



Eisenbahn-Bundesamt

EBA Forschungsbericht  
2019-03

# Entwicklung von Testfällen für ERTMS

Unterstützung der Zulassungs- und IBG Verfahren, der Bau- und Eisenbahnaufsicht sowie des Konzeptes der gegenseitigen Anerkennung und der Fortschreibung der TSI ZZS



EBA Forschungsbericht 2019-03  
Projektnummer 2017-I-2-1217

## Entwicklung von Testfällen für ERTMS

Unterstützung der Zulassungs- und IBG Verfahren, der Bau- und Eisenbahnaufsicht sowie des Konzeptes der gegenseitigen Anerkennung und der Fortschreibung der TSI ZZS

von

Dipl.-Ing. Richard Kahl, PD Dr.-Ing. habil. Ulrich Maschek  
Technische Universität Dresden, Professur für Verkehrssicherungstechnik, Dresden

Yadi Han, M.Sc., Dr.-Ing. Michael Kunze  
CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik, Dresden

Im Auftrag des Eisenbahn-Bundesamtes

# Impressum

HERAUSGEBER  
Eisenbahn-Bundesamt

Heinemannstraße 6  
53175 Bonn

[www.eba.bund.de](http://www.eba.bund.de)

DURCHFÜHRUNG DER STUDIE  
Technische Universität Dresden  
Professur für Verkehrssicherungstechnik  
01062 Dresden

CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik Bernhardstraße 77  
01187 Dresden

ABSCHLUSS DER STUDIE  
Januar 2019

REDAKTION  
Thomas Raschke, Referat 22,  
Ariane Boehmer, Referat 52

BILDNACHWEIS  
siehe Abbildungsverzeichnis

PUBLIKATION ALS PDF  
<https://www.dzsf.bund.de/Forschungsergebnisse/Forschungsberichte>

ISSN 2627-9851

[doi: 10.48755/dzsf.210021.01](https://doi.org/10.48755/dzsf.210021.01)

Bonn, März 2019

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzbeschreibung/Abstract.....</b>	<b>7</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>8</b>
1.1 Motivation .....	8
1.2 Zielstellung.....	8
1.2.1 Ziele AP 1.....	9
1.2.2 Ziele des AP2 .....	10
<b>2 Grundlagen .....</b>	<b>11</b>
2.1 Dokumente als Ausgangsbasis zur Testfallerstellung .....	11
2.1.1 ETCS Spezifikationen.....	11
2.1.2 Internationale Normen .....	11
2.1.3 Nationales Regelwerk.....	11
2.1.4 Richtlinien des Infrastrukturbetreibers .....	12
2.1.5 ETCS-Begutachtung.....	12
2.2 Zulassungsverfahren ETCS (NTZ).....	12
2.3 Bestehende ETCS-Testfälle .....	13
2.3.1 Vorhandene Teststrukturen .....	13
2.3.2 ETCS-Tests im Ausland.....	13
2.3.3 Folgerungen für Testfälle in Deutschland .....	15
2.4 Zielstellung zukünftiger Tests .....	16
2.5 Herangehensweise .....	16
2.5.1 Gewählte Methodik.....	16
2.5.2 Testfallerstellung.....	17
2.5.3 Verfahren zur Prüfung der Vollständigkeit .....	17
<b>3 Ergebnisse.....</b>	<b>19</b>
3.1 AP1 Entwicklung ERTMS-Testfälle.....	19
3.1.1 Einordnung TFK in bekannte Testabläufe .....	19
3.1.2 Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle.....	19
3.1.3 Generischer Testfallkatalog .....	23
3.1.4 Betrachtung von Security-Aspekten.....	25
3.1.5 Kriterium für Testende .....	26
3.2 AP2 Eignung und Vollständigkeit der Testfälle.....	26
3.2.1 Prüfung der Eignung.....	26

3.2.2	Prüfung der Vollständigkeit .....	26
3.2.3	Vollständigkeit gegenüber Subset-076 .....	28
<b>4</b>	<b>Anwendungsleitfaden Testfallkatalog.....</b>	<b>29</b>
4.1	Grundsätzliche Anwendungshinweise.....	29
4.2	Erläuterung der Zeichen und Abkürzungen .....	29
4.3	Anwendungsbeispiel.....	29
<b>5</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>31</b>
5.1	Allgemein.....	31
5.2	Security.....	31
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>37</b>
<b>10</b>	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>38</b>
<b>11</b>	<b>Anhänge .....</b>	<b>42</b>
11.1	Prüfung gegen Subset-076.....	42
11.2	Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle.....	55
11.3	Testfallkatalog.....	55

# Kurzbeschreibung/Abstract

Im durchgeführten Forschungsprojekt wurde eine vollständige, generische betriebliche Beschreibung des Systems Eisenbahn (Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle) entwickelt und anschließend auf die Zugbeeinflussungssysteme ETCS Level 2 und ESG übertragen. Anschließend konnte ein Testfallkatalog mit über 2500 Tests erstellt werden, der für den praktischen Einsatz (z. B. für Abnahme- oder Inbetriebnahmetests) geeignet ist. Eine zukünftige Optimierung und Weiterentwicklung des Testfallkataloges ist erforderlich und wird empfohlen.

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Ein wichtiges Element der europäischen Neuorganisation des Eisenbahnsektors ist die Entwicklung und Einführung des europäischen Zugleit-, Zugsicherungs- und Managementsystems ERTMS (European Rail Traffic Management System). ERTMS besteht im Wesentlichen aus den Komponenten ETCS (European Train Control System) und dem digitalen Funksystem GSM-R.

Die langfristige Umstellung der nationalen Leit- und Sicherungssysteme auf ERTMS in Deutschland erfordert in vielen Bereichen eine besondere Analyse. Neben der Sicherstellung der Interoperabilität auf nationaler wie auch auf europäischer Ebene, ergeben sich für den Bund Fragestellungen bzgl. der Aufrechterhaltung und der Weiterentwicklung der Eisenbahnsicherheit (gem. RL 2016/791/EG Artikel 4 Absatz 1a).

Diese Betrachtungen sind auf Grund des Teilharmonisierungsansatzes der technischen Spezifikationen für ETCS (TSI ZZS) von besonderer Bedeutung. Im Rahmen der europäischen technischen Spezifikation sollen nur die Bereiche standardisiert werden, die für die Interoperabilität benötigt werden.

Insofern sind nationale Ergänzungen zur Sicherstellung der sicheren Funktion zwingend notwendig. Diese Ergänzungen umfassen die Aspekte Funktion und Sicherheit im Sinne von Safety sowie Security mit Einfluss auf Safety und müssen definiert, umgesetzt und geprüft werden. Das gilt für diese Anforderungen an sich als auch für ihre Integration in die strukturellen Teilsysteme Fahrzeug und Strecke (sowohl ZZS als auch RST und INF), das funktionale Teilsystem Bahnbetrieb und in das Gesamtsystem.

Neben der Teilharmonisierung der TSI ZZS erhöhen fehlende Produktstandards, die Kombination von unterschiedlichen Herstellern für Strecken- und Fahrzeug-produkte und/sowie parallel verwendete ETCS-Spezifikationsversionen maßgeblich die Komplexität des Systems. Sowohl die Antragssteller als auch Bewertungsstellen und die Aufsichts- und Genehmigungsbehörde stehen damit vor neuen fachlichen Herausforderungen für die Nachweisführung der sicheren Funktion.

Ein essentieller Bestandteil des Nachweises der sicheren Funktion sind Tests. Bisher liegen Testfallkataloge nur für die europäische technische Spezifikation (TSI ZZS, Subset 76) vor. Die notwendigen Ergänzungen liegen nur teilweise vor. Die Transparenz ist u.a. aufgrund von geistigen Eigentumsrechten eingeschränkt.

Zur Unterstützung der Prozesse und Prüfungen zum Inverkehrbringen ERTMS soll ein vollständiger Testfallkatalog mit Erkenntnisstand Ende 2017 entwickelt werden, der die ganzheitliche Prüfung der funktionalen und sicherheitlichen (Safety und Security) Aspekte umfasst.

## 1.2 Zielstellung

Am Beispiel der Inbetriebnahmegenehmigung VDE 8 und der Planungen für den Rail-Freight-Corridor (RFC) 1 (nationaler Streckenteil) soll ein vollständiger Testfallkatalog erstellt werden (Tabelle 1). Dabei sind alle relevanten Spezifikationsänderungen bis Ende 2017 mit einzubeziehen sowie das Verfahren für weitere Ergänzungen und die Einbindung anderweitig durchgeführter Tests zu beschreiben.



TABELLE 1: STRECKEN ALS BASIS FÜR TESTFALLENTWICKLUNG

**Strecken als Basis für Testfallentwicklung**

STRECKE	VERLAUF	AUSRÜSTUNG	STATUS
VDE 8.1	Erfurt – Ebensfeld – Nürnberg	ETCS Level 2	in Betrieb
VDE 8.2	Erfurt – Leipzig/Halle	ETCS Level 2	in Betrieb
RFC 1	Nationaler Teil: Duisburg – Mannheim – Basel	ETCS Level 1 LS	in Planung/Ausrüstung

Die Analyse und Bewertung der gestellten Fragen sowie deren Beantwortung soll in mehreren Arbeitspaketen erfolgen:

AP 1: Entwicklung der ERTMS-Testfälle (Testfallkatalog)

AP 2: Demonstration: Eignung und Vollständigkeit der Testfälle

Zu Beginn der Bearbeitung wurde durch den Auftraggeber (AG) eine Feindetaillierung der Projektziele vorgenommen. Daraufhin wurde die im Leistungskonzept beschriebene Herangehensweise überdacht und angepasst. Inhalte und Vorgehensweisen zum Erreichen der Projektziele wurden in regelmäßigen Gesprächen zwischen Auftragnehmer (AN) und AG abgestimmt. Die Ziele der einzelnen Arbeitspakete werden nachfolgend beschrieben.

### 1.2.1 Ziele AP 1

Das übergeordnete Ziel des AP 1 ist die Erstellung eines handhabbaren Testfallkatalogs für ERTMS-Systeme in Deutschland. Dabei sollen das gesamte System (ETCS Level 2 und ETCS Level 1 LS) und die betrieblichen Abläufe abgedeckt werden. Zudem wurden in weiteren Abstimmungsgesprächen zwischen dem AG und dem AN detaillierte Anforderungen an den Testfallkatalog definiert. Diese sind im Einzelnen:

- Erstellung TFK ohne strukturierte Prüfung der Lastenhefte [BTSF 2], [BTSF 3], [LH ESG],
- Betrachtung der Systemfunktionalität (keine einzelnen Komponenten – hierfür existieren Herstellertests),
- Handhabbarkeit des Testfallkatalogs für den praktischen Einsatz durch Orientierung an betrieblichen Abläufen,
- Logische Gliederung des Testfallkatalogs und Implementierung von Suchfunktionen (Filter),
- Kategorisierung der Testfälle nach TSI ZZS,
- Kennzeichnung und Einarbeitung von bereits bekannten Testsituationen (z. B. Netzzugangstests [NZZ VDE8.2]; [SIEM 2015]),
- Kennzeichnung von Testfällen mit Auswirkungen auf die Sicherheit (im Sinne von Security mit Auswirkungen auf die Safety) ohne vollständige Sicherheitsanalyse.

Die daraus entstandenen Ergebnisse und die methodische Erarbeitung werden in den anschließenden Abschnitten dieses Berichts ausführlich dargelegt. Die entwickelten Tests sind in strukturierter und filterbarer Form (z. B. als Tabelle im Excel-Format) an den AG zu übergeben.

## 1.2.2 Ziele des AP2

Das übergeordnete Ziel des AP 2 ist der Nachweis der Vollständigkeit der entwickelten Testfälle am Beispiel der Inbetriebnahme der VDE 8.1. Hierfür ist durch den AN ein geeignetes Verfahren zu entwickeln und vorzuschlagen. Dabei ist ein Abgleich mit bereits vorhandenen Netzzugangstest der Deutschen Bahn (DB) vorzunehmen um unnötige Redundanzen bei der Testdurchführung zu vermeiden. Weiterhin ist ein Abgleich mit bekannten Testfallkatalogen aus anderen europäischen Ländern (z. B. Österreich und Schweiz) durchzuführen. Zudem wurde in weiteren Abstimmungsgesprächen zwischen dem AG und dem AN definiert, dass zusätzlich ein Abgleich mit dem Subset-076 erfolgen soll.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Dokumente als Ausgangsbasis zur Testfallerstellung

Zur Erstellung der Testfälle muss das ETCS-Systemverhalten sowie die betriebliche Abbildung von Funktionen bekannt sein. Geltende Vorschriften und Regelwerke zur Inbetriebnahme von Systemen sowie zur Projektierung wurden ebenfalls berücksichtigt. Es war daher notwendig, das vorhandene ETCS-spezifische Wissen aus Spezifikation, Lastenheften, Gutachten und Regelwerken gesamthaft für die Erstellung von Testfällen zu bündeln. Für das Forschungsvorhaben wurden die gesamthaft im Quellenverzeichnis aufgelisteten Dokumente zugrunde gelegt.

