

Ein Jahr (ETCS-)Betriebserfahrungen auf der SFS Wendlingen – Ulm

Bei einer insgesamt sehr positiven Bilanz wird an vielen Stellen auf hohem Niveau weiter optimiert.

ANDREAS GÖTTIG | FELIX GRIMMINGER |
KARSTEN HIRSCH | VOLKER KAMMANN |
TOBIAS PAWLIK | FLORIAN ROHR |
RÜDIGER SPRAUER | KARL-EUGEN STIER

Nach fast 30000 kommerziellen Zugfahrten fällt eine erste Bilanz zum Betrieb der Schnellfahrstrecke (SFS) Wendlingen – Ulm insgesamt sehr positiv aus. In besonderem Fokus stand und steht dabei die Ausrüstung der Strecke mit European Train Control System Level 2 „ohne Signale“ (ETCS L2oS), als eine der ersten derartigen Strecken in Deutschland. Gleichwohl in dieser Hinsicht rund 99,8 % der Zugfahrten unauffällig waren, verdienen die wenigen Fahrten mit betriebsbehindernden Störungen einen genaueren Blick. Die Erfahrungen waren und sind Anlass, um im Hinblick auf die weiter vorschreitende ETCS-Einführung auf hohem Niveau weiter zu optimieren. Dabei zeigt sich einmal mehr, wie Eisenbahningenieure entlang des gesamten Systems Bahn gefordert sind – weit über die bloße Verfügbarkeit der Technik der Infrastruktur hinaus.

Motivation

Die 60 km lange und mit bis zu 250 km/h befahrbare SFS (Abb. 1) ging zum Fahrplanwechsel am 11. Dezember 2022 in Betrieb. Im Jahresfahrplan 2023 (bis einschließlich 9. Dezember 2023) fuhren 29848 Züge über die Strecke – durchschnittlich rund 80 pro Tag, nahezu hälftig Fern- und Regionalverkehr. Der überregionale Fernverkehr wird dabei planmäßig mit ICE-3- und ICE-4-Triebzügen gefahren. Der 200 km/h schnelle Regionalverkehr wird jeweils aus zwei Vectron-Lokomotiven mit fünf Wagen gebildet und pendelt zwischen Wendlingen und Ulm.

Bis zur Ende 2025 geplanten Inbetriebnahme von Stuttgart 21, in deren Rahmen der nahtlos an die SFS anschließende Abschnitt Wendlingen – Ulm in Betrieb genommen wird, schränkt das zwischen Stuttgart Hbf und Wendlingen zu befahrende, hochausgelastete Bestandsnetz sowie ein daran anschließender, rund 12 km langer „eingleisiger“ Abschnitt (Abb. 2) die Leistungsfähigkeit der Strecke noch erheblich ein.

Eine Besonderheit der Strecke ist die Ausrüstung mit ETCS L2oS: Nach den 2015 und

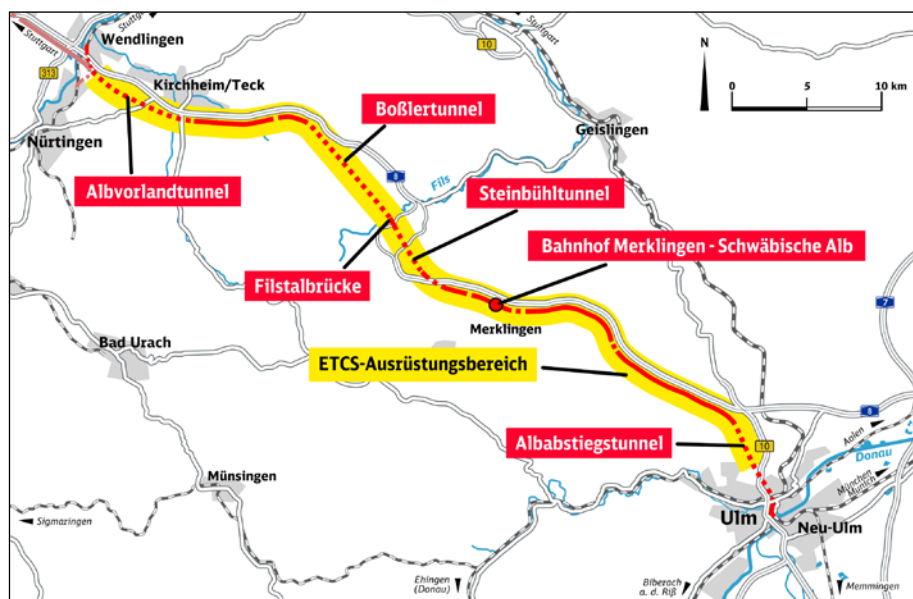


Abb. 1: Die Schnellfahrstrecke Wendlingen – Ulm ist mit ETCS ausgerüstet.

