

Erprobung ausgewählter ETCS-Testfälle in einer Simulationsumgebung

Testing selected ETCS test cases in a simulation environment

Alexander Ullrich | Susanne Hillmann | Richard Kretzschmar

Bei der Umrüstung auf das europäische Zugbeeinflussungssystem ETCS ist eine Vielzahl von Tests notwendig, die das komplexe Zusammenspiel zwischen Fahrzeug und Strecke überprüfen und den sicheren Betrieb nachweisen. Besonders die Inbetriebnahmetests im Feld sind häufig mit einem großen Zeit- und Personalaufwand verbunden, der wegen des zunehmenden Fachkräftemangels und der hohen Streckenauslastung für den regulären Bahnbetrieb eine große Herausforderung darstellt. Ein möglicher Lösungsansatz ist die Durchführung von Testszenarien in einem ETCS-Simulationslabor.

1 Einleitung

Mit dem ETCS-Labor des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF) und des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) wurde im Rahmen einer Studienarbeit untersucht, unter welchen Bedingungen sich ETCS-Inbetriebnahmetests vom Feld in eine Laborumgebung übertragen lassen. Nach Gesprächen mit Experten der DB InfraGO erfolgte zunächst eine Auswahl von möglichen Tests. Diese wurden danach im ETCS-Labor virtuell erstellt, durchgeführt, bewertet und validiert. Als Grundlage diente neben dem Lastenheft der „Betrieblich Technischen Systemfunktionen (BTSF)“ der Deutschen Bahn AG (DB) [2] ein im Rahmen eines Forschungsprojektes erarbeiteter Testfallkatalog [3].

2 ETCS-Labor des DZSF und EBA

Das ETCS-Labor des DZSF und EBA, welches von der Firma Clearsy aus Straßburg entwickelt wurde, bietet die Möglichkeit, die Interaktion zwischen sämtlichen relevanten Komponenten des ETCS zu simulieren. Diesbezüglich sind sowohl fahrzeugseitige Elemente, wie On-Board Units (OBU) und das Driver Machine Interface (DMI), als auch streckenseitige Elemente, wie beispielsweise Radio Block Centre (RBC) und Balisen, berücksichtigt. In Bild 1 sind die einzelnen Module des ETCS-Simulationslabors dargestellt. Ihr Zusammenspiel untereinander ist mit Pfeilen gekennzeichnet.

Der Workflow im ETCS-Labor ist in Bild 2 dargestellt. Er beginnt immer mit der Erstellung einer projektspezifischen Streckeninfrastruktur sowie deren Konfiguration. Zu diesem Zweck werden sämtliche erforderlichen Elemente konfiguriert, darunter Gleise, Weichen, Kreuzungen, Achszähler, Signale und Balisen. In einer grafischen Benutzeroberfläche besteht die Möglichkeit, die zuvor erstellten Elemente an der gewünschten Stelle zu platzieren und miteinander zu verknüpfen, sodass die Topologie der Gleisanlage möglichst originalgetreu nachgebildet wird. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, topologische Eigenschaften der Strecke festzulegen, wie beispielsweise die Gradienten. Außerdem werden die Balisen mit den ent-

When upgrading to the European Train Control System (ETCS), a large number of tests are required to check the complex interactions between the vehicle and the track and to demonstrate safe operations. Commissioning tests in the field often requires a great degree of effort in terms of time and personnel, which poses a major challenge for regular railway operations due to the increasing shortage of qualified personnel and high track utilisation. One possible solution is to carry out test scenarios at an ETCS simulation laboratory.

1 Introduction

The ETCS laboratory at the German Centre for Rail Traffic Research (DZSF) and the Federal Railway Authority (EBA) have conducted a study to investigate how ETCS commissioning tests can be transferred from the field to a laboratory environment. A selection of possible tests was initially made based on discussions with experts from DB InfraGO. These were then created, implemented, evaluated and validated virtually at the ETCS laboratory. In addition to the Deutsche Bahn AG (DB) BTSF specification [2], a test case catalogue [3] developed as part of a research project was also used as the basis for this.