#### 2.1.1 ETCS Spezifikationen

In erster Linie sind die europäischen ETCS Systemanforderungsspezifikationen der Europäischen Eisenbahngesellschaft (European Union Agency for Railways) für Baseline 2 [SRS BL2] und Baseline 3 [SRS BL3] zu nennen. Im Rahmen der Spezifikationsentwicklung müssen auch Change Requests berücksichtigt werden, die in [BEGO 2016] näher analysiert wurden.

Für viele Teilbereiche sind zudem detaillierte Anforderungs- oder Testspezifikationen vorhanden, z. B.:

- ETCS DMI - [GEMI 2014]
- Eurobalise [SUB 085]; [SUB 102]
- Euroloop [SUB 103]
- Fahrzeugeinrichtung  
[SUB 076-5-2]; [SUB 076-6-3]; [SUB 076-7]; [SUB 092]; [SUB 094]

#### 2.1.2 Internationale Normen

Für die Entwicklung von sicherungstechnischen Systemen sind die Europäischen CENELEC-Normen [EN 50126] (Sicherheitslebenszyklus) sowie [EN 50129] (Sicherheitsrelevante elektronische Systeme für Eisenbahnsicherungstechnik) zwingend zu berücksichtigen. Das gilt ebenso für die Entwicklung von Systemen und Komponenten für ETCS.

#### 2.1.3 Nationales Regelwerk

Zusätzlich zu den Vorgaben der europäischen Spezifikationen sind nationale Vorgaben des Gesetzgebers vorhanden, z. B. [EBO 2016] oder für den Bereich der Fahrzeugzulassung [BMVBS 2011].

Aus zulassungstechnischer Sicht sind die Verwaltungsvorschrift BAU STE [VV BAU-STE] und die Verwaltungsvorschrift Neue Typzulassung [VV NTZ] zum Zeitpunkt der Bearbeitung zu beachten.

Für den Betrieb mit ETCS auf Strecken der DB Netz sind die entsprechenden betrieblich-technischen Systemfunktionen in Lastenheften fixiert. Für Baseline 2 existiert dazu [BTSF 2]; Baseline 3 ist in [BTSF 3] und die generellen Abläufe in [DB 2016] beschrieben. Allgemeine Anforderungen und Rahmenbedingungen sind in [TLH 1], [TLH 4], [TLH 5] sowie betriebliche Anforderungen beispielsweise in [FLÜG 2009] hinterlegt. Die „Nationalen Technischen Regeln“ (NTR) beschreibt [NTR 2017].

Die Anforderungen an Level 1 LS oder „ETCS signalgeführt“ sind in einem eigenen Lastenheft [LH ESG] definiert.

## 2.1.4 Richtlinien des Infrastrukturbetreibers

Für die Erstellung von Testfällen aus betrieblicher Sicht ist das betriebliche Regelwerk auszuwerten. Dazu gehört in jedem Fall die Fahrdienstvorschrift [DB 408] sowie aus Sicht des Triebfahrzeugführers die Richtlinie „Zugbeeinflussungsanlagen bedienen“ [DB 483]. Zusätzliche Informationen für die Bedienung des RBC finden sich in [SATT 2015]. Des Weiteren ist das Planungsregelwerk für die ETCS-Infrastrukturausrüstung in Level 1 LS (Richtlinie [819.1348]) und Level 2 (Richtlinie [819.1344]) zu berücksichtigen.

## 2.1.5 ETCS-Begutachtung

Aus dem Begutachtungsprozess gemäß NTZ liegen verschiedene Dokumente vor, welche den Fokus insbesondere auf betrieblich-technische Integration legen und somit eine gute Grundlage für die Testfallidentifikation bilden. Die dazu ausgewerteten Dokumente sind [TRI 2013], [TRI 2015a], [TRI 2015b] und [TRI 2016].

## 2.2 Zulassungsverfahren ETCS (NTZ)

Mit ETCS, genauer gesagt ETCS Level 2 ohne Signale, kam in Deutschland eine neue Vorschrift für die Zulassung von Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik zur Anwendung: Das Eisenbahn-Bundesamt hat die „Neue Typzulassung von Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnischen Anlagen“ (NTZ) am 1. Januar 2013 als Übergangsregelung (ÜGR) Stufe 1 zur Anwendung bei Sicherungsanlagen im VDE-Projekt eingeführt. Aktuell gilt die Verwaltungsvorschrift in der Version ÜGR Stufe 2 (VV NTZ ÜGR Stufe 2) vom 01.07.2016. Erstmals eingesetzt wurde die NTZ im Verkehrsprojekt VDE 8.2, also auf der NBS Erfurt – Leipzig/Halle.

Die NTZ ist die Nachfolgevorschrift der Verwaltungsvorschrift für die Bauaufsicht über Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnische Anlagen (VV BAU-STE). Sie soll der zunehmenden Komplexität der Bahnsicherungstechnik Rechnung tragen, Zulassungen beschleunigen und das EBA in seiner Funktion als nationale Aufsichtsbehörde entlasten. Mit der NTZ zieht sich das EBA auf die prozessuale Überwachung der Zulassungsvorgänge zurück und überträgt Zuständigkeiten und Aufgaben der Typzulassung auf die Betreiber und die Bahnindustrie. Die Verantwortung liegt beim Freigabeverantwortlichen, der auf der Basis von Gutachten zu entscheiden hat.

Bei der NTZ geht es um sicherheitliches Ermessen, d. h. um die Beurteilung, ob die Sicherheit gewährleistet ist, wenn anerkannte Regeln der Technik für den zu bewertenden Fall nicht zur Verfügung stehen oder nicht angewendet werden können und davon abgewichen werden soll. In diesen Fällen sind nach NTZ-Prozess ein Projektteam zu bilden, ein Systemgutachter zu beauftragen, der die Systemintegration und das sicherheitliche Ermessen bewertet, ein Prüfplan zu erstellen und das EBA mittels einer Anzeige zum sicherheitlichen Ermessen zu informieren.

Sowohl dem Systemgutachter als auch dem Zulassungsverantwortlichen kommen demnach Schlüsselpositionen im NTZ-Prozess zu. Dieser zeichnet sich durch eine stärkere Verantwortung des Betreibers aus, der in allen Phasen beteiligt ist, um letztlich auf Basis der vorliegenden Gutachten und Systemgutachten die Prüferklärung in seiner Funktion als Freigabeverantwortlicher gegenzeichnen zu können.

## 2.3 Bestehende ETCS-Testfälle

### 2.3.1 Vorhandene Teststrukturen

Abhängig von der Intention und dem Ziel der Tests, werden unterschiedlichste Tests von verschiedenen Akteuren durchgeführt und müssen am Ende im Zusammenhang betrachtet werden ([DLR 2017]).

Um den zu erstellenden Testfallkatalog vollständig zu gestalten, zudem aber keine unnötigen Dopplungen zu erzeugen, wurden bereits vorhandene ETCS-Testfälle integriert und an die entsprechende Struktur angepasst.

Üblicherweise werden vom Komponentenhersteller (fahrzeugseitig oder streckenseitig) zunächst Funktions- und Labortests durchgeführt. Ein Beispiel dafür sind das in [BCHL 2016] beschriebene modellbasierte Testen einer OBU sowie erstmalige Funktionstests zur Erprobung von ETCS ([SIEM 2003]).

Für Komponenten nach TSI sind Interoperabilitätstests (EG-Prüfung) erforderlich. Ein herausragendes Beispiel für eine Interoperabilitätskomponente ist die Eurobalise. Nach erfolgter Installation werden in der Regel Feldtests durchgeführt, beispielsweise eine Datenprüfung, wie in [EGGE 2017] beschrieben.

Für die Integration der Komponenten ist der Systemintegrator verantwortlich. Er entwickelt Testkonzepte zur Prüfung der erfolgreichen technischen Integration der Komponenten. Spezielle Schnittstellen, z. B. zwischen RBC und Stellwerk, werden separat getestet (siehe [SCHU 2016] und [CHKS 2016]).

Im Beisein des Betreibers finden im Anschluss betrieblich-technische Integrationstests statt, die vor allem die gesamthaften betrieblichen Anforderungen des Betreibers abdecken. Beispielhaft dafür sind die bestehenden Netzzugangstests für ETCS Level 2 auf der VDE 8.2 ([NZZT VDE8.2]□; [SIEM 2015]) zu nennen. Im Rahmen von Erprobung und Inbetriebnahme müssen dabei Tests an Streckenausrüstung und Fahrzeugen erfolgreich durchgeführt werden. Für die VDE 8.2 finden sich in [KOST 2017] nähere Angaben zu dem dabei verwendeten Verfahren.

Aus Sicht der Aufsichtsbehörde soll ein übergeordneter Testfallkatalog nicht die bereits in Komponenten- und Integrationstests nachgewiesenen Funktionen prüfen, sondern ein korrektes und sicheres Verhalten von sowohl Fahrzeugen als auch Streckeneinrichtung in den verschiedensten betrieblichen Situationen im Gesamtzusammenhang geprüft werden. Am ehesten werden solche Testfälle aktuell durch die Netzzugangstests abgebildet. Daher werden die entsprechenden Testfälle an den passenden Stellen in der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle eingeordnet und gekennzeichnet. Im generischen Testfallkatalog sind diese in einzelne Testschritte unterteilt worden, um eine eindeutige Integration in das Format des TFK zu ermöglichen. Eine Kennzeichnung der Netzzugangstest erfolgt durch die Spalte „Bemerkungen“ und enthält die Information: „VDE 8.2 Testfall [Testfall-ID]“.

### 2.3.2 ETCS-Tests im Ausland

Aus dem Ausland ist das Testverfahren für ETCS in der Schweiz veröffentlicht und wurde daher näher analysiert. Für Österreich konnten keine öffentlich zugänglichen Daten zu ETCS-Tests ermittelt werden.

Für alle Fragen, die die Zulassung von ETCS in der Schweiz behandeln, wurde ein Sicherheitsnachweiskonzept ([SiNaKo 2014]) erstellt. Es beschreibt den Zusammenhang zwischen den Einzelsicherheitsnachweisen und dem Gesamtsicherheitsnachweis und besteht im Einzelnen aus den aufgeführten Bestandteilen:

- SiNa OBU-EVC,
- SiNa RBC,
- SiNa L1LS,
- SiNa Fzg – Infrastruktur,
- SiNa Sicherungsanlagen,
- SiNa Integration OBU in Fzg,
- SiNa Fzg - technisch-betrieblich und
- Gesamtsicherheitsnachweis.

Voraussetzung für den Erhalt einer ETCS-Zulassung (Fahrzeug oder Infrastrukturanlage) in der Schweiz ist die Erbringung der erforderlichen Nachweise, Tests und Sicherheitsnachweise ([SBB 2017]).

Ergänzend zum Sicherheitsnachweiskonzept [SiNaKo 2014] existiert ein Master-Testkonzept [MTK 2016], welches die durchzuführenden Tests für ein erwiesenes, sicheres, funktionsfähiges, interoperables und integriertes ETCS-Gesamtsystem in der Schweiz definiert. Es enthält keine spezifischen Tests für die generischen Produkte und generischen Anwendungen der Lieferanten, da diese Bestandteil der europäischen Vorgaben sind. Ebenso werden keine Anwendungen an Übergängen zwischen unterschiedlichen nationalen Zugbeeinflussungssystemen oder zwischen ETCS und nationalen Zugbeeinflussungssystemen betrachtet. Ferner bleiben ETCS-Datenkanaltests als Teil einer OBU-Typzulassung unberücksichtigt. ([MTK 2016], S. 9–10)

Das Testkonzept teilt die durchzuführenden Tests in durch die Infrastrukturunternehmung/den Fahrzeughalter zu verantwortende Tests ([MTK 2016], S. 10–11):

- Gesamtsystemtests,
- betriebliche Fahrzeugtests,
- betriebliche IOP-Tests,
- betriebliche Tests zu Sicherungsanlagen

und durch die Hersteller zu verantwortenden Tests:

- RBC-Tests,
- OBU-Tests,
- Fahrzeugintegrationstests,
- Werkprüfung,
- IOP-Tests RBC-OBU-Strecke.

Interoperabilitätstests (z. B. der OBU) sollen im Labor des infrastrukturseitigen ETCS-Ausrüsters erfolgen, um den Aufwand zu minimieren. ([VIOP 2016])

Für den herstellerunabhängigen Nachweis der Betriebstauglichkeit und der Interoperabilität zwischen Fahrzeugen und Strecke wurden für die Schweiz „Betriebliche Interoperabilitätstests – IOP-Tests“ (früher: Netzzugangstests) definiert. ([IOP 2014], S. 6; [VIOP 2016])

Die Notwendigkeit solcher Tests ergibt sich aus dem folgenden Sachverhalt:

*„Die Erfahrungen mit der Einführung von ETCS in der Schweiz haben gezeigt, dass sich auf Basis der in der TSI ZZS (CCS) vorgegebenen Testspezifikationen (z.B. UNISIG SUBSET-076) keine abschließenden Nachweise zum vollständigen und korrekten Funktionieren von ETCS erbringen lassen. Für eine Betriebsbewilligung/Typenzulassung von infrastrukturseitigen und fahrzeugseitigen ETCS-Anwendungen ist in der Schweiz daher eine Konformitätserklärung (mit der EG-Konformitätsbescheinigung als Basis, bezogen auf die ETCS-Komponenten OBU und RBC) alleine nicht ausreichend.“* ([VIOP 2016])

Die IOP-Tests erfüllen die Funktion einer Systemintegrationsprüfung und werden aufgrund der unterschiedlichen Interpretation von TSI-Vorgaben seitens der ETCS-Lieferanten als notwendig erachtet. ([VIOP 2016])

Die Tests werden in den Dokumenten explizit nicht als Tests des Gesamtsystems, sondern als Integrationstests zwischen Fahrzeugen, Strecke und Regelwerk beschrieben. Es wird ein Hinweis ergänzt, wonach keine Gewährleistung auf inhaltliche Richtigkeit und Vollständigkeit übernommen wird. ([IOP 2014], S. 8)

Die Durchführung von Tests richtet sich nach der Klassifizierung der Fahrzeuge in definierte Kategorien ([IOP 2014], S. 9) und folgt dem Grundsatz „Papier vor Labor vor Strecke“ ([IOP 2014], S. 7). Die Tests wurden nach ([IOP 2014], S. 5) eingeteilt in:

- Generische Tests für ETCS Schweiz,
- Tests für Strecken des „Konventionellen Geschwindigkeitsbereiches“ (KGB),
- Tests für Strecken des „Erweiterten Geschwindigkeitsbereiches“ (EGB),
- Tests für Strecken mit langen Tunneln (u. a. Reversing),
- Tests für die Strecke Mattstetten – Rothrist/Ausbaustrecke Solothurn – Wanzwil und
- Tests für Strecken mit ETCS Level 1 Limited Supervision (LS).