Quelle aller Abb.: Deutsche Bahn AG

2017 in Betrieb genommenen Abschnitten Erfurt – Halle/Leipzig und Ebsfeld – Erfurt des Verkehrsprojekts Deutsche Einheit Nr. 8 (VDE 8) ist die SFS die dritte derart in Betrieb genommene Infrastruktur in Deutschland. Erstmals wurde L2oS dabei nach Baseline 3 (BL 3) in Betrieb genommen [1], wobei erstmals in Deutschland auch eine BL-3-Fahrzeugausrüstung erforderlich ist. [2] Die ETCS-Ausrüstung der SFS war wiederholt Gegenstand breiterer medialer Berichterstattung. Daneben ist die Skepsis gegenüber L2oS groß, wird vielfach noch eine gewisse Doppelausrüstung als „Rückfallebene“ gefordert [3].

Gesamtüberblick

Der Betrieb auf der Strecke läuft seit der Inbetriebnahme sehr stabil ohne größere Störungen. In den ersten Betriebstagen kam es zu wenigen Kinderkrankheiten wie Weichen- und Lokstörungen, die zügig behoben werden konnten. Hinter den Kulissen wurden im ersten Betriebsjahr insbesondere an (oft neuartigen) maschinentechnischen Anlagen Störungen beobachtet. In seltenen Fällen führten diese auch zu Sperrungen, beispielsweise bei Fehlalarmen von Brandmeldeanlagen. Zusammen mit den Lieferanten wird hierzu weiter nachgearbeitet. Das Störaufkommen ist

gleichwohl gering: So wurden im Fernverkehr nur 0,3 Verspätungsfälle pro Tag aufgrund von Infrastrukturstörungen (aller Art) registriert – weit weniger als auf älteren Strecken.

Der neu gebaute Streckenabschnitt zwischen Wendlingen und Ulm hat im ersten Betriebsjahr wesentlich zur Verbesserung der Stabilität beigetragen. In Verbindung mit dem Bestandsabschnitt Wendlingen – Ulm ging die Pünktlichkeit (bis 5:59 Minuten) der über die SFS geführten Fernverkehrszüge im Mittel in beiden Fahrrichtungen zwar zurück – von 55 % bei Abfahrt in Stuttgart auf 52 % bei Ankunft in Ulm bzw. von 75 % auf 65 % in Gegenrichtung. Maßgeblich für diese Entwicklung ist allerdings nicht die neue Infrastruktur der SFS, sondern sind insbesondere Verdrängungseffekte unpünktlich in die hochausgelasteten Knoten Stuttgart und Ulm einbrechender Züge, intensive Bautätigkeiten im Knoten Stuttgart sowie der eingleisig befahrene Abschnitt bei Wendlingen. Die Ankunftspünktlichkeit des abseits von Stuttgart verkehrenden Regionalverkehrs in Ulm lag bei 91 %.

Im Fernverkehr fuhren 99 % der 15 014 über die SFS geplanten Züge tatsächlich über die Strecke. Die 153 Umleitungen über die Altstrecke haben unterschiedlichste, zumeist nichttechnische Gründe. Bei hohen Verspätungen wur-

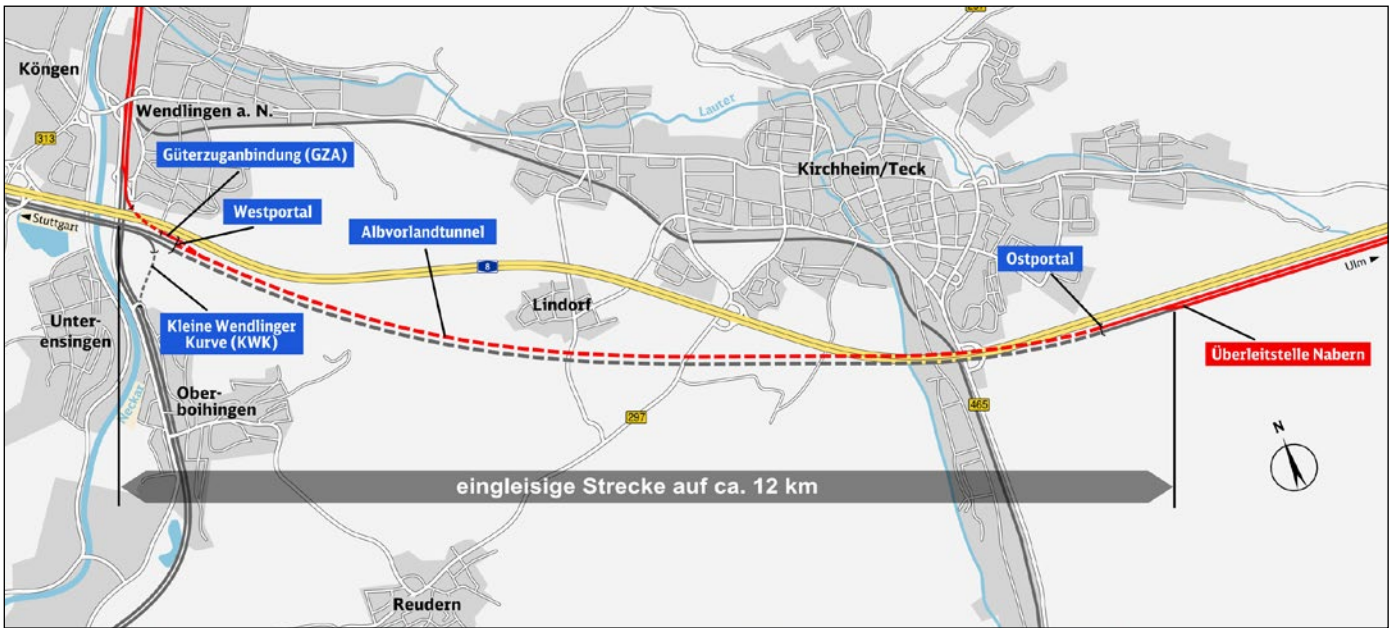


Abb. 2: Auf einem rund 12 km langen Abschnitt bei Wendlingen wird ein Gleis in beiden Richtungen befahren.

