach den AF führten viele Fahrzeuge (u.a. diverse ICE, TGV und S-Bahn-Triebzüge aus dem Digitalen Knoten Stuttgart (DKS)) Fahrten zum Nachweis der ETCS-Systemkompatibilität [14] durch.

Aus der Zulassungsbewertung wurden 162 Auflagen an das Realisierungsprojekt weitergegeben. Die Abarbeitung dieser Auflagen erfordert einen erheblichen Arbeitsaufwand und stellt das Projekt auch formal vor Herausforderungen, da weder der BAU-STE-Prozess noch die InfraGO-Prozesse Auflagen als Regelwerksform vorsehen und diese somit z.B. bei der Planprüfung nicht als Prüfgrundlage gelten. Zudem musste für einige Auflagen der zugrundeliegende Kontext aufwendig recherchiert werden.

Für die IBN wurde der bewährte Prozess zur spezifischen Sicherheitsnachweisführung und

EG-Prüfung angewendet, in welchem auch die Auflagen behandelt werden konnten. Dieser Prozess ist in stark vereinfachter Form und aus Dokumentensicht in Abb. 6 für das Jahr 2025 dargestellt. Als hilfreich hat sich erneut die frühzeitige Einbindung einer benannten Stelle (hier TÜV Rheinland) und die Absicherung durch eine EG-Zwischenprüfbescheinigung nach Fertigstellung des PT 1 herausgestellt. So konnte am Ende Zeit zur Prüfung der aus der Zulassungsbewertung übergebenen Punkte gewonnen und die abschließende Prüfdauer stark reduziert werden.

Nach erfolgter IBN unterstrichen medienwirksame Bestätigungsfahrten [15] im laufenden Betrieb mit einer Vectron und einem ICE 4 die korrekte Funktion der Anlage.

Fazit und Ausblick

Im Jahr 2025 gingen im ETCS-Projekt „Korridor Rhine-Alpine“ rund 150 km ETCS in Betrieb. Neben den hier beschriebenen RBC wurden auch das RBC Oberlahnstein Süd mit L2 und der Knoten Basel mit L1 in Betrieb genommen. Das Projekt zeigt, dass L2 im aktuellen Spezifikations- und Entwicklungsstand schon einen hohen Reifegrad erreicht hat und auch im Bestandsnetz in komplexen Betriebsstel-

Wir sind dort, wo Ihre Kunden sind.

Mit diesen Veranstaltungen starten wir 2026

DER **EI**
EISENBAHN
INGENIEUR

JANUAR
Heft 1

14.01.26 - 15.01.26,
70. VDEI Eisenbahntechnische
Fachtagung, Leipzig

FEBRUAR
Heft 2

11. - 12.02.26
15. Tiefbaufachtagung,
Radebeul

24. - 25.02.26
3. Straßenbahnforum,
München

04.03. - 06.03.26
22. Intern. Schienenfahrzeug-
tagung, Rad/Schiene, Dresden

05.03. - 06.03.26
9. Symposium Eisenbahnbrücken
und Konstruktiver Ingenieurbau,
München

08. - 10.03.26
BIM.INFRA Kongress 2026,
Dresden

10.03. - 12.03.26
Symposium BahnBasic plus 2026,
Nürnberg

17.03. - 18.03.26
28. EBA-Tagung,
Berlin

MÄRZ
Heft 3

17.03.26
VDEI 67. Oberbaufachtagung,
Darmstadt

Weitere Infos: **Silke Härtel** • Telefon: 040/237 14-227 • silke.haertel@dvwmedia.com

Änderungen vorbehalten.