Die einzelnen Testlisten für Level 2 und Level 1 LS sind in [IOP 2014] definiert und wurden bei Erstellung des TFK berücksichtigt.

### 2.3.3 Folgerungen für Testfälle in Deutschland

Es wird empfohlen, die in der Schweiz praktizierte Ausrichtung auf gesamthafte Integrationstests aus Sicht der betrieblich-technischen Interoperabilität auch für Deutschland zu berücksichtigen. Dabei kann auf die in den einzelnen Komponenten- und Systemtests nachgewiesenen Anforderungen verwiesen werden. Diese sollen nicht wiederholt, jedoch in betrieblich relevanten Situationen abgerufen werden. Dies ist von besonderer Bedeutung, da Prüfungen der Aufsichtsbehörde meist gegen Ende der Implementierung vorgenommen werden.

Das Ziel sollte die Erstellung eines projektbegleitend einsetzbaren Testfallkatalogs sein. Dieser ermöglicht es der Aufsichtsbehörde parallel zur Entwicklung und Implementierung neuer ETCS Projekte einen Abgleich mit dem Erwartungsbild vorzunehmen.

Wie die Erfahrung aus der Schweiz zeigt, ist die Auswertung bzw. Gegenüberstellung des entwickelten Testfallkatalogs in Bezug auf die im Subset-076 definierten Tests nur bedingt für einen Einsatz in der nationalen Anwendung (VDE) sowie für den Nachweis der Vollständigkeit geeignet. Im Abschnitt 3.2.3 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist dies detailliert für das vorliegende Forschungsprojekt beschrieben.

## 2.4 Zielstellung zukünftiger Tests

Die bereits bekannten und angewendeten Tests mit Bezug auf die ETCS-Implementierung wurden in den vorangestellten Kapiteln beschrieben und deren Anwendungsmöglichkeiten sowie Zielstellungen erläutert. Da hierbei nicht alle vom AG genannten Projektziele abgedeckt werden können (vgl. 1.2 Zielstellung) wurde ein weiterer Testfallkatalog für zukünftige Tests entwickelt.

Dabei ist es wichtig, dass mögliche Inkompatibilitäten zwischen den einzelnen Systemkomponenten möglichst frühzeitig aufgedeckt und somit technisch aufwendige, zeitintensive und kostensteigernde Anpassungen möglichst in frühen Projektphasen behoben werden können. Um dies zu realisieren, ist ein TFK zu erarbeiten, der über alle Phasen der Projektentwicklung genutzt werden kann. Hierfür ist eine Kategorisierung inklusive entsprechender Filterfunktionen unerlässlich. Somit lassen sich erste Tests bereits im Entwurf bzw. später im Labor durchführen. Abschließend können die beschriebenen Tests in Erprobungsfahrten als Feldtest durchgeführt werden.

## 2.5 Herangehensweise

### 2.5.1 Gewählte Methodik

Für die Erstellung der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle (ÜFB) wurde zuerst die mögliche Bewegung eines Schienenfahrzeugs analysiert und in entsprechende Kategorien (Phasen) eingeteilt. Hierbei wurden typische Bewegungssituationen von Zugfahrten betrachtet. Somit kann vermieden werden, dass grundlegende betriebliche Situationen nicht berücksichtigt werden. In Anlehnung an generische Beschreibungen von Betriebsprozessen (siehe [HÖPP 2015]) wurden dabei fünf Phasen entwickelt:

- Vorbereiten einer Fahrt,
- Beginn einer Fahrt,
- Fahrt im Zugfolgeabschnitt,
- Ende einer Fahrt sowie
- Nachbereitung einer Fahrt.

Anschließend wurden diese schrittweise feiner untergliedert (Top-down-Methode) und die verschiedenen Varianten der Umsetzung innerhalb einer Phase ermittelt und somit von allgemeinen Betriebsituationen auf speziellere geschlossen. Einzelne fahrdienstliche Betriebsfälle wurden dafür mehrfach untergliedert, bis alle Varianten dieser Betriebssituation dokumentiert waren. Eine weitere Zerlegung ist an dieser Stelle nicht mehr zweckmäßig. Daraus ergaben sich einzelne Betriebsfallgruppen mit mehreren verschiedenen Betriebsfalluntergruppen und Betriebsfällen. Die Betrachtung bezog sich dabei immer auf die am weitesten fortgeschrittene Spezifikation (Baseline 3) die auch als Bezug vom AG festgelegt wurde.



Ausgehend von der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle wurden die entsprechenden Tests entwickelt und in übersichtlicher Weise dargestellt. Die genaue Herangehensweise wird in den folgenden Abschnitten beschrieben.

## 2.5.2 Testfallerstellung

Zum Projektbeginn wurde eine von den Lastenheften losgelöste Testfalldefinition beschlossen. Die ursprünglich angedachte Methodik zur Testfallentwicklung musste daraufhin überarbeitet werden. Nicht alle Werkzeuge und Methoden eignen sich für die Erstellung von Testfällen; vielmehr muss, wie [BEJG 2013] beschreibt, eine treffende Auswahl aus einer Vielzahl möglicher Werkzeuge und Verfahren getroffen werden. Eine modellbasierte und auf Grundlage der strukturierten Analyse von Lastenheften und Aktivitätendiagrammen abgestützte Testfallerstellung (wie z. B. in [KNOL 2007] beschrieben) wurde nach gemeinsamer Abstimmung verworfen. Stattdessen wurde nun ein technisch-betrieblicher Ansatz durch die Verwendung von „fahrdienstlichen Betriebsfällen“ gewählt.

Dazu wurde zuerst eine Übersicht der im ETCS-Betrieb potenziell auftretenden fahrdienstlichen Betriebsfälle erstellt. Diese wurde in regelmäßigen Beratungen mit Experten im Fachgebiet der Bahnsicherheitstechnik verifiziert und weiterentwickelt und mit dem AG diskutiert. Zunächst mussten fahrdienstliche Betriebsfälle erarbeitet werden, die im nächsten Schritt verfeinert und anschließend zweckmäßig zu Betriebsfallgruppen zusammengefasst wurden.

Ausgehend davon wurden die Testfallgruppen und Testfalluntergruppen definiert, die dann in einem generischen Testfallkatalog detailliert ausgeführt wurden. Die Wahl fiel auf eine tabellarische Aufbereitung der einzelnen Testschritte nach Vorbild der Testfälle der European Union Agency for Railways (vgl. [SUB 076-6-3]).

Dabei wurde stets auf eine Strukturierung der Testfälle anhand des betrieblichen Ablaufes geachtet um anschließend eine Zuordnung der betrieblichen Testsituation zu garantieren. Bekannte Testfälle aus bereits im Einsatz befindlichen Testfallkatalogen wurden in den TFK aufgenommen und in den entsprechenden Spalten gekennzeichnet.

Während der gesamten Bearbeitung wurden regelmäßige Expertenrunden und Abstimmungen mit dem AG durchgeführt, um eine gesamthafte und konsensfähige Gliederung der fahrdienstlichen Betriebsfälle zu erstellen und eine optimale Anwendbarkeit des TFK zu gewährleisten. Dazu gehörte auch die Erstellung einer Übersicht der fahrdienstlichen Betriebsfälle.

## 2.5.3 Verfahren zur Prüfung der Vollständigkeit

Der ursprüngliche Ansatz sah das Prüfen der Vollständigkeit der Testfälle über ein graphenbasiertes Verfahren und der Kombinatorik der Pfade aus den Aktivitätendiagrammen vor. Nach Auswertung der Unterlagen stellte sich eine abstrakte Modellierung dieser Pfade als nicht anwendbar heraus. Hintergrund dafür ist, dass die Aktivitätendiagramme bekanntermaßen nicht vollständig sind und aktuelle Änderungen (Change Requests) nicht enthalten sind. Auch in anderen Bereichen ist bekannt, dass ein korrektes Management von erstellten Testfällen entscheidend für die konkrete Testabdeckung ist (vgl. [VIVI 2013]).

Vor diesem Hintergrund wurde der ursprüngliche Ansatz verworfen und nach Diskussion mit dem AG übereinstimmend die Methodik der Expertenrunden gewählt. Diese sind ein anerkanntes Verfahren und werden beispielsweise für neuartige Systementwicklungen nach [EN 50126] und [EN 50129] verwendet. Eine Vollständigkeit der Betriebs- und Testfälle kann somit nach einhelligem Expertenurteil zum jeweiligen Zeitpunkt attestiert werden, wenn die Fachleute keine weiteren notwendigen Ergänzungen zu den

definierten Testfällen fordern. Dieses Verfahren ist u. a. in [NOEL 2009] beschrieben und wird in vielen Wissenschaftszweigen angewendet. Zusätzlich erfolge ein Abgleich mit der Expertise des ETCS-Systemgutachters (siehe [TRI 2013], [TRI 2015a], [TRI 2015b], [TRI 2016]) und des AG.

Zusätzlich wurde der entstandene TFK gegen die im Subset-076 definierten Testfälle geprüft, um die vollständige Abdeckung der Inhalte nachzuweisen. Hierbei wurden den definierten Testgruppen aus Subset-076 entsprechende Testfälle des TFK zugeordnet, die den gleichen Inhalt bzw. die gleiche Funktion überprüfen.

Die bekannten Tests aus den Umsetzungen anderer europäischer Länder (vgl. 2.3.2 ETCS-Tests im Ausland) wurden dabei ebenfalls berücksichtigt und, falls betrieblich geeignet, integriert.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 AP1 Entwicklung ERTMS-Testfälle

#### 3.1.1 Einordnung TFK in bekannte Testabläufe

Ausgehend von einer gesamtheitlichen Betrachtung des nationalen Eisenbahnverkehrs wurde eine Übersicht der fahrdienstlichen Betriebsfälle erarbeitet. Aus dieser strukturierten Darstellung des Systems Eisenbahn wurde anschließend ein generischer Testfallkatalog mit vielseitigen Filterfunktionen erstellt. Ziel war es dabei, keine einzelnen Komponenten oder Baugruppen des Zugbeeinflussungssystems ETCS zu testen, sondern eine Prüfung des Systemverhaltens zu ermöglichen. Hierzu wurden charakteristische betrieblichen Situationen betrachtet.

Dem vorausgegangen war bereits ein vereinfachter Testfallkatalog und eine Liste von Testszenarien, welche vom AN kurzfristig für die Inbetriebnahme der VDE 8.1 dem AG zugearbeitet wurde. Diese konnte allerdings nur bedingt für die weitere Entwicklung des generischen Testfallkatalogs genutzt werden, da hierfür ein höherer Detailierungsgrad angestrebt wurde.

Der entwickelte TFK gliedert sich in verschiedenen Testabläufe, die den entsprechenden Phasen der Produktentwicklung zugeordnet werden können. Bei der Produktentwicklung ist grundsätzlich die übliche Testreihenfolge einzuhalten. Diese ergibt sich im Detail:

1. Produkttest durch Komponentenhersteller,
2. Betriebliche Labortest (einzelne Komponenten und Teilsysteme) und
3. Feldtest.

Ziel ist es, die umfangreichen Tests in Laborumgebungen durchzuführen und Aufwendungen für vermeidbare Feldtests zu verhindern, sowie eventuelle Fehlfunktionen frühzeitig aufzudecken. Um die effektive Nutzung des TFK zu ermöglichen, kann mit Hilfe der Spalte „Testtyp“ eine Filterung vorgenommen werden, die eine eindeutige Zuordnung ermöglicht.

#### 3.1.2 Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle

##### 3.1.2.1 Allgemein

Zur Erstellung eines Testfallkatalogs ohne strukturierte Analyse der vorhandenen Lastenhefte [BTSF 2], [BTSF 3] und [LH ESG] wurde ein betrieblich-funktionaler Ansatz gewählt und dazu eine Übersicht möglicher fahrdienstlicher Betriebsfälle erstellt. Diese sind in der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle (ÜFB) in Anlage B dargestellt. Die ÜFB zeigt die bei Eisenbahnen des Bundes auftretenden Betriebsfälle aus einer betrieblich-generischen Sicht.