den manche über die SFS geplante Züge über die Altstrecke geleitet, um allzu große Konflikte im „eingleisigen“ Abschnitt bei Wendlingen zu vermeiden und erhielten dabei etwa 15 Minuten zusätzliche Verspätung. Umgekehrt wurden 1170 verspätete ICE (insbesondere der Linie 42) außerplanmäßig über die SFS geführt und konnten dabei durchschnittlich elf Minuten Verspätung abbauen.

In einem insgesamt schwierigen Umfeld leistet somit allein schon die SFS im ersten Betriebsjahr einen Beitrag zur Stabilisierung des Betriebsgeschehens.

Erfahrungen mit ETCS

ETCS ist Stand der Technik, löst auch die LZB (Linienförmige Zugbeeinflussung) als Zugbeeinflussungssystem für Geschwindigkeiten über 160 km/h ab und ist für alle neu auszurüstenden Hochgeschwindigkeitsstrecken zwingend vorzusehen. Die Deutsche Bahn AG (DB) verfügt über rund 20 Jahre Erfahrung mit ETCS, beispielsweise aus dem Pilotprojekt Jüterbog–Halle/Leipzig [4, 5, 6], der sukzessiven ETCS-Ausrüstung von ICE-Triebzügen [7] und der Ausrüstung weiter Teile der Achse Nürnberg–Leipzig/Halle–Berlin (VDE 8). [8, 9] Konzeption und Planung [1], Inbetriebnahme [10] sowie Betrieb von ETCS auf der SFS Wendlingen–Ulm setzen hierauf auf. Dazu zählen beispielsweise ein Fehlermanagement [11], ein Analysesystem [12] und ETCS-Erstfahrten jedes nachgerüsteten Triebzugs ohne Fahrgäste.

Durch eine weitreichende technische Redundanz und Fehlertoleranz ist ETCS (auch) auf der SFS als robustes System konzipiert: So sind die ETCS-Zentrale (RBC), das zugrunde liegende Stellwerk sowie die Fahrzeuggeräte als 2x2-von-2- oder 2-von-3-Rechner ausgeführt. Der für ETCS Level 2 unabdingbare Bahnbetriebsfunk GSM-R wurde mit verdichteten Abständen

von Basisstationen (BTS) geplant, sodass der Ausfall einer einzelnen Funkzelle ohne Auswirkungen auf den laufenden Betrieb bleibt [1]. Auch einzelne nicht lesbare Balisen bleiben im Regelbetrieb in der Regel ohne Auswirkungen [13]. Die Verfügbarkeit der Infrastruktur-„Hardware“, wie Balisen, Funk und RBC, war im

ersten Betriebsjahr unauffällig. Auch Fahrzeugkomponenten wie Displays, Modems und Funkantennen sind in aller Regel doppelt vorhanden. Die Odometrie der eingesetzten Triebzüge ist betriebsbereit, so lange von insgesamt vier bis fünf Sensoren wenigstens zwei Sensoren unterschiedlichen Typs funktionsfähig sind. [14]



Abb. 3: Wesentliche Schritte, die zu Nothaltaufträgen bzw. Warmstarts des RBC der SFS führten

Warmstarts des RBC

Die größte betriebliche Beeinträchtigung durch ETCS lag in fünf RBC-Warmstarts (am 24./25. April, 24. Mai, 4. Juni und 2. August), durch die jeweils etwa drei Züge zwangsbremst wurden und erst mit Befehl wieder anfahren konnten. Während der Verursacherzug durch das RBC zwangsbremst wurde, lief bei weiteren der 40-s-Timer T_NVCONTACT gemäß [15] ab. Aufgrund einer unzulässigen starken Dämpfung in den Funkmodulen (EDOR) von ICE-4-Triebzügen gelang, wie in Abb. 3 skizziert, zwar der Funkaufbau zum RBC. Nach Erteilung der ersten Fahrterlaubnis, die das Kommando zum Wechsel nach ETCS „hinter“ dem ETCS-Einstiegssignal kommandiert und eine Textmeldung als Richtungsanzeiger vormerkt, brach die Verbindung bei Einfahrt in den Albvorlandtunnel kurzzeitig zusammen. Die betroffenen Züge passierten infolgedessen das ETCS-Einstiegssignal ohne Funkverbindung, ließen dieses regulär in Halt fallen und führten den kommandierten Wechsel nach ETCS aus. Ein von dem Datenpunkt am Einstiegssignal ausgelöster und vom RBC binnen sieben Sekunden nach Signalhaltfall erwarteter Position Report blieb infolgedessen aus. Als die Verbindung erst später neu aufgebaut war, erteilte das RBC daraufhin einen unbedingten Nothaltauftrag (UES) – eine Sicherheitsreaktion, um eine falsche Zuordnung einer Gleisbe-