Checkliste Abnahmefahrten

Vorbereitende Maßnahmen durch ETCS-Projekt (langfristig)

- Erstellung des Mengengerüsts und Sperrzeitenbedarfe auf Grundlage des PT 1
- Beantragung von Sperrpausen (verkehrliche Blocker)
- Einplanung von Reservetagen für Wiederholungen
- Abstimmung Mengengerüst mit Abnahmeprüfer
- Durchführung der Quality-of-Service-Fahrten

Abstimmung mit / durch Eisenbahnverkehrsunternehmen

- Bestellung Fahrzeug und Personal inkl. Einsatzplanung
- Antrag auf Genehmigung der Fahrten beim EBA
- Trassenbestellung auf Basis Mengengerüst und Festlegung Abstellort
- Probeeinwahl der Abnahmefahrzeuge
- Auslesen der JRU-Daten nach jeder Fahrt

Abstimmung mit Betrieb / Baubetriebskoordinator

- Bereitstellung betrieblicher Unterlagen durch Planung Betrieb
- Zustimmung zu Probefahrten durch ständigen Stellvertreter des Eisenbahnbetrieblers
- Regelung zum Sperren / Entsperren des RBC bzw. zur Eingabe und Löschen von ETCS-Sperren

- keine planmäßige / unplanmäßige Abstellung von Fahrzeugen im Versuchsabschnitt

- Prüfung paralleler Baumaßnahmen auf Kollisionen im Versuchs- und Nachbargleis

Vorbereitende Maßnahmen durch ETCS-Projekt (kurzfristig vor Beginn der Fahrten)

- Abgleich betrieblicher Unterlagen und Fahrplananordnung mit Mengengerüst
- Erstellung grafischer Fahrtenblätter für jede Fahrt

Abstimmung mit weiteren Beteiligten

- Bereitstellung ETCS-Schlüssel im Fahrzeug und im RBC
- Erstellung Prüffeststellungen nach jeder Fahrt

len wie Freiburg Hbf „unter rollendem Rad“ integriert werden kann.

Gleichzeitig wurden im Projekt auch externe Abhängigkeiten und deren Auswirkungen deutlich. So wurden die drei RBC am 16. August 2025 wieder gesperrt, um einen neuen Bauzustand bei Müllheim zu ermöglichen, der zunächst mit PZB / LZB in Betrieb ging. Damit ist L2 betrieblich bis voraussichtlich zum 2. Quartal 2026 nicht nutzbar. Ein Einzelbetrieb der RBC wäre möglich, würde aber wegen der Wechselwirkungen mit der LZB zu Leistungseinschränkungen führen.

Vereinfachungen sind weiterhin dringend erforderlich, insbesondere durch Reduktion der Balisanzahl, flexiblere Planungsvorgaben und Verzicht auf aufwendige Zusatzfunktionen. Insgesamt ist der Aufwand für Planung, Projektierung, Bau, Abnahme und Instandhaltung hoch und bietet Chancen für künftige Effizienzsteigerungen. ■

QUELLEN

[1] Finale Regelwerksgrundlage war Richtlinie 819.1344-W-101 (Fortschreibung der RIL 819.1344A02), gültig ab 12.07.2023

[2] Achilles A.; Behrooz, A.; Beyer, M.; Lehmann, F.; Lies, R.; Schleede, M.; Trenchel, D.; Wanstrath, S.: Die Digitalisierung der S-Bahn-Stammstrecke Stuttgart (Teil 1), SIGNAL+DRAHT 9/2023 (<https://bit.ly/46AzFOF>)

[3] Heuchert, U.: Notwendigkeit von Signalen und Gleisfreimeldung bei ETCS mit Zugintegrität. Masterarbeit TU Dresden 2024 (<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-2-918300>), S. 39

[4] Richtlinie 819.0519 ETCS L2 Hochleistungsblock, Version 1.1, gültig ab 01.08.2021: Abweichung vom damaligen Verbot für Blockkennzeichen am Bahnsteig (inzwischen aufgehoben) sowie Projektierung eines D-Wegs 50 m

[5] Bolay, R.: Haltfallbewertung unter ETCS. Diplomarbeit TU Dresden 2023 (<https://bit.ly/3NanwsZ>)

[6] Linking: [https://de.wikipedia.org/wiki/Verkettung_\(ETCS\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Verkettung_(ETCS)), 28.10.25 um 21:40

[7] ETCS-Spezifikation, Subset 026, Abschnitt 3.6.5: Meldung ans RBC spätestens alles 6 Sekunden oder nach Ereignis (z. B. Überfahrt verlinkte Balise) mit der aktuellen Zugposition bezogen auf die letzte relevante Balise

[8] Lastenheft ETCS – Betrieblich-technische Systemfunktionen für ETCS SRS Baseline 3 –, Baseline: 6.5 (V 3.0), ID: 2998: Nicht im Linking enthaltene Balisen werden als maskiert bezeichnet.