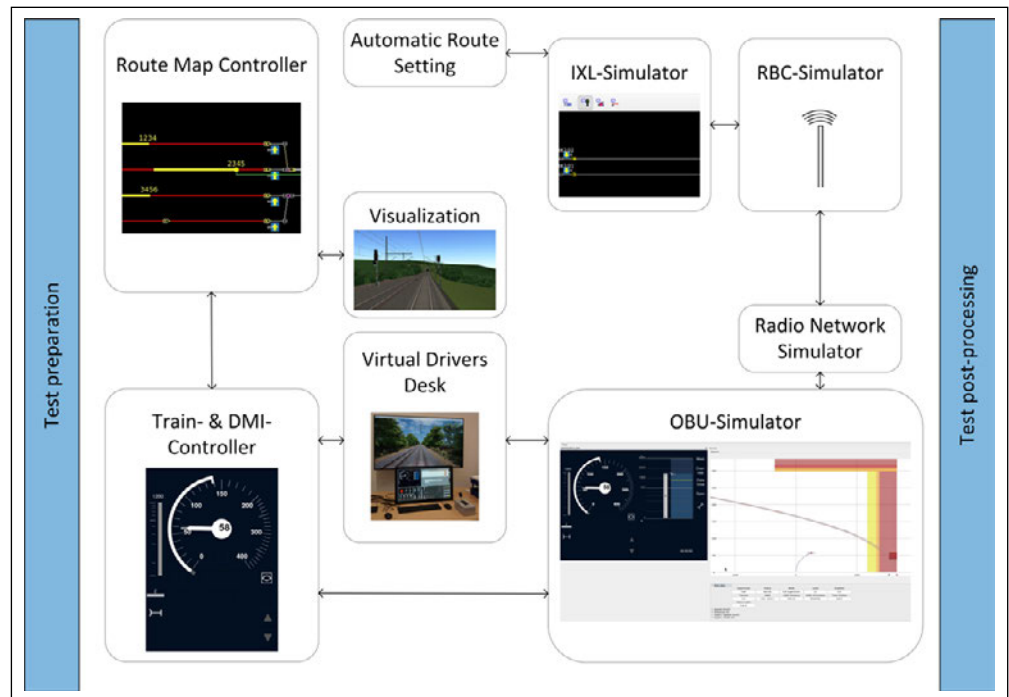
2 The ETCS laboratory at the DZSF and EBA

The ETCS laboratory at the DZSF and EBA, which has been developed by the Clearsy Company located in Strasbourg, offers the option of simulating the interactions between all the relevant ETCS components. Both vehicle-side elements, such as on-board units (OBU) and the driver-machine interface (DMI), and trackside elements, such as radio block centres (RBC) and balises, are considered in this regard. Fig. 1 shows the individual modules at the ETCS simulation laboratory. Their interactions with one another are marked with arrows.

The workflow in the ETCS laboratory is shown in fig. 2. It always begins with the creation of a project-specific route infrastructure and its configuration. All the necessary elements are configured for this purpose, including the tracks, points, crossings, axle counters, signals and balises. A graphic user interface makes it possible to place the previously created elements at the desired locations and link them together so that the track system topology is modelled as realistically as possible. It is also possible to define topological properties on the track, such as gradients. The balises are also programmed with the corresponding packages and variables, as are the settings for the RBC.

Bild 1: Visualisierung der Software-Module im ETCS-Labor und ihres Zusammenspiels

Fig. 1: A visualisation of the software modules at the ETCS laboratory and their interaction



sprechenden Paketen und Variablen programmiert, ebenso wie die Einstellungen für die RBC.

Im Anschluss an die Konfiguration der Streckeninfrastruktur werden die verschiedenen Szenarien für die Strecke erstellt. Zu diesem Zweck werden virtuell Züge an der gewünschten Stelle auf der Strecke positioniert und umfangreich konfiguriert, beispielsweise bezüglich Einstellungen zum Fahrverhalten, zur Zugdynamik sowie zur Ausrüstung des EVC (European Vital Computer).

Bei der Ausführung der einzelnen Szenarien wird die Interaktion der fahrzeugseitigen und streckenseitigen Infrastruktur Schritt für Schritt virtuell nachgestellt. Dabei sind vielfältige Eingriffsmöglichkeiten in einem hohen Detaillierungsgrad möglich, die von der individuellen Einstellung von Fahrstraßen im Stellwerk bis hin zur individuellen Steuerung einzelner Fahrzeuge reichen. Die Simulation wird in Echtzeit visualisiert, und zusätzlich werden mit hochaufgelöstem Zeitstempel alle relevanten Eigenschaften der Fahrt sowie die ausgetauschten Nachrichten aufgezeichnet. Die Ergebnisse dieser virtuellen Testfahrten können im Nachgang ausgelesen und unter verschiedensten Aspekten ausgewertet werden.

3 Auswahl von Testvorgaben und geeigneten Tests

Für die Planung und Durchführung von ETCS-Inbetriebnahmetests gibt es auf europäischer und nationaler Ebene verschiedene Test-

Once the track infrastructure has been configured, the various track scenarios are created. Trains are positioned virtually at the desired track locations and extensively configured for this purpose, for example with settings involving driving behaviour, train dynamics and European Vital Computer (EVC) equipment. The interaction of the on-board and trackside infrastructure is simulated virtually step by step during the execution of the individual scenarios. A wide range of intervention options is possible with a high level of detail, ranging from individual route setting in the interlocking to the individual control of individual vehicles. The simulation is visualised in real time and all the relevant journey characteristics and exchanged messages are recorded with a high-resolution time stamp. The results of these virtual test drives can be read afterwards and analysed from a wide variety of perspectives.