legung zu einem anderen Zug zu vermeiden. Daneben wurde die vom RBC vorgemerkte, als „virtueller“ Richtungsanzeiger vorgesehene Textmeldung „Ri. Nabern“ (Ulm) neu berechnet und konnte nicht mehr übermittelt werden, da sich der Zug bereits hinter der Weiche befand. Nach Wiederkehr der Kommunikationsverbindung meldete das Fahrzeug bereits einen Ort hinter dem Wirkort der Textmeldung. Dies führte für das RBC zu einem nicht plausiblen Status und löste dessen Warmstart aus. Der initiale Auslöser für die rund 30 dB Dämpfung im Uplink des EDOR (Senderichtung) lag an falsch gesteckten Antennenkabeln an einem bzw. beiden EDOR nach einem Softwareupdate des European Vital Computer (EVC). Während, wie in Abb. 4 unten dargestellt, Antennen auf die RX/TX-Buchsen gesteckt werden sollten, waren sie auf die RX-Buchsen (Abb. 4 oben) gesteckt, was nur bei Zügen mit besonders geringem Antennenabstand (mit zusätzlich zwischengeschaltetem Duplexer) erforderlich gewesen wäre. Aufgrund dieser Erfahrungen wurden Mitarbeiter sensibilisiert und Arbeitsanweisungen verschärft, beispielsweise eine Vier-Augen-Sichtkontrolle eingeführt. Darüber hinaus sollen nicht verwendete Buchsen zukünftig mit einem Abschluss versehen werden. Infrastrukturseitig war an dieser Stelle eine Richtungsanzeige ohnehin überflüssig, da

es in diesem Bereich Richtung Ulm keine Verzweigung gibt. Sie wurde in enger Zusammenarbeit von Siemens und der DB am 28. September durch eine Projektierungsänderung entfernt, womit die Folgen einer starken Dämpfung zumindest nur auf den Verursacherzug beschränkt bleiben.

Einzelstörungen an Fahrzeugen

Das fahrzeugseitige Störgeschehen war sehr überschaubar: Über die vorgenannten Wechselwirkungen hinaus wurden im Fernverkehr bei mehr als 15 000 Fahrten insgesamt neun betriebsbehindernde ETCS-Störungen registriert (Tab. 1). Nach durchwachsenen früheren Erfahrungen (z. B. [9]) erwies sich auch die Odometrie als sehr unauffällig. Gleichwohl die Strecke über eine Höhe von bis zu rund 750 m führt, dürften die langen Fahrten durch die erwärmten Tunnel dazu beitragen, dass die Sensorik für die Odometrie nicht vereist.

Bei dem in Einzelfällen eingesetzten ICE 1 kam es zweimal zu einer Zwangsbremmung aufgrund eines bereits von der VDE 8 bekannten Softwarefehlers: Wird eine Leveltransition beim ETCS-Ausstieg in einem EVC-Verarbeitungszyklus sowohl von Balisen als auch vom Radio Block Centre (RBC) kommandiert, stürzt der EVC ab (Wechsel nach „System Failure“). Inzwischen haben mehr als zwei Drittel der ICE 1 ein Softwareupdate erhalten, mit dem der Fehler nicht mehr auftritt; weitere dispositiv eingesetzte Züge werden vorbeugend umgeleitet.

Bei den ebenfalls rund 15 000 Fahrten von DB Regio blieb die Zahl der Störungen ebenfalls sehr überschaubar. Fünf Zugausfälle waren auf fahrzeugseitiges ETCS zurückzuführen: drei fehlgeschlagene Aufnahmen sowie ein Ausfall des (nicht gedoppelten) Displays und ein EVC-Absturz. Daneben kam es auf fahrenden Zügen in zwei Fällen zu einem nicht nachvollziehbaren Verbindungsabbruch zwischen Zug und RBC. Darüber hinaus kam es bei starkem Schneefall am 1. Dezember 2023 zu drei EVC-„Abstürzen“. Als Ursache wird jeweils eine Odometriestörung vermutet; die Ursachenaufklärung ist noch im Gang.

Dispositive Zufahrtsicherung

Mit der in [1] beschriebenen Dispositiven Zufahrtsicherung (DZ) sollen Züge ohne funktionsbereites ETCS rechtzeitig vor der letzten Weiche vor dem mit L2oS ausgerüsteten Bereich erkannt und dispositive Maßnahmen (wie Umleitungen) ergriffen werden. Kommt im Zulauf auf die SFS keine Test-Funkverbindung zum RBC zustande, wird über die Altstrecke umgeleitet, wofür auch ein Alternativfahrplan (im EBUla) hinterlegt ist.