[9] Zusammenstellung der vorübergehenden Langsamfahrstellen und anderen Besonderheiten (La): https://de.wikipedia.org/wiki/Zusammenstellung_der_vorübergehenden_Langsamfahrstellen_und_anderen_Besonderheiten, 28.10.25 um 21:39

[10] Modellerte Bremsaufbauzeit von wenigstens 6 s im Lambda-Bremsmodell (für Lokomotiven). Siehe: Förster, J.; Kümmeling, M.; Olesch, M.; Reinhart, P.; Vandoorne, K.; Vogel, T.: ETCS-Bremskurven im Spiegel der Praxis, DER EISENBAHNINGENIEUR 6/2023 (<https://bit.ly/3plqlhR>)

[11] Högberg, F.; Eisele, W.; Schuler, A.; Becker, M.: Arbeitshilfe für RIL 892.9248 Version 2.0 – Abnahme EoA V-Wechsel, 04.11.2024: Bei der EoA-Messung wird gemessen, welchen Abstand das Fahrzeug bei angezeigter Zielentfernung 0 m zum Bezugspunkt hat. Hier sind abhängig von der letzten relevanten Balise für die Vectron Werte von bis zu 18 m vor und bis 8 m hinter dem Bezugspunkt valide.

[12] Lastenheft ETCS – Betrieblich-technische Systemfunktionen für ETCS SRS Baseline 3 –, Baseline: 6.5 (V 3.0), ID: 2106 und 2107: Permitted Braking Distance (PBD, Paket 52), um die Ausstiegsgeschwindigkeit auf die nach dem Wechsel geltende Fahrplangeschwindigkeit zu begrenzen

[13] ETCS-Spezifikation, Subset 036, Abschnitt 4.2.9

[14] ESC-DE-05-B3-L2: <https://www.era.europa.eu/era-folder/de>, 28.10.25 um 22:20

[15] <https://digitale-schiene-deutschland.de/de/aktuelles/2025/bestaetigungsfahrt-etcs-korridor-rhine-alpine>, abgerufen am 28.10.25 um 22:37 Uhr

[16] ETCS-Spezifikation, Subset 026, Abschnitt 3.13.9.4: Overlap Release Speed (OL-RS): Release Speed (Entlassungsgeschwindigkeit) bei eingestelltem Stellwerks-D-Weg; Höhe wird entsprechend Länge D-Weg bemessen

[17] ETCS-Spezifikation, Subset 026, Abschnitt 3.13.9.4: Dangerpoint Release Speed (DP-RS): Release Speed (Entlassungsgeschwindigkeit), wenn kein Stellwerks-D-Weg vorhanden oder aufgelöst; Höhe wird entsprechend ETCS-Gefahrpunktstand bemessen.



Alexander Schuler

Experte Inbetriebnahme ETCS
ETCS Korridor Rhine-Alpine
DB InfraGO AG, Frankfurt a. M.
alexander.a.schuler@deutschebahn.com



Maryam Eftekhari

Systemqualifizierung ETCS
DB InfraGO AG, Hamburg
maryam.eftekhari@deutschebahn.com



Marco Franke

Projektingenieur
ETCS Korridor Rhine-Alpine
DB InfraGO AG, Frankfurt a. M.
marco.m.franke@deutschebahn.com



Marcel Helwig

Leiter Planung
Projekte Leit- und Sicherungstechnik
DB Engineering & Consulting GmbH,
Karlsruhe
marcel.helwig@db-eco.com



Franziska Pich

Inbetriebnahmeführerin
ETCS Korridor Rhine-Alpine
DB InfraGO AG, Leipzig
franziska.pich@deutschebahn.com



Michael Zills

Programm-Projektmanager
Korridor Rhine-Alpine
Hitachi Rail, Ditzingen
michael.zills@urbanandmainlines.com