3 A selection of the test specifications and suitable tests

Various test specifications with differing levels of detail exist for the planning and implementation of ETCS commissioning tests at the European and national levels. These include Subset-076, the BTSF specifications from DB and individual test case catalogues created by individual stakeholders. In addition to the first two, this study also used a test case catalogue

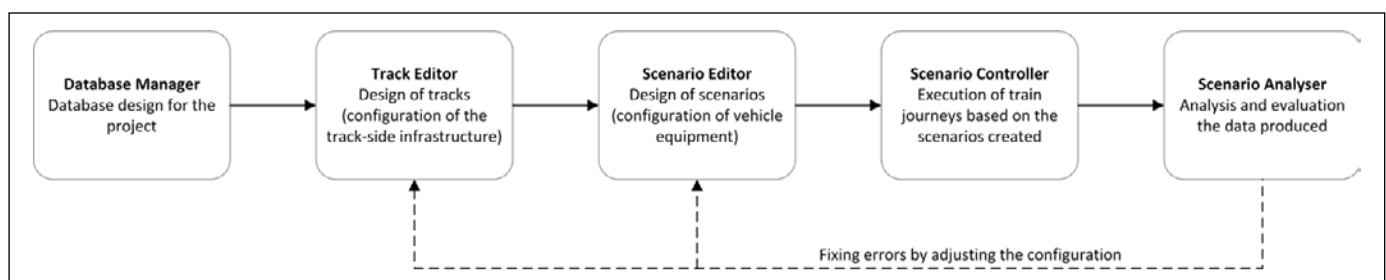


Bild 2: Ablauf der Arbeitsschritte im ETCS-Labor

Fig. 2: The sequence of work steps at the ETCS laboratory

vorgaben, die unterschiedliche Detailtiefen aufweisen. Hierzu zählen das Subset-076, das BTSF-Lastenheft der DB sowie individuelle Testfallkataloge, die von einzelnen Akteuren erstellt wurden. In der vorliegenden Arbeit wurde neben den beiden erstgenannten ein Testfallkatalog verwendet, der im Rahmen eines Forschungsprojektes des EBA von der Professur für Verkehrssicherungstechnik der Technischen Universität Dresden und dem CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik entwickelt wurde [3].

In einem ersten Arbeitsschritt musste evaluiert werden, welche Testvorgaben hinsichtlich ihres Informations- und Detaillierungsgrades eine geeignete Grundlage für die Entwicklung und Analyse der Testscenarien mit dem ETCS-Simulationslabor sein können. Für die Handhabung der Simulation sind eher generische Testvorgaben erforderlich.

Das Subset-076 ist eine europäische Regelung und beschränkt sich in seinem Umfang auf den Abgleich der Systemspezifikationen aus Subset-026. Es enthält eine Vielzahl an zugehörigen Testvorgaben in ca. 185 unterschiedlichen Kapiteln und weist daher für den vorliegenden Anwendungsfall eine zu hohe Detailtiefe auf [4]. Diese Tests wurden in der Vergangenheit erfolgreich für den Nachweis der Konformität im Labor RailSiTe® des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) genutzt, wodurch der Nachweis der Eignung zur Umsetzung in einer Laborumgebung bereits erbracht wurde. Das Lastenheft BTSF 3 bietet eine aktuelle und umfassende Quelle für die Konzipierung der Testsequenzen. Es beinhaltet auf knapp 700 Seiten die Beschreibung von Abläufen, auf Basis derer Testsequenzen definiert werden müssen. Es weist eine äußerst hohe Detailtiefe auf, ebenso wie eine hohe Vielzahl von internen Verweisen, was es bei der manuellen Nutzung eher unübersichtlich und damit auch fehleranfällig macht. Der Testfallkatalog bietet eine geeignete generische Abbildung des ETCS-Systemverhaltens. Er ist in Tabellenform übersichtlich aufgebaut und enthält in dieser Form ca. 2500 verschiedene Testvorgaben. Er eignet sich aufgrund seines Aufbaus und der Detailtiefe sehr gut für die Erstellung der Testsequenzen. Allerdings ist er zum Zeitpunkt der Arbeit bereits sechs Jahre alt, basiert auf der Baseline 2 und wurde seither nicht mehr aktualisiert. Er wurde für die Erstellung der untersuchten Tests ausgewählt, wobei zusätzlich die Aktualität der ausgewählten Tests anhand des BTSF-Lastenheftes überprüft wurde.