Im ersten Betriebsjahr zeigte sich, wie der Nutzen der DZ klar überschätzt wurde: Es wurde kein einziger Fall bekannt, in denen ein nicht bereits zuvor als gestört bekannter und später auffällig gewordener Zug erkannt wurde. Sämtliche ETCS-bezogenen Störungen traten

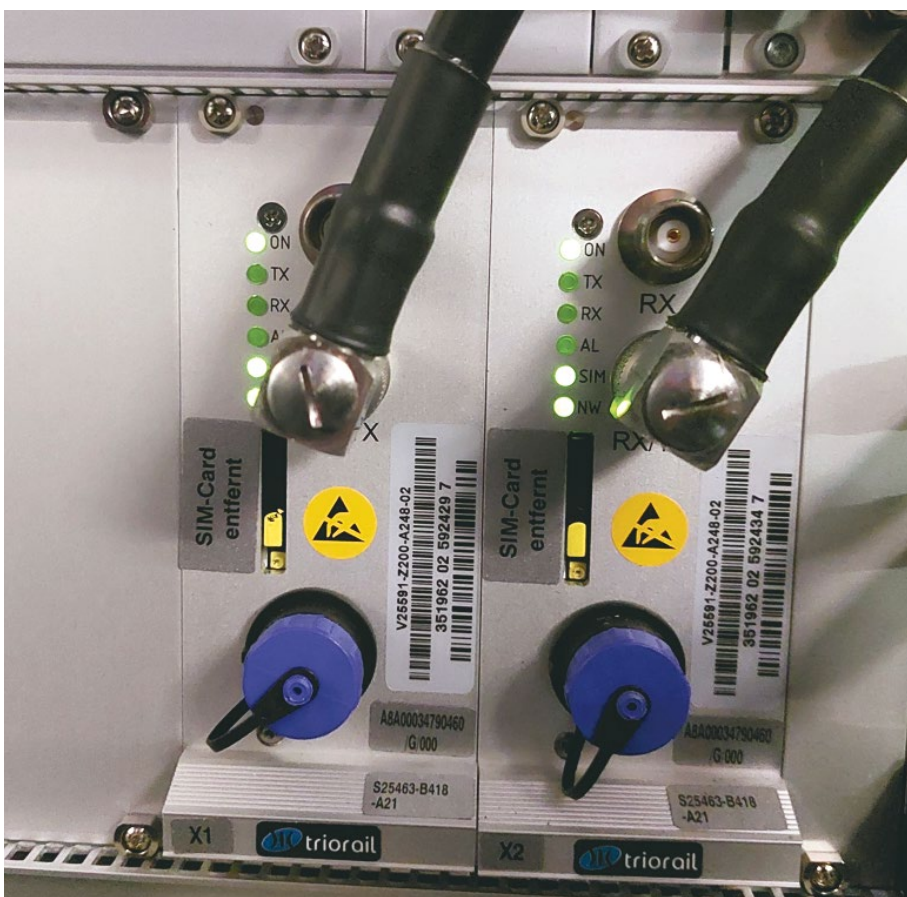


Abb. 4: Funkmodule (EDOR) eines ETCS-Fahrzeuggeräts (EVC) mit korrekt bestückten Antennenanschlüssen

Datum	Zug	Sachverhalt
19.12.2022	ICE 912	Mehrmals kurzzeitiger MFD-Ausfall mit Vollbremsanforderung durch ETCS
10.01.2023	ICE 613	Zwangsbremung, nachdem eine erwartete Balisengruppe nicht gefunden wurde (defekte Balisengruppe wurde getauscht)
29.03.2023	ICE 911	Höchstgeschwindigkeit 120 km/h aufgrund falsch eingegebener ETCS-Zugdaten
19.04.2023	ICE 1063	Auslösung der ETCS-Rollüberwachung aufgrund einer Bremsenstörung
29.04.2023	ICE 615	Störung Kommunikation EVC führte zu Zwangsbremung; Weiterfahrt nach ETCS-Reset
28.06.2023	ICE 2911	Zwangsbremung beim ETCS-Ausstieg aufgrund Softwarebug (s. u.)
08.08.2023	ICE 2935	Zwangsbremung beim ETCS-Ausstieg aufgrund Softwarebug (s. u.)
22.08.2023	ICE 591	Störung an Eurobalisenantenne, Zwangsbremung, Weiterfahrt nach Reset auf Befehl, zunächst in Staff Responsible, Aufwertung nach Full Supervision an Balisen
29.10.2023	ICE 1010	Odometriestörung nach Sanden

Tab. 1: Einzelstörungen an Fahrzeugen des Fernverkehrs

erst später auf oder konnten durch die einfache „Sichtprüfung“, ob eine Funkverbindung besteht, nicht erkannt werden. Unverdientermaßen wurde am zweiten Betriebstag einem kuriosen Einzelfall breite mediale Aufmerksamkeit zuteil. Ein Zug, der im Albstiegstunnel in Ulm nicht in ETCS aufgenommen wurde und letztlich zurückgesetzt wurde, führte dazu, dass die Strecke Richtung Wendlingen knapp zwei Stunden blockiert war. Unmittelbar lag die Ursache in einem Bedienfehler, mittelbar an einer unzureichenden Information über die Funktion der DZ: Der Triebfahrzeugführer (Tf) war irritiert vom Funkabbau der DZ vor Ulm und versuchte im Hbf Ulm einen manuellen Wechsel nach Level 2, der letztlich mit einer Zwangsbremung (Wechsel nach Trip) quittiert wurde. Infolgedessen wurde noch am selben Tag eine Information für Triebfahrzeugführer (Tf-Info) zur DZ erstellt und die Formulierung im Fahrplan 2 (EBuLa) präzisiert. Dieser Vorfall blieb der einzige seiner Art.