##### 3.1.2.2 Gliederung

Es wurde eine zweckmäßige Strukturierung der Betriebsfälle gewählt. Dazu werden diese in insgesamt fünf Ebenen gegliedert, die – soweit möglich – unabhängig von der verwendeten Zugbeeinflussung (Level und Betriebsart) sind.

Dabei werden die betrieblichen Situationen zweckmäßig in Betriebsfallgruppen zusammengefasst und spalten sich in die einzelnen Betriebsfälle, Testfallgruppen und Testfalluntergruppen auf. Innerhalb der Testfalluntergruppen sind die einzelnen Testfälle angeordnet. Die Gliederungstiefe der Testfalluntergruppen ist je nach Thematik unterschiedlich stark, da die Komplexität der betrachteten Situationen stark variiert. Eine Übersicht zur verwendeten Einteilung zeigen sowohl Tabelle 2 als auch Abbildung 1.

TABELLE 2: EBENEN DER ÜBERSICHT FAHRDIENSTLICHER BETRIEBSFÄLLE

**Ebenen der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle**

EBENE	ENTSPRECHUNG
1	Level
2	Betriebsfallgruppe
3	Betriebsfall
4	Testfallgruppe
5	Testfalluntergruppe

In allen Ebenen sind die Testfälle bzw. -gruppen durch eine eindeutige Testfall-ID gekennzeichnet. Somit lassen sich einzelne Testfälle identifizieren und inhaltlich den passenden (Unter-)Gruppen bzw. Betriebsfällen zuordnen. Ebene 1 lässt dabei auf das betrachtete Level schließen, wobei „1“ für ETCS Level 1 LS und die „2“ für ETCS Level 2 steht. Eine vertiefte Beschreibung erfolgt in den nachstehenden Kapiteln, beispielhaft ist eine Übersicht in Abbildung 1 dargestellt.

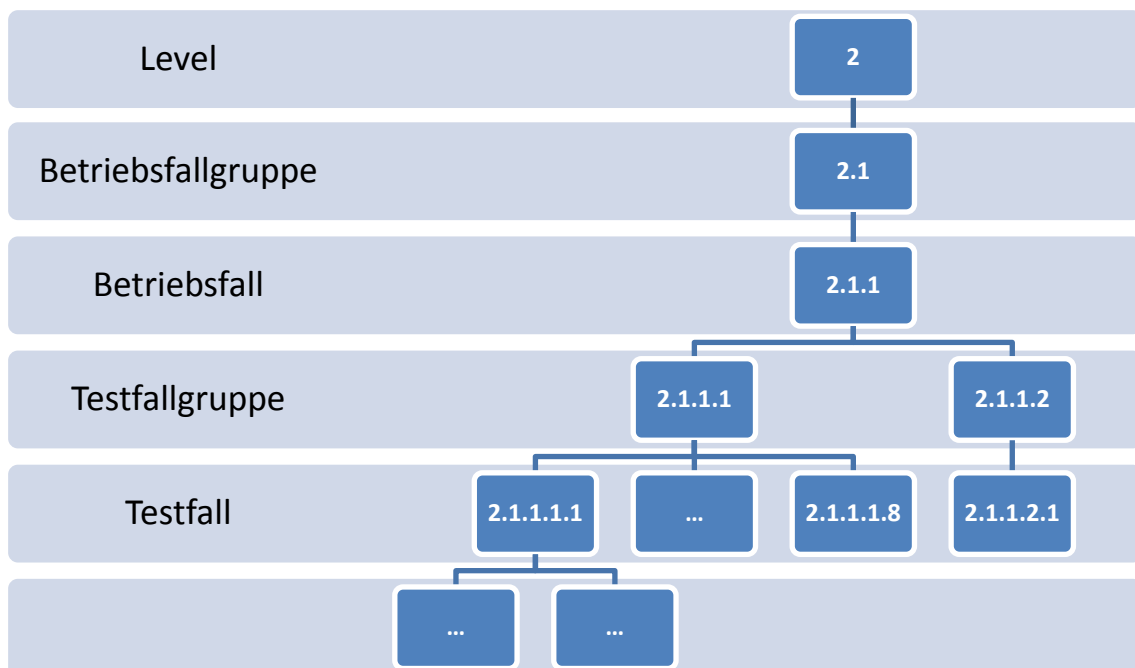


Abbildung 1: Gliederung der fahrdienstlichen Betriebsfälle

### 3.1.2.3 Definierte Betriebsfallgruppen

Auf der zweiten Ebene, also der Ebene der Betriebsfallgruppe, stehen die betrieblichen Abläufe bei der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung der Fahrt eines Schienenfahrzeugs im Fokus. Dazu wurden diese Abläufe in fünf Betriebsfallgruppen unterteilt. Diese sind generisch und treten in unterschiedlichen ETCS-Leveln auf. Die gewählten Betriebsfallgruppen werden in der nachstehenden Tabelle 3 kurz erläutert.

TABELLE 3: BEWEGUNGSPHASEN EINES SCHIENENFAHRZEUGS (EBENE 2)

#### Bewegungsphasen eines Schienenfahrzeugs (Ebene 2)

NR	PHASE	ERLÄUTERUNG
X.1	Vorbereiten einer Fahrt	Betriebsfälle und Handlungen, die vor Beginn einer Fahrt erforderlich sind. Hierzu zählen beispielsweise das Einschalten der ETCS-Fahrzeuggeräte und das betriebliche Bereitstellen der Fahrzeuge (Kuppeln, Flügeln).
X.2	Beginn einer Fahrt	Situationen, in denen sich ein Schienenfahrzeug in Bewegung setzen kann. Die hier enthaltenen Testfallgruppen beginnen somit immer mit einer Ausgangsgeschwindigkeit von 0 km/h. Es werden sowohl zulässige (z. B. Hauptsignal zeigt Fahrtbegriff) als auch unzulässige Fahrten (z. B. Fahrt gegen Haltbegriff ohne Befehl) betrachtet.
X.3	Fahrt im Zugfolgeabschnitt	Während der Bewegung des Fahrzeugs auftretende Situationen. Besonders betrachtet werden hier infrastrukturseitige Besonderheiten (BÜ, gestörte Funkabdeckung u. a.) die auftreten können.
X.4	Ende einer Fahrt	Geplantes Ende der Bewegung. Es berücksichtigt sowohl betriebliche Regel- (z. B. Halt am Hauptsignal) als auch Störfälle (z. B. Nothaltauftrag).
X.5	Nachbereitung einer Fahrt	Betriebsfälle und Handlungen, die nach dem Ende einer Fahrt erforderlich sind. Hierzu zählen u. a. das Abschalten des ETCS-Fahrzeuggerätes und das sichere Abstellen des Fahrzeugs.
X.1	Vorbereiten einer Fahrt	Betriebsfälle und Handlungen, die vor Beginn einer Fahrt erforderlich sind. Hierzu zählen beispielsweise das Einschalten der ETCS-Fahrzeuggeräte und das betriebliche Bereitstellen der Fahrzeuge (Kuppeln, Flügeln).

### 3.1.2.4 Referenzieren von Testfällen

Die verwendete Nummerierung der einzelnen Betriebsfälle bzw. -gruppen gliedert sich strikt nach den genannten Ebenen und findet sich als Testfall-ID im Testfallkatalog wieder (vgl. Beispiel in Abbildung 2). Dadurch wird das einfache Auffinden des entsprechenden Testfalls im TFK ermöglicht. Eine Testfallgruppe (Ebene 5) enthält dabei in der Regel mehrere Testfälle, eine weitere grafische Darstellung ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht zweckmäßig (einen Auszug zeigt Abbildung 3).

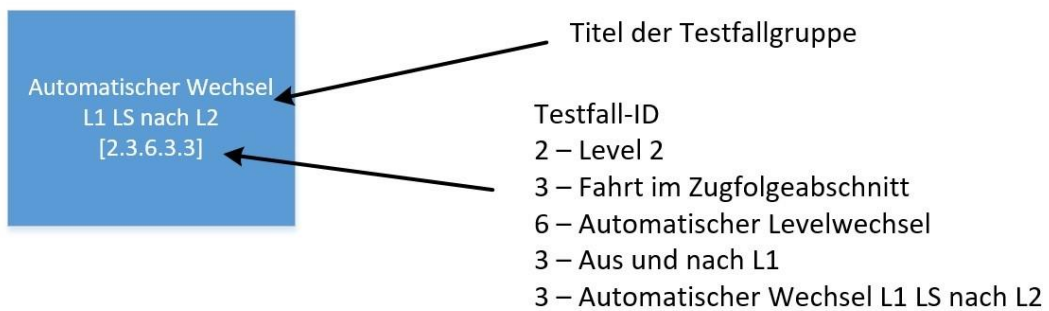


Abbildung 2: Erläuterung der Testfall-ID am Beispiel des automatischen Levelwechsels von L1 LS nach L2

Zudem wurden bereits vorhandene Testfälle (z. B. Netzzugangstest für ETCS-Level 2, [NZT VDE8.2]□; [SIEM 2015]) in der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle an den relevanten Stellen eingeordnet und farblich hervorgehoben.

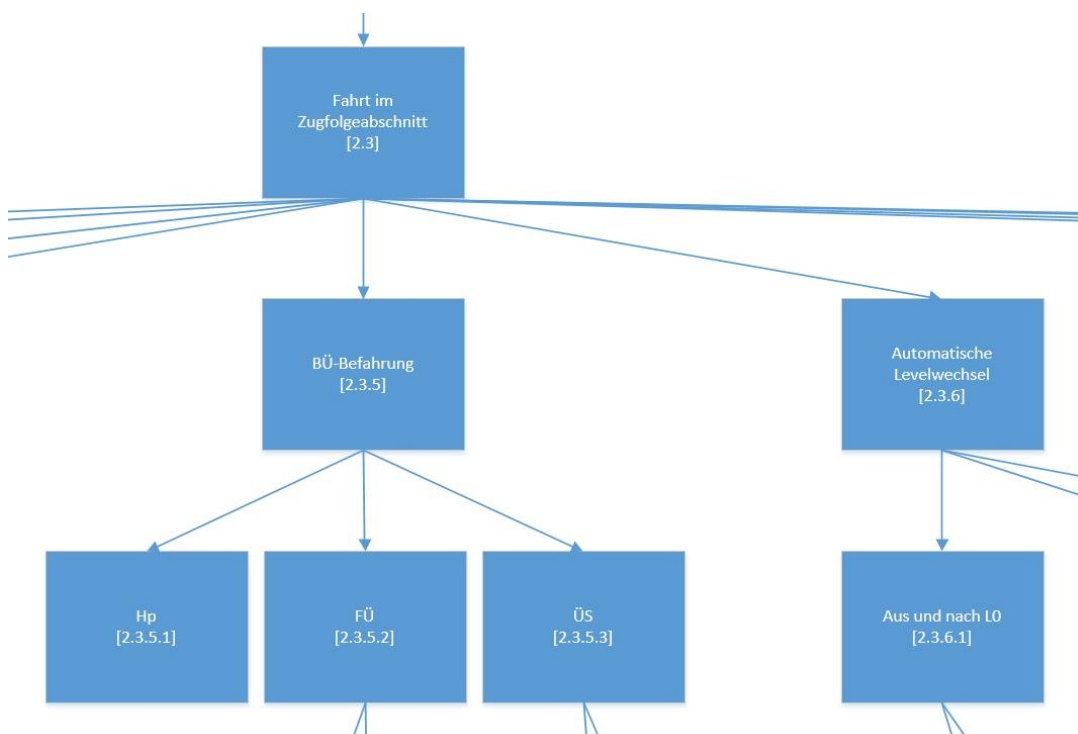


Abbildung 3: Ausschnitt Betriebsfallübersicht Level 2

### 3.1.3 Generischer Testfallkatalog

Ausgehend von der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle wurde im nächsten Schritt der generische Testfallkatalog für ETCS Signalgeführt – ESG (Deutsche Ausprägung von ETCS L1 LS) und ETCS Level 2 erstellt. Dieser wird in 29 filterbare Spalten gegliedert, die sich wie folgt beschreiben lassen (Tabelle 4).