Im nächsten Schritt musste eine sinnvolle Auswahl an Tests getroffen werden, die für den Eignungsnachweis im Rahmen einer Studienarbeit zweckmäßig wären. Für diese Entscheidung wurden verschiedene Kriterien zugrunde gelegt. Eine Voraussetzung war, dass die ausgewählten Szenarien mit der aktuellen Version des vorhandenen Simulationslabors umsetzbar sind. Da in der aktuellen Version weder Bahnübergänge noch nationale Systeme in der benötigten Qualität nachbildbar sind, mussten für diese erste Untersuchung alle Tests entfallen, die in diese Bereiche fallen. Weiterhin wurde bei der Testauswahl die ETCS-Migrationsstrategie betrachtet. Da es Konsens ist, derzeit nur noch Strecken mit ETCS Level 2 auszustatten, wurden Tests mit ETCS Level 1 für diese Studie ausgeschlossen. Ein drittes Kriterium ist die Entstehung eines wirklichen Erkenntnisgewinns durch die durchgeführte Studie. Deshalb sollten nur Tests untersucht werden, die bis dato noch nicht im Labor abbildbar sind und zurzeit noch im Feld durchgeführt werden. In diesem Kontext wurden Abstimmungsgespräche mit Experten der DB InfraGO geführt, welche eine Auswahl von neun Testszenarien für die Studie benannten. Darum wurde noch ein viertes Kriterium eingeführt, welches durch den begrenzten Zeitrahmen der studentischen Arbeit definiert war.

that had been developed by the Chair of Railway Signalling and Transport Safety Technology at the Dresden University of Technology and the CERSS Competence Centre for Railway Safety Engineering as part of an EBA research project [3]. The first step was to evaluate which test specifications could constitute a suitable basis for developing and analysing the test scenarios with the ETCS simulation laboratory in terms of their levels of information and detail. Generic test specifications are required for handling the simulation.

Subset-076 is a European regulation that defines the tests to be used when proving the technical conformity and functionality of an ETCS on-board subsystem in relation to the requirements of Subset-026. It contains a large number of associated test specifications in approximately 185 different chapters and is therefore much too detailed for the present application [4]. These tests have been successfully used in the past to demonstrate conformity in the RailSiTe® laboratory at Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), whereby their suitability for implementation in a laboratory environment has already been demonstrated. The BTSF 3 specifications provide an up-to-date and comprehensive source for test sequence design. They contain a description of the processes, based on which the test sequences must be defined. They have an extremely high level of detail, as well as a large number of internal references, which make them rather unclear and therefore error-prone when used manually. The test case catalogue offers a suitable generic representation of ETCS system behaviour. It is clearly structured in tabular form and contains around 2500 different test specifications in this form. Its structure and depth of detail mean that it is very well suited to the creation of test sequences. However, it was already six years old at the time of the study, is based on Baseline 2 and has not been updated since then. It was selected for the creation of the analysed tests, while the up-to-dateness of the selected tests was also checked using the BTSF specifications.

In the next step, a meaningful selection of the tests that would be appropriate for proving suitability as part of the student research project had to be made. This decision was based on various criteria. One requirement involved the fact that the selected scenarios could be realised using the current version of the existing simulation laboratory. As neither level crossings nor national systems can be simulated at the required quality in the current version, all the tests that fall into these areas had to be omitted for this first study. The ETCS migration strategy was also taken into account when selecting the tests. As there is a consensus that only lines with ETCS Level 2 should be equipped at present, tests with ETCS Level 1 were excluded from the study. A third criterion involves the generation of a real gain in knowledge as a result of the study being carried out. For this reason, only tests that are not yet feasible in the laboratory and are currently still being carried out in the field should be analysed. Coordination meetings were held with the experts from DB InfraGO within this context and they named a selection of nine test scenarios for the study. A fourth criterion was therefore introduced, which was defined by the limited timeframe of the student work.

As a result of the consideration of these four criteria, three test scenarios were selected, which were analysed in this first study in relation to their suitability for implementation in an ETCS simulation laboratory:

- the RBC handover in different operating modes
- Start of Mission (inside / outside trusted areas)

Im Ergebnis der Betrachtung dieser vier Kriterien wurden drei Testszenarien ausgewählt, welche in dieser ersten Studie auf ihre Eignung zur Umsetzung in einem ETCS-Simulationslabor analysiert wurden:

- RBC-Handover in verschiedenen Betriebsmodi
- Start-of-Mission (innerhalb / außerhalb „trusted areas“)
- Überlagerung von Langsamfahrstellen

Dazu wurden die Testszenarien in mehrere Testsequenzen übersetzt, im ETCS-Simulationslabor umgesetzt, analysiert und bewertet. Im folgenden Abschnitt wird dieser Ablauf am Beispiel der Start-of-Mission-Tests exemplarisch beschrieben.

4 Umsetzung der Tests am Beispiel der Start-of-Mission-Tests

Für die Implementierung der Start-of-Mission-Tests im ETCS-Simulationslabor wurden zunächst die zugehörigen fünf Testsequenzen identifiziert. Hierzu wurde der Testfallkatalog [3] genutzt. Aufgrund der fehlenden Aktualität zur Baseline 3 wurden diese Testsequenzen im nächsten Schritt mithilfe des BTSF-Lastenheftes abgeglichen. Wie bereits im vorherigen Kapitel erläutert, wurden dabei nur Start-of-Mission-Tests in ETCS Level 2 betrachtet, weshalb die Kategorie 077 „Beginn einer Fahrt in Level 2“ des BTSF-Lastenheftes herangezogen wurde. Dadurch entstanden final neun Testszenarien, die für die Durchführung im ETCS-Simulationslabor ausgewählt wurden. Sie sind in Tab. 1 aufgelistet. Die Testsequenz „Befehl“ wurde dabei allgemein für die Durchführung eines Befehls definiert und kann sofern nötig in die anderen Testsequenzen integriert werden. Dadurch soll eine redundante Definition gleicher Testsequenzen vermieden werden.