40 km/h beim ETCS-Ausstieg

Der Wechsel vom anzeigegeführten (L2oS) zum signalgeführten Betrieb erfolgt ca. 230 m vor dem Ausstiegssignal, um eine ausreichende Reaktionszeit zu ermöglichen. Im L2oS-Betrieb gibt der Buchfahrplan die höchstzulässige Geschwindigkeit in der Rückfallebene (Betriebsart SR) an, typischerweise 40 km/h, und spielt im anzeigegeführten Regelbetrieb keine Rolle [16]. Im signalgeführten Betrieb ist der Buchfahrplan hingegen zu beachten. Diese SR-Geschwindigkeit ist bei einem direkten Übergang aus einem L2oS-Bereich in einen Bereich ohne ETCS bis zum ETCS-Ausstiegssignal hinterlegt (Abb. 5). Dies führt bei strenger, so nicht beabsichtigter, Auslegung des Regelwerks dazu, dass vor dem Ausstiegssignal kurzzeitig mit 40 km/h gefahren und anschließend wieder beschleunigt wird. Zum Fahrplanwechsel im Dezember 2024 wird die entsprechende Richtlinie fortgeschrieben [17]. Eine frühere Lösung durch einen La-Eintrag wurde geprüft, erwies sich aber als nicht umsetzbar.

Fehlende ETCS-Ausrüstung und -Ausbildung

38 der 154 Umleitungen im Fernverkehr gingen auf außerplanmäßig nicht mit BL-3-ETCS ausgerüstete Züge (z. B. ICE 2, ICE T) zurück. In zwei Fällen wurden Züge ohne ETCS-Ausrüstung für die Strecke geplant (ein ICE 2 und ein ICE 3 ohne ETCS-Ausrüstung). In wenigen Einzelfällen wurden kurzfristig Tf ohne ETCS-

Ausbildung über die Strecke disponiert. Die betroffenen Züge wurden allesamt über die Altstrecke umgeleitet. Aufgrund der auf hohem Niveau weiter vorschreitenden Fahrzeugausrüstung sowie der ETCS-Ausbildung von Tf werden derartige Fälle in naher Zukunft praktisch nicht mehr auftreten können. Im laufenden Jahr liegt ein Augenmerk auf dem Einsatz der ersten