TABELLE 4: ERLÄUTERUNG DER SPALTEN DES GENERISCHEN TESTFALLKATALOGS

#### Erläuterung der Spalten des generischen Testfallkatalogs

NR	BEZEICHNUNG	ERLÄUTERUNG
1	TF-ID	Testfall-ID, Nummer zur Identifikation und zum Referenzieren des Testfalls in der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle.
2	Titel	Titel des Testfalls bzw. der Testfallgruppe.
3	Beschreibung	Weiterführende Erläuterung des Titels zur eindeutigeren Beschreibung, falls erforderlich.
4	Testtyp	Zuordnung des Testfalls zu einem Labor- oder einem Feldtest.
5	Stör-/Regelfall	Einteilung der betrachteten Situation in Stör- oder Regelfall. Dabei bezieht sich die Betrachtung ausschließlich auf das System ETCS, nicht auf bahnbetriebliche Regel- bzw. Störfälle.
6	Level Beginn	Ausgangslevel, in dem sich das Fahrzeug zu Beginn des Testfalls befindet.
7	Betriebsart Beginn	Betriebsart, in der sich das Fahrzeug zu Beginn des Testfalls befindet.
8	v (km/h) Beginn	Maximal zulässige Geschwindigkeit des Fahrzeugs zu Beginn des Testfalls in km/h.
9	Levelwechsel	Levelwechsel während des Testfalls. Weiterhin wird der Levelwechsel genauer spezifiziert, z. B. L1→L2 (Levelwechsel von Level 1 nach Level 2)
10	Verbindung Stw <--> Fzg	Kommunikation zwischen Stellwerk und Fahrzeug (z. B. über RBC oder schaltbare Balisen). Ist dies für den Testfall nicht relevant, enthält die Spalte „n. r.“
11	Verbindung Stw <--> RBC	Kommunikation zwischen Stellwerk und ETCS Zentrale (RBC). Ist dies für den Testfall nicht relevant, enthält die Spalte „n. r.“

12	Verbindung RBC <--> Fzg	Kommunikation zwischen ETCS Zentrale (RBC) und Fahrzeug. Ist dies für den Testfall nicht relevant, enthält die Spalte „n. r.“
13	Verbindung RBC<-->RBC	Kommunikation zwischen benachbarten ETCS Zentren (RBC). Ist dies für den Testfall nicht relevant, enthält die Spalte „n. r.“
14	Level Ende	Level, in dem sich das Fahrzeug am Ende des Testfalls befindet.
15	Betriebsart Ende	Betriebsart, in dem sich das Fahrzeug am Ende des Testfalls befindet.
16	v (km/h) Ende	Maximal zulässige Geschwindigkeit des Fahrzeugs am Ende des Testfalls.
17	Handlungen Tf	Handlungen zur Bedienung von ETCS, die vom Triebfahrzeugführer ausgeführt werden müssen. Die üblichen Handlungen zum Führen des Fahrzeugs bleiben dabei unberücksichtigt.
18	Handlungen Fdl	Handlungen zur Bedienung von ETCS, die vom Fahrdienstleiter ausgeführt werden müssen. Die üblichen Aufgaben eines Fdl bleiben dabei unberücksichtigt.
19	Anzeige DMI	Anzeigen und Meldungen des Führerraumdisplays, sofern diese für den betrachteten Testfall relevant sind.
20	Reaktion zuständiges RBC	Ablaufende Prozesse in der ETCS-Zentrale (RBC) die während des Testfalls mit dem Fahrzeug kommuniziert bzw. die Kommunikation vorbereitet.
21	Reaktion ETCS- Fahrzeug-einrichtung	Ablaufende Prozesse im ETCS-Bordgerät (EVC) die für den Testfall relevant sind.
22	Bremsauslösung Fzg	Auslösung einer automatischen Bremsung durch ETCS. Für diese Betrachtung ist nicht relevant, welche fahrzeugseitigen Bremsen aktiviert werden.
23	Zielort	Ort der als Ziel für die Fahrerlaubnis (MA) gilt.
24	MA	Vorliegen einer Fahrerlaubnis (MA).



25	identisch mit	Verweise auf andere Testfälle mit dem gleichen Systemverhalten und Randbedingungen um zukünftig Mehrfachauflistungen zu vermeiden.
26	Security	Betrachtung der Sicherheit im Sinne von Security mit Auswirkungen auf die Safety. Die Betrachtung wird in „sicherheitsrelevante“, „betriebsrelevante“ oder „keine“ Auswirkungen eingeteilt und ermöglicht so später eine tiefergehende Betrachtung. Siehe auch 3.1.4.
27	Kategorie TSI ZZS	Einteilung der Testfälle in die in der TSI ZZS definierten Kategorien. Damit ist eine derartige Filterung möglich.
28	Bemerkungen	Zusätzliche Informationen, die die Handhabung des Testfallkatalogs unterstützen.

In Ergänzung zu Titel und Beschreibung ist für jeden Testfall und Testschritt das Testziel als Erwartungsbild der Spalten 6 – 24 erkennbar. Ferner ergibt sich das übergeordnete Testziel durch die geeignete Auswahl von Testfällen mittels der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle.

Die Testfälle innerhalb einer Testfallgruppe im generischen Testfallkatalog wurden, sofern dies möglich war, chronologisch nacheinander aufgelistet. Dies ermöglicht einen Testablauf nach betrieblichen Abfolgen. Dabei entspricht jede Zeile einem Testfall. Parallel stattfindende Prozesse oder Varianten werden durch eine weitere Untergliederung der Testfall-ID vorgenommen und können so leichter identifiziert werden.

Ein Testfall ist von links nach rechts zu lesen, sodass die Ausgangssituation (z. B. Level, Betriebsart, vmax) zuerst und danach der Zustand nach dem Test (z. B. Level, Betriebsart, vmax) dargestellt wird.

### 3.1.4 Betrachtung von Security-Aspekten

Um eine erste Abschätzung der für die Sicherheit im Sinne der Security relevanten Testfälle durchführen zu können, wurde die Spalte „Security“ eingefügt (vgl. 3.1.3). Die Testfälle wurden hinsichtlich ihrer Relevanz und Anfälligkeit bezogen auf die im Allgemeinen verwendeten Schutzziele Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität hin bewertet. Testfälle, deren Manipulation eine Auswirkung zur sicheren Seite bedingte, wurden mit „betriebsrelevant“, solche mit Auswirkung zur unsicheren Seite mit „sicherheitsrelevant“ markiert. Testfälle, die keine Relevanz im Sinne der Security haben, wurden mit „keine“ markiert.

Bisher wurde basierend auf der Aufgabenstellung nur nach Relevanz unterschieden und damit nicht nach Auswirkungen, weswegen die Begrifflichkeiten „sicherheitskritisch“ und „betriebshemmend“ hier nicht gewählt wurden. Aus diesem Grund ist es ratsam, eine intensivere Sicherheitsbetrachtung bezogen auf Systemkomponenten, Kommunikationswege und Prozesse durchzuführen und diese mit entsprechenden Beschreibungen und Begründungen zur besseren Nachvollziehbarkeit zu untermauern. Die Bewertung in tabellarischer Form hat sich bezüglich der Security-Abschätzung in Teilen als nicht sinnvoll gezeigt. Unter Umständen ist überdies erst die Kombination betriebsrelevanter Testfälle sicherheitsrelevant.

### 3.1.5 Kriterium für Testende

Für die praktische Durchführung von Tests ist es erforderlich, für alle Testfälle ein „Testende“ festzulegen. Dabei handelt es sich um ein Kriterium, das dazu dient, einen Test für beendet zu erklären. Dabei ist es unabhängig davon, ob ein Test positiv oder negativ abgeschlossen wurde, wobei die Kriterien je nach Ergebnis variieren können. Dies lässt sich am Beispiel des Entdeckerzuges in L2 bei der Einfahrt in einen DGF beispielhaft erläutern (vgl. Testfall-ID: 2.3.2.2.1.1 Streckenseitige Störung). Der Entdeckerzug wechselt nach vergeblichem Versuch des Funkaufbaus in die Betriebsart „Trip“ (TR) und führt eine Zwangsbremmung aus. Daraus ergibt sich das erwünschte Testendekriterium für den Entdeckerzug (Betriebsartenwechsel nach TR), das ein positives Testende definiert. Tritt kein Betriebsartenwechsel ein, ist der Test ebenfalls beendet, allerdings mit negativem Ergebnis.

## 3.2 AP2 Eignung und Vollständigkeit der Testfälle

### 3.2.1 Prüfung der Eignung

Im zweiten Arbeitspaket sollte zuerst die Eignung des erstellten Testfallkatalogs überprüft werden. Hierfür wurden zwei Verfahren angewendet. Zum einen wurden bei der Erstellung des TFK bereits bekannte und angewendete Testfälle (z. B. Netzzugangstest VDE 8.2 [NZZ VDE8.2]; [SIEM 2015]) berücksichtigt und diese in den generischen TFK eingearbeitet. Hierbei konnten die zur Verfügung stehenden Testfälle genutzt werden, um die Struktur und Vollständigkeit des entwickelten TFK zu überprüfen.

Weiterhin wurde in den regelmäßigen Abstimmungen zwischen der Projektarbeitsgruppe (AN) und dem AG der TFK iterativ weiterentwickelt, um die Ergebnisse im Hinblick auf eine praktische Eignung für die Anwendung durch die Aufsichtsbehörde anzupassen. Die dabei entstandenen Änderungsvorschläge wurden dokumentiert und anschließend zeitnah durch die Projektarbeitsgruppe eingearbeitet und wiederholt verifiziert. Die grundsätzliche Eignung wurde in den Beratungen mit dem AG bestätigt.

### 3.2.2 Prüfung der Vollständigkeit

Zudem sollte im AP 2 ein Verfahren zur Prüfung der Vollständigkeit des TFK vorgeschlagen werden. Das vom AN vorgestellte Verfahren der regelmäßigen Expertenrunden wurde bei der Erstellung der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle und des TFK (AP 1) bereits angewendet. Hierfür wurden insgesamt 18 Expertentreffen durchgeführt und dokumentiert, bei dem ausgewiesene Fachleute der Eisenbahnsicherungstechnik vertreten waren. Sie sind zudem Mitglieder der Projektarbeitsgruppe und in Tabelle 5 dargestellt.

Es wurde die Methodik der Expertenrunden gewählt, da diese ein anerkanntes Verfahren für neuartige Systementwicklungen nach [EN 50126] und [EN 50129] darstellt. Nach Ansicht der Expertengruppe ist der Katalog zum Zeitpunkt der Erstellung vollständig. Trotzdem ist durch die Struktur des Testfallkatalogs eine beliebige Erweiterbarkeit gegeben. Sollten etwa neue Funktionen oder betriebliche Abläufe integriert werden, können neue Testfallgruppen und Testfälle erstellt werden. Die durchgeführten Expertenrunden sind ein Zusammenschluss von anerkannten Fachleuten der Eisenbahnsicherungstechnik und speziell des Systems ETCS. Durch die Teilnahme des Systemgutachters für ETCS-Level 2 (vgl. [TRI 2013], [TRI 2015b]) stellt der Kreis ein einzigartiges Gremium mit exzellentem Fachwissen und langjähriger Erfahrung in der Verkehrssicherungstechnik dar. Die Expertenrunden aus Mitarbeitern des CERSS Kompetenzzentrums Bahnsicherungstechnik und der Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden bilden daher die bestmögliche Basis zur Beurteilung der Vollständigkeit.

TABELLE 5: BETEILIGTE BEI EXPERTENRUNDEN

<b>Beteiligte bei Expertenrunden</b>	
Prof. Dr.-Ing. Jochen Trinckauf	Lehrstuhlinhaber, Systemgutachter ETCS L2
PD Dr.-Ing. habil. Ulrich Maschek	Wissenschaftlicher Oberassistent Experte LST ([MAS 2018]), Experte ETCS L1 LS
Dr.-Ing. Michael Kunze	Leitender Ingenieur Experte LST, Experte ETCS
Dr.-Ing. Jens Buder	Wissenschaftlicher Mitarbeiter Experte LST, Fokus BÜSA
Yadi Han M. Sc.	Projektleiterin CERSS Expertin ETCS L2
Dipl.-Ing. Richard Kahl	Projektleiter TU Dresden Experte ETCS
Dipl.-Ing. Claudia Krahl	Projektbearbeiterin, Expertin Security
Dipl.-Ing. Christoph Hoefert	Projektbearbeiter, Experte Bahnbetrieb
Dipl.-Ing. Michael Tanz	Experte Bahnbetrieb, Triebfahrzeugführer
Dipl.-Ing. Martin Sommer	Projektmanagement, Experte Bahnbetrieb und LST

Ziel war es, mit der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle (ÜFB) eine vollständige Übersicht zu erhalten, die die betrieblichen Abläufe im System Eisenbahn insgesamt beschreibt. Dabei wurde eine Vielzahl an Spezialfällen diskutiert und abschließend eine umfassende Abbildung des Eisenbahnbetriebes erreicht. Aufbauend darauf wurden die bereits erstellten Testfälle auf deren Eignung geprüft und, falls erforderlich, der TFK angepasst. Die Expertenrunden stellen zudem ein internes Verfahren zu Fehlerbeseitigung und zur Sicherung der Qualität der Ergebnisse dar.

Des Weiteren wurden während der Erarbeitung des Forschungsprojekts das Vorgehen und die Methodik der Testfallerstellung durch die Wahrnehmung von Weiterbildungen auf dem Themengebiet der Erstellung von Testumgebungen verifiziert. Beispielhaft sei die Teilnahme an der Test4Rail Konferenz vom 17.-18. Oktober 2017 in Braunschweig zu nennen.

Durch den mehrfach erfolgten Abgleich der verwendeten Methodik sowie der erstellten Betriebs- und Testfälle mit der Expertise des ETCS-Systemgutachters konnte eine zusätzliche Prüfung der Vollständigkeit erreicht werden. Hinweise des Systemgutachters wurden aufgenommen und bei der Erstellung berücksichtigt. Dazu wurden auch die bereits vorhandenen Gutachten ausgewertet (siehe [TRI 2013], [TRI 2015a], [TRI 2015b], [TRI 2016]).