Darauf aufbauend wurde im ETCS-Simulationslabor eine virtuelle Strecke erstellt, deren Eigenschaften die Durchführung aller neun Testsequenzen ermöglicht. Dabei musste vor allem darauf geachtet werden, dass es sowohl Startmöglichkeiten für Züge innerhalb als auch außerhalb von „trusted areas“ gibt. Die Balisenkonfiguration erfolgte anhand der Richtlinie 819.1344 [5], wobei

- the overlay of speed restrictions

The test scenarios were translated into several test sequences, implemented in the ETCS simulation laboratory, analysed and evaluated for this purpose. In the following section, this process is described using Start of Mission tests as an example.

4 Realising the tests based on the example of the Start of Mission tests

The associated five test sequences were first identified in order to implement the Start of Mission tests at the ETCS simulation laboratory. The test case catalogue [3] was used for this purpose. As these test sequences were not up to date with Baseline 3, the next step was to compare them with the BTSF specifications. As already explained in the previous chapter, only the Start of Mission tests at ETCS Level 2 were considered, which is why the 077 Start of a trip in Level 2 category from the BTSF specification was used. This resulted in nine final test scenarios that were selected for execution at the ETCS simulation laboratory. They are listed in tab. 1 below. The “Command” test sequence was generally defined for the execution of a command and can be integrated into the other test sequences if necessary. This is intended to avoid any redundant definitions of identical test sequences.

A virtual route, the characteristics of which enable all nine test sequences to be carried out, was created at the ETCS simulation laboratory on this basis. Particular attention had to be paid to ensuring that there were starting options for trains both inside and outside the trusted areas. The balise configuration was based on guideline 819.1344 [5], whereby only those data points that were relevant for the execution of the respective test sequences were configured (fig. 3).

The next step was to create scenarios for the virtual route at the ETCS simulation laboratory, with which the nine developed test sequences could be simulated. This involved virtually configuring and positioning the trains on the created route. For exam-

ID	Name der Testsequenz	Beschreibung der Testsequenz	Ergebnis
5	SoM_gültig_trusted_Fahrt_FS	Start-of-Mission bei gültiger vertrauenswürdiger Position in der Betriebsart FS mit Fahrtbegriff des Startsignals	OK
6	SoM_gültig_trusted_Fahrt_OS	Start-of-Mission bei gültiger vertrauenswürdiger Position in der Betriebsart OS mit Fahrtbegriff des Startsignals	nicht OK
7	SoM_gültig_trusted_Halt_<D_SR_Z	Start-of-Mission bei gültiger vertrauenswürdiger Position mit Haltbegriff des Startsignals sowie einer Entfernung von < D_SR_Zuordnung vom Signal	OK
8	SoM_gültig_trusted_Halt_>D_SR_Z	Start-of-Mission bei gültiger vertrauenswürdiger Position mit Haltbegriff des Startsignals sowie einer Entfernung von > D_SR_Zuordnung vom Signal	nicht OK
9	SoM_gültig_nichttrusted_OS	Start-of-Mission bei gültiger Position in einem nicht vertrauenswürdigen Bereich mit Beginn in der Betriebsart OS	nicht OK
10	SoM_gültig_nichttrusted_<D_SR_Z	Start-of-Mission bei gültiger Position in einem nicht vertrauenswürdigen Bereich mit Startsignal auf Halt und einer Distanz zum Startsignal < D_SR_Zuordnung	OK
11	SoM_gültig_nichttrusted_>D_SR_Z	Start-of-Mission bei gültiger Position in einem nicht vertrauenswürdigen Bereich mit Startsignal auf Halt und einer Distanz zum Startsignal > D_SR_Zuordnung	nicht OK
12	SoM_ungültig	Start-of-Mission bei ungültiger Position	OK
13	Befehl	Ablauf eines Befehls im Zusammenhang mit einem Start-of-Mission	OK

Tab. 1: Auflistung der neun Testsequenzen für die Start-of-Mission-Tests nach [1], inkl. der Angabe des Testergebnisses