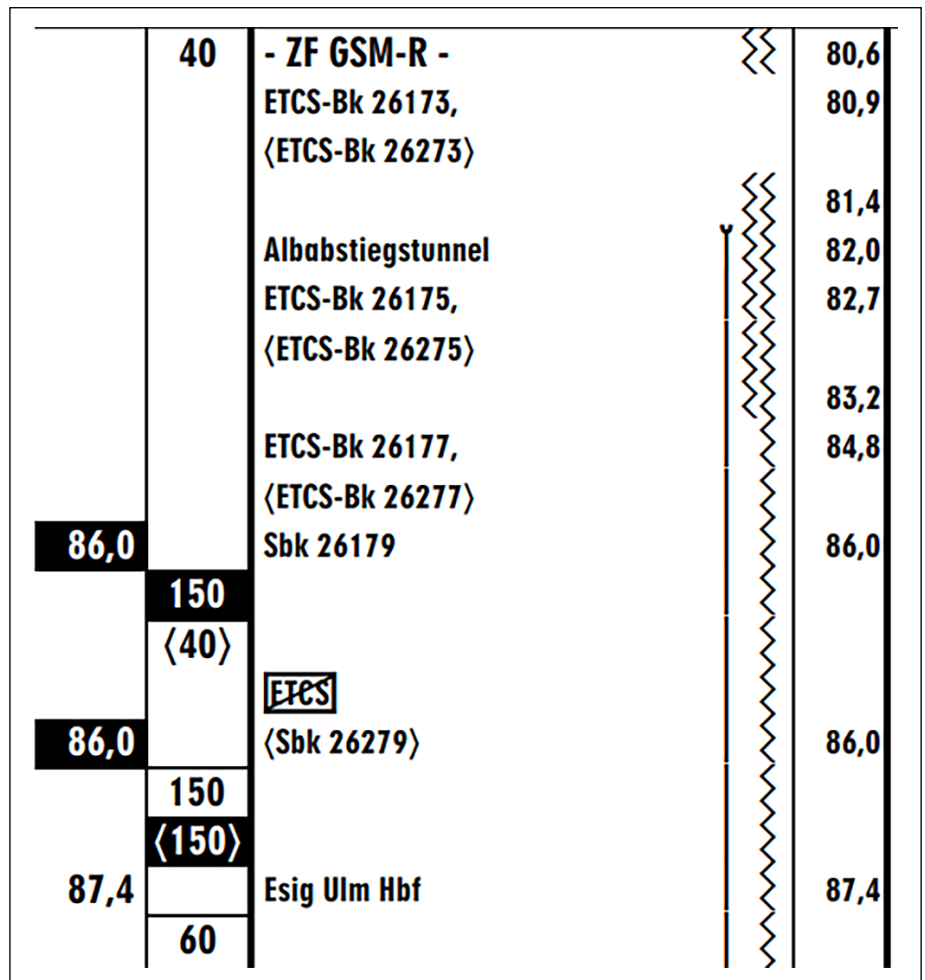


Abb. 5: Auszug aus dem Ersatzfahrplan zum Jahresfahrplan 2023

beiden mit BL-3-ETCS ausgerüsteten Triebzüge der Baureihe 407, die in einem Umlauf über die SFS geführt werden. Eine weitere Arbeitsanweisung regelt, wie Züge ohne ETCS von München bis Stuttgart als Leerzug vor Plan verkehren, um anschließend auf dem besonders stark nachgefragten Abschnitt Stuttgart–Karlsruhe eingesetzt zu werden. Daneben wurde geregelt, dass bei jedem für die SFS vorgesehenen Zug noch einmal kurzfristig von einem Disponenten die ETCS-Ausbildung des Tf geprüft wird.

Resümee und Ausblick

Die Bilanz nach einem Jahr Betrieb auf der SFS Wendlingen–Ulm fällt insgesamt sehr positiv aus. Die Strecke hat die in sie gesetzten Erwartungen erfüllt, wurden im Fernverkehr mehr als 5 Mio. Reisende und im Regionalverkehr mehr als 800 000 Personen befördert. [18] Mit der Inbetriebnahme von Stuttgart 21 wird die dann durchgehend zweigleisig befahrbare Strecke ihre volle Leistungsfähigkeit entfalten.

Auch die Erfahrungen mit einem Jahr ETCS-Betrieb sind dabei sehr positiv. ETCS erwies sich nicht als maßgebliche Störquelle. Andere Faktoren, wie der eingleisige Abschnitt bei Wendlingen oder die hohe Auslastung des Bestandsnetzes insbesondere im Raum Stuttgart, fielen wesentlich stärker auf. Mit Blick auf die im Hochleistungsbetrieb im Kern des Digitalen Knotens Stuttgart (DKS) erwarteten etwa 1700 Züge pro Tag [19] und die dabei vielfach dichten Zugfolgen sind weitere Optimierungen geboten und auch an vielen Stellen bereits im Gang.

Die Erfahrungen mit der SFS zeigen dabei einmal mehr überdeutlich, wie Ingenieure entlang des Systems Bahn an vielen Stellen gefordert waren und sind, beispielsweise zur Fahrzeugrüstung, zu Betriebs- und Werkstattprozessen, zur Weiterentwicklung von Hard- und Software, zur Ausbildung und vielen anderen Feinheiten. Unter anderem werden für den DKS eine Reihe von Optimierungen verfolgt [20, 21]. Im Übrigen verdeutlichen die Erfahrungen auch, wie gering der Nutzen einer Doppelausrüstung der Infrastruktur wäre bzw. ist, wenn die ETCS-Infrastruktur an sich hochverfügbar ist und alle Züge planmäßig mit ETCS fahren: Bei einer seltenen Fahrzeugstörung steht ein Zug selbst vor einem Fahrt zeigenden Lichtsignal zunächst einige Minuten, um Bedien- und Hilfsmaßnahmen wie Befehle auszuführen, und darf anschließend mit höchstens 40 km/h weiterfahren [3].

Mit Inbetriebnahme der SFS Wendlingen–Ulm ist ETCS auf 520 km bzw. 1,6 % des DB-Netzes in Betrieb [1]. Der nächste wesentliche Schritt wird Ende 2024 die Inbetriebnahme der sanierten und dann mit ETCS ausgerüsteten Riedbahn sein [22]. 2025 folgt dann u. a. die Verlängerung der SFS von Wendlingen nach Stuttgart (im Rahmen von

Stuttgart 21), gemeinsam mit dem Kern des DKS. Im Knoten Ulm soll ETCS (Level 2 „mit Signalen“) 2027 eingeführt werden [1]. Im Netz der DB sollen bis 2030 Schritt für Schritt rund 10 000 km ETCS in Betrieb genommen werden. Der rasch wachsende Schatz an Betriebserfahrungen und daraus folgenden Optimierungen lassen erwarten, dass ETCS-Störungen dabei noch viel seltener auftreten werden als im ersten Betriebsjahr der SFS Wendlingen–Ulm. ■

Das Projekt wird kofinanziert von der Europäischen Union.