### 3.2.3 Vollständigkeit gegenüber Subset-076

Um die Vollständigkeit des entwickelten TFK nachzuweisen, wurden die Testfälle zusätzlich gegen die in Subset-076 beschriebenen Tests gespiegelt. Dabei wurde jedem Test aus Subset-076 thematisch mindestens ein Test aus dem TFK zugeordnet. Es konnte nachgewiesen werden, dass der TFK bis auf wenige Ausnahmen alle Inhalte aus Subset-076 abdeckt. Diese sind in der Spalte „Testfallnummer im Testfallkatalog“ mit „keine“ gekennzeichnet. Allerdings verfügt der TFK über eine andere Struktur und ist feingliedriger aufgebaut als die in Subset-076 beschriebenen Tests. Daher ist eine Zuordnung nur auf einer, aus Sicht des TFK, groben Abstrahierungsebene möglich. Zudem werden in Subset-076 Test auf Ebene der europäischen Spezifikation definiert. Der TFK hingegen auf nationaler Ebene. Somit werden nationale Einschränkungen nicht im Subset-076 abgebildet. Ein Beispiel hierfür ist die Betrachtung der Betriebsart SH (shunting).

Grundsätzlich sei angemerkt, dass Subset-076 nur zur Prüfung der technischen Konformität und ausreichenden Funktionalität der OBU gegen die Anforderungen des Subset-026 vorgesehen ist. Die betriebliche Vollständigkeit und Integration auf ETCS-Strecken sind nicht Ziel des Subset-076. Eine Vollständigkeitsprüfung basierend allein auf Subset-076 ist daher nicht ausreichend (vgl. auch Erfahrungen aus dem Ausland in Abschnitt 2.3.2) [SUB 076-7].

Die Ergebnisse, die sich aus der durchgeführten Gegenüberstellung ergeben, sind tabellarisch in Anhang 11.1 dargestellt.

## 4 Anwendungsleitfaden Testfallkatalog

### 4.1 Grundsätzliche Anwendungshinweise

Mit Hilfe des TFK kann man den sicheren Betrieb des Systems ETCS nachweisen. Dabei werden produktübergreifend sicherheitliche und eisenbahnbetriebliche Funktionen überprüft, die Voraussetzung für einen sicheren Bahnbetrieb sind. Der TFK hat keine Produkttests oder Tests einzelner Komponenten zum Ziel, da diese bereits durch die notwendige Nachweisführung des Herstellers erfolgen.

Zudem werden die Funktionen von Schnittstellen zwischen verschiedenen Systemkomponenten (ggf. verschiedener Hersteller) durch ein indirektes Verfahren geprüft, da bei einem funktionalen Test von der Fehlerfreiheit der Schnittstelle ausgegangen werden kann. Spezielle Tests, die die grundlegende Funktion der Schnittstelle nachweisen, sind ebenfalls durch die Hersteller zu erbringen und sollten vor der Produktfreigabe durchgeführt werden. Gleiches gilt für spezielle zeitabhängige Beeinflussungen einzelner Systemkomponenten auf andere Komponenten. Zeitverhalten wie z. B. Signallaufzeiten werden ebenfalls durch die erfolgreiche Funktion des Betriebsfalls sichergestellt. Eine sichere Funktion von ETCS beinhaltet auch geeignete Signallauf- oder Verarbeitungszeiten.

Die für die Betrachtung zu Grunde liegenden betrieblichen Situationen der BFÜ entstammen nicht der unter [BTSF 2], [BTSF 3] und [LH ESG] verstandenen Lastenhefte, sondern einer generischen Betrachtung des Eisenbahnsystems. Somit wurde eine betriebliche Darstellung entwickelt, die auf den möglichen Bewegungsabläufen von Schienenfahrzeugen (Zugfahrten) basiert. Eine Betrachtung von Rangierfahrten unter ETCS-Überwachung ist dabei nicht vorgenommen worden, da bis zum Ende der Projektlaufzeit dies nicht ausreichend spezifiziert war.

### 4.2 Erläuterung der Zeichen und Abkürzungen

Für die Entwicklung des TFK wurde zu Projektbeginn mit dem AG unter anderem die „Handhabbarkeit des Testfallkatalogs für den praktischen Einsatz“ abgestimmt (vgl. 1.2.1). Daher ergab sich die Schlussfolgerung, den TFK mit eindeutigen aber kurzen Aussagen und Symbolen in den einzelnen Spalten zu erstellen. Eine umfangreiche Textliche Beschreibung der Testsituation ist dabei nicht zweckmäßig. Die angewendeten Abkürzungen entsprechen in der Regel der im fachlichen Austausch üblichen Form und sind ausführlich im Abkürzungsverzeichnis erläutert.

### 4.3 Anwendungsbeispiel

Im folgenden Kapitel wird die Anwendung des Testfallkatalogs kurz beschrieben. Dazu soll das Beispiel eines Ausfalls der Funkverbindung (Funkausfall-Testfall-ID 2.3.2) dienen.

Zuerst ist es notwendig, die entsprechende ID der Betriebsfallgruppe und des Betriebsfalls zu ermitteln. Eine tiefere Betrachtung auf Ebene der Testfall(unter)gruppen ist ebenfalls möglich und erleichtert anschließend die Suche im TFK. Dies geschieht am besten in der ÜFB, die sich in zwei Übersichten (ETCS L1 LS und ETCS L2) unterteilt. Für das betrachtete Beispiel ist daher die BFÜ für L2 erforderlich, da bei ETCS L1 LS kein Datenfunk genutzt wird. Weiterhin ist diese Situation nur relevant, wenn sich das Fahrzeug bereits bewegt (Fahrt im Zugfolgeabschnitt), woraus sich die zweite Stelle der ID mit „3“ ergibt. Durch die zweite Stelle der ID (Betriebsfallgruppe) werden unterschiedliche Situationen betrachtet, die

in einer Fahrt im Zugfolgeabschnitt auftreten können. Somit ergibt sich auch die dritte Stelle der ID (Betriebsfall) mit „2“ für den „Funkausfall“ allgemein.

Nun ist es möglich, die ermittelte ID (hier am betrachteten Beispiel „2.3.2“) im TFK aufzusuchen und alle Tests, die in Verbindung mit einem Funkausfall stehen, werden aufgelistet. Ebenso kann auf Ebene der Testfallgruppe weiter differenziert und zwischen einem langfristigen („1“) und einem kurzfristigen Funkausfall („2“) unterschieden werden (ID vierte Ebene). Weiterhin wird in streckenseitige und fahrzeugseitige Störung unterschieden (ID fünfte Ebene). Die Prozedur DGF ist somit als ein längerfristiger Ausfall der Streckenausrüstung unter der ID „2.3.2.2.1“ zu finden. In den weiteren Ebenen sind die einzelnen Testfälle soweit möglich in chronologisch ablaufender Folge dargestellt. Somit ergibt sich auch eine funktionale Reihenfolge der Tests, die beispielsweise in einer Simulation (Labortest) oder bei einer Testfahrt (Feldtest) durchgeführt werden können und die gesamtheitliche Funktion abbilden.

Für die Interpretation des Testfalls ist dieser von links nach rechts lesbar. Am gewählten Beispiel ergibt sich der Test 2.3.2.2.1.1 – „Entdeckerzug“ in einem gestörten Funkbereich mit einer langfristigen Störung. Dabei wird zuerst die Ausgangssituation beschrieben, wobei sich im Beispiel das Fahrzeug in Level 2 in der Betriebsart FS befindet und sich mit maximal zulässiger Geschwindigkeit bewegt. Hierbei handelt es sich um einen Störfall und einen Betriebsartenwechsel in die Betriebsart TR, der nach erfolglosen Versuchen des Funkaufbaus ausgeführt wird. Alle relevanten Anzeigen und Informationen sind zudem im TFK dargestellt. Die Handlungen des Fdl und des Tf sind ebenfalls beschrieben, die im gewählten Beispiel miteinander kommunizieren sollen [DB 408].

In den anschließenden Tests „ID 2.3.2.2.1.2 – Einrichten eines DFG durch den Fdl“ und „ID 2.3.2.2.1.3 – gestörten Funkbereich frei fahren“ werden die weiteren Situationen beschrieben, die auf dem vorangegangenen Test aufbauen. Somit beginnt der Test „ID 2.3.2.2.1.3 – gestörten Funkbereich frei fahren“ im Betriebsmodus PT und einer Anfangsgeschwindigkeit von 0 km/h, was der Abschlusssituation von Testfall „ID 2.3.2.2.1.1 – Entdeckerzug“ entspricht. Somit ist eine serielle Abarbeitung aller Testfälle (hier bis ID 2.3.2.2.1.7) möglich und kann übersichtlich durchgeführt werden.

# 5 Ausblick

## 5.1 Allgemein

Um den entwickelten generischen Testfallkatalog optimiert anwenden zu können, ist eine stetige Weiterentwicklung zu empfehlen. Hierbei ist das Hauptziel die Minimierung von Dopplungen innerhalb des TFK, die sich durch wiederkehrendes bzw. gleiches Systemverhalten ergeben. Zudem wird vom AN eine Modularisierung des TFK vorgeschlagen, die die Wiederverwendung von Testbausteinen ermöglicht und somit nicht nur Dopplungen, sondern auch die Fehleranfälligkeit vermindert.

Weiterhin sollte der TFK erforderlichenfalls um neue Inhalte ergänzt werden, sobald diese relevant sind. So kann jederzeit ein vollständiger Testfallkatalog für das Zugbeeinflussungssystem ETCS generiert werden. Hier ist exemplarisch die Implementierung des Levelwechsels zwischen Level 0 und L1 FS zu nennen, auch wenn dieser nach aktuellem Stand in Deutschland keine Anwendung finden wird und daher nicht Teil dieser Betrachtung war. Eine weitere Möglichkeit ist das Ergänzen neuer betrieblicher Funktionen oder Änderungen an Testfällen, die sich aus geänderten ETCS-Spezifikationen ergeben.

Ebenso sind zukünftige Erkenntnisse bei der praktischen Erprobung von Strecken mit ETCS-Ausrüstung einzuarbeiten, um aktuelle Einflüsse zu berücksichtigen. Hierbei stehen die Besonderheiten beim praktischen Einsatz außerhalb von Laborumgebungen im Fokus.

Zudem ist die praktische Handhabbarkeit des TFK zu untersuchen, wobei die dabei offenbarten Ergänzungen eingearbeitet werden müssen. Ebenso sollten die bei der Erstellung des generischen Testfallkatalogs aufgedeckten Unregelmäßigkeiten, z. B. zwischen Lastenheften, Planungsrichtlinien und Systemspezifikationen, dokumentiert und in entsprechenden Gremien fachlich diskutiert werden. Hierfür sei beispielhaft die unterschiedliche Handhabung eines gestörten Bahnübergangs mit Überwachungssignal in Level 2 und ESG genannt.

Darüber hinaus sollte eine Kommentierung des TFK durch eine breitere Fachöffentlichkeit in Betracht gezogen werden, um anschließend Hinweise, Kommentare und Verbesserungsvorschläge einarbeiten zu können.

Insgesamt wird empfohlen, den TFK bei einem ersten Anwendungsfall zu härten und im praktischen Einsatz zu erproben. Alle auftretenden Erweiterungen können somit eingearbeitet werden. Gleichzeitig wird vorgeschlagen, die bestehenden Dopplungen detailliert zu analysieren und ggf. durch Verweise zu ergänzen. Weiterhin wird empfohlen, für den gesamten TFK einen Bewertungsmaßstab zu entwickeln, der Aussagen über das entstandene Testergebnis liefert. So führt z. B. nicht jeder Test bei negativem Ergebnis auch zum unsicheren Betrieb. Allerdings kann die Kombination mehrerer nicht-sicherheitskritischer Fälle zu einer sicherheitskritischen Reaktion des Gesamtsystems führen, was es zu vermeiden gilt. Hierfür müssen zusätzliche Methoden entwickelt werden, die eine vertiefte Kenntnis des TFK und des Systems ETCS voraussetzen.

## 5.2 Security

Eine grobe Risikoanalyse, die die bahnspezifischen Anforderungen berücksichtigt, könnte nach der DIN VDE V 0831-104 durchgeführt werden. Die Systemdefinition bzw. die Einteilung der Systemarchitektur erfolgt in Zonen und Conduits, denen sogenannte Security Level (SL) zugeordnet werden.

Grundsätzlich gibt es sieben Bereiche von IT-Security-Anforderungen, die bei einer solchen Analyse betrachtet werden:

- a) Zugriffskontrolle (Identification and Authentication Control, IAC),
- b) Nutzungssteuerung und -kontrolle (Use Control, UC),
- c) Systemintegrität (System Integrity, SI),
- d) Vertraulichkeit (Data Confidentiality, DC),
- e) Eingeschränkter Datenfluss (Restricted Data Flow, RDF),
- f) Rechtzeitige Reaktion auf Ereignisse (Timely Response to Events, TRE) und
- g) Ressourcenverfügbarkeit (Resource Availability, RA).

Für diese sieben grundlegenden Bereiche wird jeweils eine vierstufige IT-Sicherheits-Anforderungsstufe definiert. Das SL für alle sieben Bereiche wird in einem Vektor (SL-Vektor) zusammengefasst. Der sogenannte Security Level bezieht sich auf den Angreifer-Typ:

- SL 1 Schutz gegen unbeabsichtigte oder zufällige Angriffe
- SL 2 Schutz gegen absichtliche Angriffe mit einfachen Mitteln, geringen Ressourcen, gewöhnlichen Kenntnissen und geringer Motivation
- SL 3 Schutz gegen absichtliche Angriffe mit fortgeschrittenen Mitteln, mittelmäßigen Ressourcen, systemspezifischen Kenntnissen und beschränkter Motivation oder
- SL 4 Schutz gegen absichtliche Angriffe mit fortgeschrittenen Mitteln, erweiterten Ressourcen, systemspezifischen Kenntnissen und hoher Motivation.