ID	Name of the test sequence	Description of the test sequence	Result
5	SoM_gültig_trusted_Fahrt_FS	Start of Mission with a valid and trusted position in ETCS Mode FS with a positive start signal	OK
6	SoM_gültig_trusted_Fahrt_OS	Start of Mission with a valid and trusted position in ETCS Mode OS with a positive start signal	not OK
7	SoM_gültig_trusted_Halt_<D_SR_Z	Start of Mission with a valid and trusted position with a negative start signal and a distance of <“D_SR_Zuordnung” from the signal	OK
8	SoM_gültig_trusted_Halt_>D_SR_Z	Start of Mission with a valid and trusted position with a negative start signal and a distance of >“D_SR_Zuordnung” from the signal	not OK
9	SoM_gültig_nichttrusted_OS	Start of Mission with a valid position in an untrusted area in ETCS Mode OS	not OK
10	SoM_gültig_nichttrusted_<D_SR_Z	Start of Mission with a valid position in an untrusted area with a negative start signal and a distance to the start signal of <“D_SR_Zuordnung”	OK
11	SoM_gültig_nichttrusted_>D_SR_Z	Start of Mission with a valid position in an untrusted area with a negative start signal and a distance to the start signal of >“D_SR_Zuordnung”	not OK
12	SoM_ungültig	Start of Mission with an invalid position	OK
13	Befehl	Sequence of a command within the context of a Start of Mission	OK

Tab. 1: The list of the nine test sequences for the Start of Mission tests according to [1], including the test results

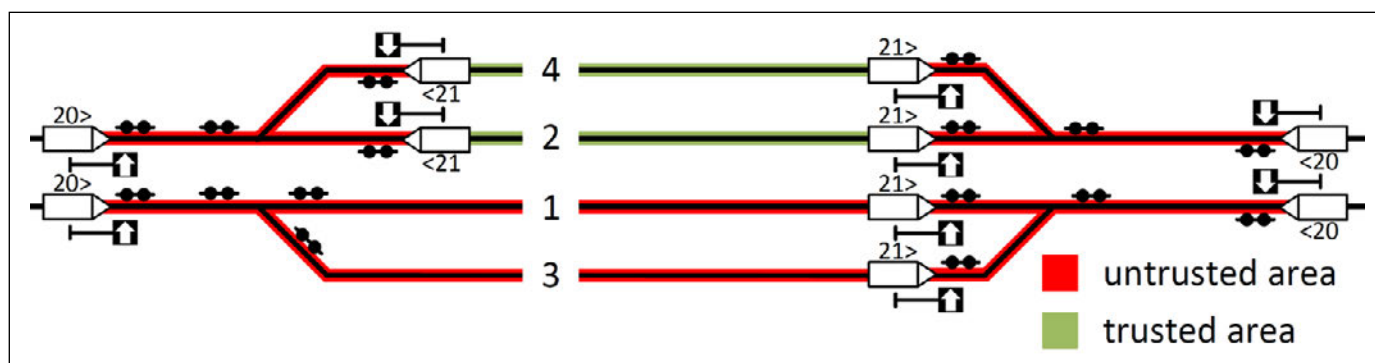


Bild 3: Streckenkonfiguration der Start-of-Mission-Tests [6]

Fig. 3: The track configuration of the Start of Mission tests [6]

nur diejenigen Datenpunkte projiziert worden sind, die für die Durchführung der jeweiligen Testsequenzen relevant sind (Bild 3). Im nächsten Schritt wurden im ETCS-Simulationslabor Szenarien für die virtuelle Strecke erstellt, mit denen die neun erarbeiteten Testsequenzen simuliert werden konnten. Dafür wurden virtuell Züge auf der erstellten Strecke konfiguriert und positioniert. Beispielsweise musste bei diesen Tests darauf geachtet werden, dass die Positionierung der Züge so erfolgte, dass sie die jeweiligen Bedingungen für die Entfernung zum Signal (Variable D_SR_Zuordnung) erfüllten. Bild 4 zeigt die Visualisierung der erstellten Infrastruktur sowie die Startposition der Züge für alle Testsequenzen, bei denen der Abstand zum Startsignal kleiner als D_SR_Zuordnung und somit geringer als 400 m zum Startsignal beträgt. Die vier im Szenario positionierten Züge mit den Zugnummern 1234, 2345, 3456 und 4567 sind durch die gelben Striche markiert, wobei ein gelber Punkt und die Zugnummer den Kopf der Züge symbolisiert.

Darauffolgend wurden alle Szenarien in der virtuellen Umgebung ausgeführt und die Ergebnisse aufgezeichnet. Für die Fahrten wurde der voreingestellte automatische Fahrer genutzt, der die notwendigen Handlungen durchführt, wodurch durch den Bediener der Software lediglich die Fahrstraßen eingestellt werden mussten. Fünf der erstellten neun Testsequenzen bildeten in der Simulation die gewünschten Vorgaben und Reaktionen aus dem BTSF-Lastenheft vollständig ab und konnten daher als erfolgreich abgeschlossen werden.

ple: it was important to ensure that the trains were positioned in such a way during the tests so that they fulfilled the respective conditions for the distance to the signal (the D_SR_Zuordnung variable). Fig. 4 shows a visualisation of the created infrastructure and the starting position of the trains for all the test sequences in which the distance to the start signal is less than D_SR_Zuordnung and therefore less than 400 metres to the start signal. The four trains positioned in the scenario with the train numbers 1234, 2345, 3456 and 4567 are marked with yellow lines, while a yellow dot and the train number symbolises the head of the trains.