QUELLEN

- [1] Barth, P.; Eftekhari, M.; El-Hajj-Sleimann, H.; Hoffmann, M. T.; Kümming, M.; Retzmann, M.; Rohr, F.: ETCS auf der Schnellfahrstrecke Wendlingen–Ulm, SIGNAL+DRAHT 7+8/2023 (<https://bit.ly/3EjQMbo>)
- [2] DB Netz: Streckenprospekt Schnellfahrstrecke ETCS L2oS Wendlingen–Ulm. Version 2 (<https://bit.ly/3Tzyagp>), Abschnitt 1.5.2
- [3] Drescher, O.: ETCS Level 2 ohne „Signale“ in einem großen Knoten, Deine Bahn 3/2022 (<https://bit.ly/304n511>)
- [4] DB AG startet Versuche mit ETCS-Level 2, Eisenbahn-Revue International 4/2002
- [5] Lehr, S.; Naumann, T.; Schittenhelm, O.: Parallele Ausrüstung der Strecke Berlin–Halle/Leipzig mit ETCS und LZB, SIGNAL+DRAHT 4/2006
- [6] ETCS-Tagung in Berlin, Eisenbahn-Revue International 2/2008
- [7] Exemplarisch: Böhm, J.-P.; Geier, W.; Lankes, P.; Memke, J.: Die Ausrüstung der deutschen ICE-Hochgeschwindigkeitszüge mit ETCS, Eisenbahntechnische Rundschau 5/2014
- [8] Behnsch, R.; Reißaus, J.: Konzeption der Leit- und Sicherungstechnik auf den Neubaustrecken der VDE 8, Eisenbahntechnische Rundschau 4/2012
- [9] Neubaustrecke VDE 8.1 eröffnet, Eisenbahn-Revue International 2/2018
- [10] Sturm, S.: Vorlaufbetrieb der Schnellfahrstrecke Wendlingen–Ulm, Deine Bahn 3/2023
- [11] Kohlsdorf, U.; Steinebach J. P. B.: Tests und Inbetriebnahme der ETCS-Streckenausrüstung im Projekt VDE 8.2, SIGNAL+DRAHT 1/2027
- [12] Wacker, T.: Erfahrungen in der Bauartverantwortung ETCS bei der DB Netz AG, SIGNAL+DRAHT 4/2021
- [13] DB Netz: Betrieblich-technische Systemfunktionen für ETCS SRS Baseline 3. Version 3.0, 4. November 2020, Abschnitt 6.8 (nur in Einzelfällen wird als Linking-Reaktion Zwangsbremsung oder Trip projektiert)
- [14] Exemplarisch: Zeiler, D.; Scheer, A.; Selfrin, C.: Velaro MS für Europa – ICE 3neo für die DB, Eisenbahn-Revue International 7/2023 (<https://bit.ly/3NAIMZR>)
- [15] ETCS-Spezifikation, SUBSET-026, Version 3.6.0, Abschnitt 3.16.3.4
- [16] DB Netz: Richtlinie 408.2341A01 Züge fahren; Erläuterungen zu den Fahrplanangaben. Gültig ab 12.12.2021
- [17] DB Netz: Richtlinie 408.2341A01 Züge fahren; Erläuterungen zu den Fahrplanangaben. Gültig ab 15.12.2024 (<https://bit.ly/3TZvtVS>)
- [18] Deutsche Bahn: Mehr Verbindungen, kürzere Fahrzeiten: Schnellfahrstrecke Wendlingen–Ulm feiert Geburtstag. Presseinformation vom 9. Dezember 2023 (<https://bit.ly/4849NVH>)
- [19] Bojic, M.; El-Hajj-Sleimann, 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/3fzoZj>)
- [20] Dietrich, F.; Erdmann, J.; Jost, M.; Raichle, F.; Sane, N.; Vogel, T.; Wagner, P.: Nachrüstung von 333 Triebzügen für den Digitalen Knoten Stuttgart, ZEVrail 5/2022 (<https://bit.ly/3DHZIOS>)
- [21] Behrens, M.; Eschbach, A.; Kampschulte, B.; Paltian, A.; Schöppach, M.; Wiedenroth, A.: Robuste Leit- und Sicherungstechnik im Digitalen Knoten Stuttgart, DER EISENBAHNINGENIEUR 11/2022 (<https://bit.ly/3hiuOZL>)
- [22] Fassing, J.; Helwig, M.; Müller, P.; Keil, T.; Rosenbohm, M.; Wolf, F.; Welsch, P.: Generalisierung der Riedbahn: eine Zwischenbilanz, DER EISENBAHNINGENIEUR 7/2023 (<https://bit.ly/3Z5ws7u>)

Andreas Göttig

Referent
ETCS-Anforderungsmanagement
DB InfraGO AG, Frankfurt am Main
andreas.goettig@deutschebahn.com



Felix Grimminger

Leiter Betriebsbezirk 1
DB InfraGO AG, Ulm
felix.grimminger@deutschebahn.com



Karsten Hirsch

Leiter Betriebszentrale Karlsruhe
DB InfraGO AG, Karlsruhe
karsten.hirsch@deutschebahn.com



Volker Kammann

Projektleiter Digitaler Bahnbetrieb
DB Fernverkehr, Frankfurt am Main
volker.kammann@deutschebahn.com



Tobias Pawlik

Referent Zugbeeinflussung,
Engineering Elektrische Systeme
DB Fernverkehr AG, München
tobias.pawlik@deutschebahn.com



Florian Rohr

Fahrzeug-Strecke-Integrator
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH,
Stuttgart
florian.rohr@deutschebahn.com

Rüdiger Sprauer

Technisches Regelwerk
und Digitale Prozesse ETCS
DB InfraGO AG, München
ruediger.sprauer@deutschebahn.com



Karl-Eugen Stier

Projektleiter ETCS/ATO
Region Baden-Württemberg
DB Regio AG, Stuttgart
karl-eugen.stier@deutschebahn.com