Ist der SL-Vektor festgelegt, so ergibt sich auf dessen Basis mit IEC 62443-3-3 aus der Risikoanalyse ein kompletter Katalog von standardisierten IT-Sicherheitsanforderungen für den Betrachtungsgegenstand.

Die Verwendung von SL anstatt Wahrscheinlichkeiten ist bei IT-Security erforderlich, da das Abschätzen von Häufigkeiten bzw. Eintrittswahrscheinlichkeiten für Bedrohungen nicht oder nur mit großen Unsicherheiten durchführbar ist. Statistische Daten sind für die IT-Security nicht verlässlich verfügbar. Da der SL die Stärke eines Angreifers definiert, kann der SL als „Inverse“ der Eintrittswahrscheinlichkeit für erfolgreiche Angriffe verstanden werden.

Nach der vereinfachten, bahnspezifischen IT-Sicherheits-Risikobetrachtung gemäß DIN VDE 0831-104 könnte zusätzlich eine detaillierte Risikoanalyse gemäß NIST SP 800-30 erfolgen. NIST SP 800-30 ist ein etablierter und detaillierter Leitfaden für die Identifikation, Bewertung und Priorisierung von Risiken bei der Verwendung von IT-Systemen unter Verwendung zuverlässiger, etablierter und aktueller Quellen zu Bedrohungen und Gegenmaßnahmen. Das Ergebnis wäre ein spezifischer IT-Sicherheitsanforderungskatalog gemäß IEC 62443 und BSI IT-Grundschrutzkatalog mit Identifikation aller kritischen Bedrohungen für die eingesetzte Technologie.



## 6 Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Entwicklung von Testfällen für ERTMS“ wurde mit dem Kenntnisstand 12/2017 ein umfangreicher generischer Testfallkatalog für ETCS in Deutschland erarbeitet. Ausgehend von der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle wurden für die im nationalen Bahnsystem auftretenden Situationen Tests für die Systeme ETCS Level 2 und ESG erstellt. Der Testfallkatalog umfasst dabei mehr als 2.200 Einzeltestfälle. Die Vollständigkeit der Testfälle wurde durch regelmäßige Expertenrunden mit ausgewiesenen Fachleuten der Bahnsicherungstechnik nachgewiesen. Zudem wurde dabei eine inhaltliche Qualitätsprüfung vorgenommen und eventuell vorhandene Unregelmäßigkeiten zwischen den beschreibenden Dokumenten aufgedeckt. Weiterhin erfolgte ein Abgleich der entwickelten Testfälle mit veröffentlichten Tests anderer europäischer Länder und zusätzlich mit dem Subset-076. Die Erfahrungen und das vertiefte Systemwissen des Systemgutachters für ETCS Level 2 wurden in den Beratungen ebenfalls integriert.

Der entwickelte TFK ist für den praktischen Einsatz vorbereitet und enthält vielzählige Filterfunktionen. Zudem kann dieser durch kontinuierliche Aktualisierungen und an die möglichen Änderungen angepasst werden. Eine Betrachtung der Security mit Auswirkungen auf die Safety zudem durchgeführt.

## 7 Abkürzungsverzeichnis

<b>ABKÜRZUNG</b>	<b>DEFINITION</b>
<b>AG</b>	Auftraggeber
<b>AN</b>	Auftragnehmer
<b>AP</b>	Arbeitspaket
<b>BTSF</b>	Betrieblich-technische Systemfunktionen
<b>BÜ</b>	Bahnübergang
<b>BÜSA</b>	Bahnübergangssicherungsanlage
<b>CENELEC</b>	Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung
<b>DB</b>	Deutsche Bahn
<b>EGB</b>	Erweiterter Geschwindigkeitsbereich
<b>EN</b>	Europäische Norm
<b>EOLM</b>	End of Loop Marker
<b>ESG</b>	ETCS Signalgeführt (ETCS Level 1 LS)
<b>ETCS</b>	European Train Control System
<b>FDL</b>	Fahrdienstleiter
<b>LS</b>	Betriebsart Limited Supervision
<b>LST</b>	Leit- und Sicherungstechnik
<b>MA</b>	Movement Authority (Fahrterlaubnis)
<b>NTR</b>	Nationale Technische Regeln
<b>NTZ</b>	Neue Typzulassung
<b>IBG</b>	Inbetriebnahmegenehmigung
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>IOP</b>	Betriebliche Interoperabilität
<b>KGB</b>	Konventioneller Geschwindigkeitsbereich
<b>OBU</b>	On-Board Unit
<b>RAMS</b>	Reliability, Availability, Maintainability, Safety
<b>RBC</b>	Radio Block Centre
<b>RFC</b>	Rail-Freight-Corridor
<b>RIU</b>	Radio Infill Unit

<b>ABKÜRZUNG</b>	<b>DEFINITION</b>
<b>SINA</b>	Sicherheitsnachweis
<b>SL</b>	Security Level
<b>TF</b>	Triebfahrzeugführer
<b>TFK</b>	Testfallkatalog
<b>TSI ZZS</b>	Technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“
<b>ÜFB</b>	Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle
<b>ÜGR</b>	Übergangsregelung
<b>VDE</b>	Verkehrsprojekt Deutsche Einheit
<b>VV</b>	Verwaltungsvorschrift

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gliederung der fahrdienstlichen Betriebsfälle.....	20
Abbildung 2: Erläuterung der Testfall-ID am Beispiel des automatischen Levelwechsels von L1 LS nach L2.....	22
Abbildung 3: Ausschnitt Betriebsfallübersicht Level 2.....	22

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Strecken als Basis für Testfallentwicklung.....	9
Tabelle 2: Ebenen der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle.....	20
Tabelle 3: Bewegungsphasen eines Schienenfahrzeugs (Ebene 2).....	21
Tabelle 4: Erläuterung der Spalten des generischen Testfallkatalogs.....	23
Tabelle 5: Beteiligte bei Expertenrunden .....	27

## 10 Quellenverzeichnis

- [819.1344] DB Netz AG (Hrsg.): Richtlinie 819.1344 – Grundsätze zur Erstellung der Ausführungsplanung PT1 für ETCS-Level 2. Version 0.87, Entwurf vom 2017.
- [819.1348] DB Netz AG (Hrsg.): Richtlinie 819.1348 – Grundsätze zur Erstellung der Ausführungsplanung für ETCS signalgeführt. Version 1.40, Entwurf vom 2017.
- [BCHL 2016] Behrens, Marc; Caspar, Mirko; Hungar, Hardi; Lemmer, Karsten: Testen in der modellbasierten Entwicklung der ETCS-On-Board-Unit. In: Signal + Draht 108 (2016), Heft 7+8, S. 21–28.
- [BEGO 2016] Behrens, Marc; Gonska, Bernd: Analyse von Change Request in ETCS. In: Eisenbahn-Ingenieurkalender (EIK): Eurailpress, 2016, S. 289–312.
- [BEJG 2013] Bertram, Maria; Jacob, Johann-Christoph; Genc, Cengiz: Kriterien für die Auswahl eines Werkzeugs zur automatisierten Testfallgenerierung. In: Signal + Draht 105 (2013), Heft 5, S. 17–20.
- [BMVBS 2011] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Handbuch Eisenbahnfahrzeuge. Leitfaden für Herstellung und Zulassung, Berlin, 2011.
- [BTSF 2] DB Netz AG (Hrsg.): Lastenheft ETCS – BTSF SRS Baseline 2 V0.11, 2015.
- [BTSF 3] Haas, Jürgen: Lastenheft ETCS – Betrieblich-technische Systemfunktionen für ETCS SRS Baseline 3. Anforderungen. Version 2.1. DB Netz AG (Hrsg.), München, 2016.
- [CHKS 2016] Csikós, Péter; Hrivnák, István; Korponay, László; Szpisják, György: Rolle der Simulatoren in der Entwicklung sicherheitskritischer Systeme. Test der RBC-Stellwerksschnittstelle. In: Signal + Draht 108 (2016), Heft 9, S. 44–50.
- [DB 2016] DB Netz AG (Hrsg.): Lastenheft ETCS- Abläufe. Übersicht Abläufe. Version 2.1, München, 2016.
- [DB 408] DB Netz AG (Hrsg.): Fahrdienstvorschrift. Richtlinien 408.21 - 27 und 408.48, 2017.
- [DB 483] DB Netz AG (Hrsg.): Richtlinie 483.0701 Zugbeeinflussungsanlagen bedienen. ETCS-Fahrzeugeinrichtungen bedienen, 2017.
- [DLR 2017] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) (Hrsg.) (2017): Inhalte und Vortragsunterlagen. Konferenz Test4Rail. Braunschweig, 17./18.10.2017.
- [EBO 2016] Bundesrepublik Deutschland (08.05.1967): Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung. EBO, vom zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 2 des Gesetzes vom 19.07.2016 (BGBl. I S. 1757).
- [EGGE 2017] Eggenhofer, Martin: Effiziente Datenprüfung streckenseitiger ETCS-Systeme. In: Signal + Draht 109 (2017), Heft 9, S. 40–44.

- [EN 50126] DIN EN 50126-1: Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit (RAMS) Teil 1: Grundlegende Anforderungen und genereller Prozess. September 2006.
- [EN 50129] DIN EN 50129: Sicherheitsrelevante elektronische Systeme für Signaltechnik. September 2003.
- [FLÜG 2009] Flügel, Mike: Betriebliche Aufgabenstellung (BAST) für den Teil Streckenausüstung mit ETCS. VDE 8 einschließlich Knoten Erfurt, Halle und Leipzig. DB Netz AG (Hrsg.), 2009.
- [GEMI 2014] Gemine, O.: ETCS Driver Machine Interface. 3.4.0. European Railway Agency (Hrsg.) (ERA\_ERTMS\_015560), 2014.
- [HÖPP 2015] Höppner, Silko: Generische Beschreibung von Eisenbahnbetriebsprozessen. Dissertation. ETH Zürich, Zürich, 2015.
- [IOP 2014] SBB (Hrsg.): Betriebliche Interoperabilitätstests ETCS Schweiz. Version V 2.2, 2014, zuletzt geprüft am 24.05.2018.
- [KNOL 2007] Knollmann, Volker: UML-basierte Testfall- und Systemmodelle für die Eisenbahnleit- und -sicherungstechnik. Dissertation. TU Braunschweig, Braunschweig, 2007.
- [KOST 2017] Kohlsdorf, Uwe; Steinebach, John Patrick Brady: Test und Erprobung zur Inbetriebnahme der ETCS-Streckenausüstung im Projekt VDE 8.2. In: Signal + Draht 109 (2017), Heft 1+2, S. 6–14.
- [LH ESG] Hellmann, Josef: Lastenheft Zugbeeinflussungssystem „ETCS signalgeführt“. V 0.8 (Korridor A). DB Netz AG (Hrsg.), München, 2015.
- [MAS 2018] Maschek, Ulrich: Sicherung des Schienenverkehrs. Grundlagen und Planung der Leit- und Sicherungstechnik. 4. Aufl. 2018, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018, online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-22878-1>.
- [MTK 2016] SBB (Hrsg.): Master-Testkonzept für die Erlangung einer ETCS Betriebsbewilligung. ETCS-Fahrzeuge und Infrastruktur-Anlagen. Version 1.5, 2016.
- [NOEL 2009] Noelle-Neumann, Elisabeth: Fischer-Lexikon Publizistik Massenkommunikation. Aktualisierte, vollst. überarb. und erg. Aufl., Frankfurt am Main: Fischer-Taschenbuch-Verl. (Fischer, 18192), 2009.
- [NTR 2017] DB Netz AG: NTR für ETCS Baseline 2 und 3. DB Netz AG (Hrsg.), 2017.
- [NZZT VDE8.2] Kohlsdorf, Uwe: VDE 8.2 Netzzugangstests für ETCS. Version 1.0. DB Netz AG (Hrsg.), München, 2016.
- [SATT 2015] Sattler, Carsten: ETCS-Bedienung. Erfahrungsbericht und Vergleich. VDI AK Bahn „Von der Ausschreibung bis zum Betrieb – die Tücken liegen im Detail“. TU Braunschweig, Braunschweig. 2015.
- [SBB 2017] SBB (Hrsg.): Voraussetzungen für den Einsatz von Fahrzeugen auf ETCS-Strecken. Version V 2.4, 2017.