All the scenarios were executed in the virtual environment in the next step and the results were recorded. The default automatic driver used for the journeys carried out the necessary actions, meaning that only the routes had to be set by the software operator. Five of the nine created test sequences fully reproduced the desired specifications and reactions from the BTSF specifications in the simulation and could therefore be concluded as having been successful.

In four test sequences, on the other hand, the software was unable to fully map the specifications. For example, in test sequences ID 8 and 11, where the distance to the start signal was more than 400 metres and therefore further away from the start signal than D_SR_Zuordnung, no driving permission was generated in "Full Supervision" (FS) mode up to the start signal, but

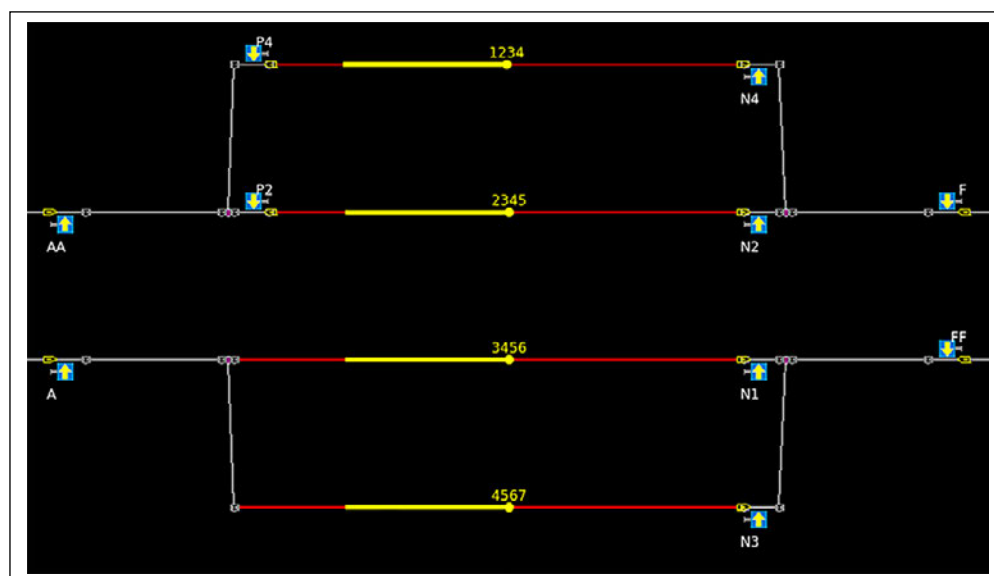


Bild 4: Visualisierung der erstellten Infrastruktur inkl. der Startposition der Züge für eine Auswahl von vier Testszenarien im ETCS-Simulationslabor

Fig. 4: A visualisation of the created infrastructure, including the starting positions of the trains, for a selection of four test scenarios at the ETCS simulation laboratory

Bei vier Testsequenzen dagegen konnte die Software die Vorgaben nicht vollständig abbilden.

So wurde bei den Testsequenzen ID 8 und 11, bei denen die Distanz zum Startsignal mehr als 400 m betrug und somit weiter als D_SR_Zuordnung vom Startsignal entfernt war, keine Fahrerlaubnis in der Betriebsart Full Supervision (FS) bis zum Startsignal erstellt, sondern es wurde die gleiche Reaktion wie bei einer geringeren Distanz zum Startsignal hervorgerufen. Dieses Ergebnis ist darauf zurückzuführen, dass zum Zeitpunkt der Testdurchführung das in Deutschland genutzte Verfahren für diese Fälle noch nicht in der Simulationssoftware integriert war. Das bedeutet aber auch, dass nach Implementierung des deutschen Verfahrens in die ETCS-Laborsoftware diese Testsequenzen erfolgreich im Labor abbildbar sein werden.

Bei den Testsequenzen ID 6 und 9 gab es Abweichungen von den Vorgaben, indem trotz der erteilten Fahrerlaubnis in der Betriebsart On Sight (OS) ab dem Zielsignal direkt eine Fahrerlaubnis in FS ab der Startposition erteilt wurde. Laut BTSF-Lastenheft müsste aber die Starterlaubnis, die ab der Startposition erteilt wird, abhängig von der Fahrerlaubnis sein, die ab dem Zielsignal erteilt wurde. Auch an dieser Stelle ist die ETCS-Simulationssoftware aktuell noch limitiert: Diese Abhängigkeit kann derzeit nur statisch im Vorhinein als Betriebsart FS, OS oder Staff Responsible (SR) festgelegt werden. Um auch diese beiden Testsequenzen entsprechend den Vorgaben umsetzen zu können, muss die ETCS-Laborsoftware um die genannte Einstellungsmöglichkeit erweitert werden.

5 Ergebnis und Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass eine teilweise Verlagerung von Feldtests in ein Simulationslabor grundsätzlich möglich ist. Die Erprobung der ausgewählten ERTMS-Testfälle in der ETCS-Simulationsumgebung verlief zu einem wesentlichen Teil erfolgreich. Ein Teil der Tests konnten nur deshalb noch nicht durchgeführt werden, weil zum Zeitpunkt der Untersuchung einige nationale Besonderheiten noch nicht im ETCS-Labor des DZSF implementiert waren. Durch Erweiterungen der Simulationsumgebung mit solchen nationalen Verfahren sowie der nationalen Zugbeeinflussungssysteme mit deren möglichen Übergängen zu ETCS kann die Anzahl der im Labor durchführbaren Tests weiter erhöht werden.

Alternativ dazu sollte auf europäischer Ebene daran gearbeitet werden, die nationalen Sonderregeln im ETCS weitgehend zu vereinheitlichen. Damit können neben den individuellen Testszenarien für Inbetriebnahme und Zulassung auch die umfassenden Regelwerke und die zur Testdurchführung notwendigen Werkzeuge wie die verwendete Simulationssoftware deutlich vereinfacht werden. Damit kann die Komplexität des ETCS-Systems und seiner Regelwerke reduziert und können die aufzuwendenden Ressourcen optimiert werden. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Ullrich, A.: Validierung ausgewählter ETCS-Testfälle in einer Simulationsumgebung, Technische Universität Dresden, Studienarbeit im Studiengang Verkehrsingenieurwesen, Studienrichtung Bahnsysteme, Dresden, 2024
- [2] DB Netz AG, Hrsg. Betrieblich-technische Systemfunktionen (BTSF) für ETCS SRS Baseline 3. Version 3.1. 2022
- [3] Kahl, R. u. a.: Entwicklung von Testfällen für ERTMS. Bonn: Eisenbahn-Bundesamt, 2019. DOI: 10.48755/dzsf.210021.01
- [4] European Railway Agency. Subset-076-5-2: Test cases related to features. Version 3.2.0. 2017
- [5] DB Netz AG, Hrsg. Richtlinie 819.1344 – Grundsätze zur Erstellung der Ausführungsplanung PT1 für ETCS Level 2. Version 2.1. 2021
- [6] Alexander Ullrich unter Verwendung von signalschablone.maschexx.de

the same reaction as with shorter distances to the start signal was triggered. This result is due to the fact that the procedure used in Germany for these cases had not yet been integrated into the simulation software at the time of the test being carried out. However, this also means that it will be possible to successfully reproduce these test sequences in the laboratory once the German procedure has been implemented in the ETCS laboratory software.

Test sequences ID 6 and 9 contained deviations from the specifications in that, despite the driving authorisation being issued in “On Sight” (OS) mode from the target signal, a FS driving authorisation was issued directly from the start position. According to the BTSF specification, however, the start authorisation issued from the start position should be dependent on the driving authorisation issued from the destination signal. Here too, the ETCS simulation software is currently still limited: this dependency can currently only be defined statically in advance as the FS, OS or “Staff Responsible” (SR) operating modes. The ETCS laboratory software must be expanded to include the mentioned setting option in order to enable it to implement these two test sequences in accordance with the specifications.

5 Results and outlook

A partial transfer of field tests to a simulation laboratory has been shown to be possible in principle. The testing of the selected ERTMS test cases in the ETCS simulation environment was successful for the most part. Some of the tests could not yet be performed only due to the fact that some national specialities had yet to be implemented in the ETCS laboratory at DZSF at the time of the study. The number of tests that can be carried out in the laboratory can be further increased by expanding the simulation environment with such national procedures and the national train control systems with their possible transitions to ETCS.

Alternatively, work should be carried out at European level to standardise the national special rules in ETCS as far as possible. In addition to the individual test scenarios for commissioning and authorisation, the comprehensive regulations and the tools required to carry out the tests, such as the used simulation software, can also be significantly simplified. This will reduce the complexity of the ETCS system and its regulations and optimise the required resources. ■

AUTOREN | AUTHORS

Dipl.-Ing. Alexander Ullrich
 ehem. Student am DZSF / *form. Student at the DZSF*
 E-Mail: aullrich@isb-dd.de

Susanne Hillmann, M.Sc.
 Wissenschaftliche Referentin / *Scientific Officer*
 E-Mail: hillmanns@dzsf.bund.de

Dipl.-Ing. Richard Kretzschmar
 Doktorand / *PhD student*
 E-Mail: kretzschmarr@dzsf.bund.de

Alle Autoren / *all authors:*
 Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) /
 German Center for Rail Traffic Research (DZSF)
 Anschrift / *Address:* August-Bebel-Straße 10, D-01219 Dresden