- [SCHU 2016] Schwencke, Daniel; Hungar, Hardi: Entwicklung von Referenzmodellen von LST-Komponenten am Beispiel der Streckenzentrale. In: Signal + Draht 108 (2016), Heft 9, S. 24–32.
- [SIEM 2003] Siemens AG (Hrsg.): Auftakt ETCS. Beginn der Serienerprobung auf der Strecke Jüterbog-Halle/Leipzig, 2003.
- [SIEM 2015] Siemens AG (Hrsg.): Generische Testfallbeschreibung. Projekt VDE8.2 / ETCS L2 Ländereintritt D. Teilsystem ETCS Strecke / Trainguard 200 RBC, 2015.
- [SiNaKo 2014] SBB (Hrsg.): Sicherheitsnachweiskonzept für die Erlangung einer ETCS-Zulassung in der Schweiz. Fahrzeuge und Infrastruktur-Anlagen. Version V 2.02, 2014.
- [SRS BL2] European Railway Agency: ERTMS System Requirement Specification SRS 2.3.0d, 2008.
- [SRS BL3] European Railway Agency: ERTMS System Requirement Specification SRS 3.4.0, 2015.
- [SUB 076-5-2] European Railway Agency (Hrsg.): Test cases related to features. Subset-076-5-2. Version 3.1.0, 2015.
- [SUB 076-6-3] European Railway Agency (Hrsg.): Test Sequences. Subset-076-6-3. Version 3.0.0, 2015.
- [SUB 076-7] Rebollo Bravo, Oscar: Scope of the test specifications. Subset-076-7. Version 3.1.0. European Railway Agency (Hrsg.), 2015.
- [SUB 085] European Railway Agency (Hrsg.): Test Specification for Eurobalise FFFIS. Subset-085. Version 3.0.0, 2012.
- [SUB 092] European Railway Agency (Hrsg.): ERTMS EuroRadio Test cases Safety Layer. Subset-092-2. Version 3.0.0, 2012.
- [SUB 094] Molina, D.: Functional Requirements for an on-board Reference Test Facility. Subset-094. Version 3.0.0. European Railway Agency (Hrsg.), 2014.
- [SUB 102] European Railway Agency (Hrsg.): Test Specification for Interface 'K' and Interface 'G'. Subset-102. Version 2.0.0, 2012.
- [SUB 103] European Railway Agency (Hrsg.): Test specification for Euroloop. Subset-103. Version 1.1.0, 2012.
- [TLH 1] Suiter, Markus: Teillastenheft 1. Allgemeine Anforderungen. Version 2.7. DB Netz AG (Hrsg.) (05-P-1436-TZF43-Su-SLH021), München, 2014.
- [TLH 4] DB Netz AG (Hrsg.): Teillastenheft 4 - Specific Transmission Module (STM). Anhang 3. Version 1.5, 2013.
- [TLH 5] DB Netz AG (Hrsg.): Teillastenheft 5. Systemumgebung Strecke. Version 3.6, München, 2015.
- [TRI 2013] Trinckauf, Jochen: Systemgutachten 11051.024 zu den Lastenheften ETCS-Level 2 ohne Signale Baseline 2 für die Anwendung auf den Strecken des Projektes VDE 8.2, 2013.



- [TRI 2015a] Trinckauf, Jochen: Bericht 11051.024.002. Kommentare zum Systemgutachten 11051.024 zu den Lastenheften ETCS-Level 2 ohne Signale Baseline 2 für die Anwendung auf den Strecken des Projektes VDE 8.2 sowie Erfüllung von Auflagen. Version 0.49, 2015.
- [TRI 2015b] Trinckauf, Jochen: Abschlussbericht 11051.900 zur Systembegutachtung Phase Lastenheft ETCS-Level 2 ohne Signale Baseline 2 für die Anwendung auf den Strecken des Projektes VDE 8.2. Version 1.0, 2015.
- [TRI 2016] Trinckauf, Jochen: Systemgutachten 11051.920.00 Teil BTSF3 zu den Betreiberanforderungen für die Anwendung von ETCS in Deutschland mit Reflexion auf den am 30. November 2016 erreichten Entwicklungsstand. ENTWURF, 2016.
- [VDEI 2016] VDEI: Eisenbahn-Ingenieurkalender (EIK): Eurailpress, 2016 (2016).
- [VIOP 2016] SBB (Hrsg.): Vorgabedokument bezüglich IOP-Testing. für mit ETCS ausgerüstete Fahrzeuge und ETCS-Infrastruktur-Anlagen. Version V 1.0, 2016, zuletzt geprüft am 24.05.2018.
- [VIVI 2013] Vivenzio, Alberto; Vivenzio, Domenico: Testmanagement bei SAP-Projekten, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013.
- [VV BAU-STE] Eisenbahn-Bundesamt (01.08.2014): Verwaltungsvorschrift für die Bauaufsicht über Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnische Anlagen. VV BAU-STE, vom Ausgabe 4.6.
- [VV NTZ] Eisenbahn-Bundesamt (01.07.2016): Verwaltungsvorschrift für die Neue Typzulassung von Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnischen Anlagen (Stufe 2: Übergangsregelung für Signalanlagen zur Anwendung bei den Infrastrukturen der Eisenbahnen des Bundes). VV NTZ, vom ÜGR Stufe 2. Version 1.1.

# 11 Anhänge

## 11.1 Prüfung gegen Subset-076

SPALTE	REFERENZ	GETESTETE FUNKTION	TESTFALLNUMMER IM TESTFALLKATALOG
1	Subset-076-5-2-4060300	Transitions Conditions Table	2.3.7
2	Subset-076-5-2-3120500	Level Crossings	2.3.5
3	Subset-076-5-2-3131050	Requirements for Release speed monitoring (Tables 13, 14 and 15)	2.3.1
4	Subset-076-5-2-5100100	Level Transitions General requirements	2.3.6
5	Subset-076-5-2-4080431	Accepted Information depending on the modes - RBC Transition Order	2.3.9
6	Subset-076-5-2-5180800	Advisinga tunnel stopping area	2.3.10
7	Subset-076-5-2-5040500	Degraded Situations	2.2
8	Subset-076-5-2-3080500	MA Update and Extension	2.3.9
9	Subset-076-5-2-5080200	Selection of an Override	2.2
10	Subset-076-5-2-5160000	Procedure passing a non protected Level Crossing	2.3.5
11	Subset-076-5-2-5060200	Table of requirements for Shunting Initiated by Driver procedure	Keine
12	Subset-076-5-2-3150100	RBC/RBC Handover	2.3.9
13	Subset-076-5-2-4080403	Accepted Information depending on the modes - Assignment of Coordinate system	2.3.9

14	Subset-076-5-2-3070300	Extension, replacement of track description and linking information	2.3.9
15	Subset-076-5-2-3050300	Establishing a communication session	2.2
16	Subset-076-5-2-4080432	Accepted Information depending on the modes - Repositioning information	2.2
17	Subset-076-5-2-4041300	TRIP	2.3.7
18	Subset-076-5-2-4080442	Accepted Information depending on the modes - Track A head Free Request	2.3.7
19	Subset-076-5-2-3130233	Gradients	2.3.9
20	Subset-076-5-2-3050500	Terminating a communication session	2.3.9
21	Subset-076-5-2-4100103	What happens to accepted and stored information when entering a given mode	2.3.7
22	Subset-076-5-2-5090200	On Sight is requested for current location (from modes different from Stand By and Post Trip)	2.3.7 2.2
23	Subset-076-5-2-4080500	Handling of transition buffer in case of level transition announcement or RBC/RBC handover	2.3.9
24	Subset-076-5-2-5100200	Table of priority of trackside supported levels	2.3.6
25	Subset-076-5-2-3160400	Error reporting to RBC	2.3.4
26	Subset-076-5-2-4080438	Accepted Information depending on the modes - SR Authorisation	2.2
27	Subset-076-5-2-5080300	Once the Override procedure has been triggered	2.2

28	Subset-076-5-2-5190300	Limited Supervision is requested for a further location	Keine
29	Subset-076-5-2-3131040	Requirements for Target speed monitoring (Tables 8, 9, 10, 11 and 12)	2.3.1
30	Subset-076-5-2-3040400	Linking	2.3.7.4
31	Subset-076-5-2-4080434	Accepted Information depending on the modes - Reversing Supervision Information	2.3.9
32	Subset-076-5-2-3110500	Temporary Speed Restrictions	2.3.1
33	Subset-076-5-2-3090200	Infill by loop	Keine
34	Subset-076-5-2-3130237	National Values for speed and distance monitoring	2.3.1
35	Subset-076-5-2-3150900	Virtual Balise Cover	Keine
36	Subset-076-5-2-3100200	Emergency Stop	2.3.1
37	Subset-076-5-2-4040400	NO POWER	Keine
38	Subset-076-5-2-6060302	6.6.3.2 Packets received from balise, loop, RIU, RBC	2.3.9
39	Subset-076-5-2-4040700	STAND BY	2.1
40	Subset-076-5-2-4080440	Accepted Information depending on the modes - Temporary Speed Restriction	2.3.1
41	Subset-076-5-2-3160300	Radio	2.3.1
42	Subset-076-5-2-4080406	Accepted Information depending on the modes - Trackside constituent System Version	2.3.7
43	Subset-076-5-2-4080100	Acceptance of received information	2.3.9

44	Subset-076-5-2-3160200	Balises	2.3.9
45	Subset-076-5-2-4080427	Accepted Information depending on the modes - Plain Text Information	2.3.9
46	Subset-076-5-2-4080437	Accepted Information depending on the modes - Session Management	2.3.9
47	Subset-076-5-2-4080425	Accepted Information depending on the modes - Movement Authority	2.3.9
48	Subset-076-5-2-3120400	Mode Profile	Keine
49	Subset-076-5-2-9990502	A Handling of Actions in Specific Situations	2.3.9
50	Subset-076-5-2-9990400	A Handling of Stored Information in specific Situations	2.3.9
51	Subset-076-5-2-4040600	SLEEPING	Keine
52	Subset-076-5-2-4080420	Accepted Information depending on the modes – Linking	2.3.7
53	Subset-076-5-2-3131030	Requirements for Ceiling speed monitoring (Tables 5, 6 and 7)	2.3.7
54	Subset-076-5-2-3170200	Determination of the operated system version	2.3.8
55	Subset-076-5-2-5030100	Scope and Purpose	2.2
56	Subset-076-5-2-4080433	Accepted Information depending on the modes - Reversing Area Information	Keine
57	Subset-076-5-2-5120400	The driver uses the same engine (a Shunting movement is ongoing)	Keine
58	Subset-076-5-2-4080441	Accepted Information depending on the modes - Temporary Speed	2.3.7

		Restriction Revocation	
59	Subset-076-5-2-4080409	Accepted Information depending on the modes - Default Balise Information	2.3.9
60	Subset-076-5-2-5050400	Degraded Situation	2.2
61	Subset-076-5-2-5050300	End of Mission Procedure	2.5.1
62	Subset-076-5-2-3080400	Use of the MA on board the train	2.3.1
63	Subset-076-5-2-5180200	Passing a powerless section with pantograph to be lowered	2.5.2
64	Subset-076-5-2-3130810	Determination of targets and brake deceleration curves	2.3.1
65	Subset-076-5-2-4080418	Accepted Information depending on the modes - International SSP	2.3.7
66	Subset-076-5-2-3130235	Reduced Adhesion Conditions	2.3.1
67	Subset-076-5-2-9990200	A List of National/Default Data	Keine
68	Subset-076-5-2-4041800	REVERSING	Keine
69	Subset-076-5-2-4080414	Accepted Information depending on the modes - Fixed Text Information	2.3.7
70	Subset-076-5-2-8040100	Common Rules	Keine
71	Subset-076-5-2-4080401	Accepted Information depending on the modes - Acknowledgement of train data	2.3.7
72	Subset-076-5-2-4042000	PASSIVESHUNTING	Keine
73	Subset-076-5-2-4080452	Accepted Information depending on the modes - Initiation of session	2.3.7
74	Subset-076-5-2-8040400	Rules for Euroradio messages	Keine

75	Subset-076-5-2-4080300	Accepted information depending on the level and transmission media	2.3.6
76	Subset-076-5-2-4080444	Accepted Information depending on the modes - Track Condition big metal masses	2.3.7
77	Subset-076-5-2-5040300	Table of requirements for Start of Mission procedure	2.2
78	Subset-076-5-2-4080417	Accepted Information depending on the modes - Infill location reference	2.3.7
79	Subset-076-5-2-4080407	Accepted Information depending on the modes - Cooperative Shortening of MA	2.3.7
80	Subset-076-5-2-3131060	Transitions between types of Speed and distance monitoring (Table 16)	2.3.6
81	Subset-076-5-2-4041500	NONLEADING	2.3.9
82	Subset-076-5-2-3120200	Route Suitability	2.3.9
83	Subset-076-5-2-3080200	MA request to the RBC	2.2.1
84	Subset-076-5-2-4080453	Accepted Information depending on the modes - Data to be used by applications outside ERTMS/ETCS	Keine
85	Subset-076-5-2-4090100	What happens to accepted and stored information when entering a given level	2.2
86	Subset-076-5-2-5120200	The driver uses the same engine	2.2
87	Subset-076-5-2-4080419	Accepted Information depending on the modes - Level Transition Order	2.3.6
88	Subset-076-5-2-5150400	Degraded Situations	2.3.9

<b>89</b>	Subset-076-5-2-6060304	Messages transmitted to RBC/RIU	2.3.9
<b>90</b>	Subset-076-5-2-3130232	Trackside related speed restrictions	2.3.1
<b>91</b>	Subset-076-5-2-3040200	Balise Coordinate System	2.3.1 2.2
<b>92</b>	Subset-076-5-2-3110700	Mode related speed restrictions	2.3.1
<b>93</b>	Subset-076-5-2-4080447	Accepted Information depending on the modes - Unconditional Emergency Stop	2.3.1
<b>94</b>	Subset-076-5-2-3050700	Safe Radio Connection Indication	2.3.9
<b>95</b>	Subset-076-5-2-5180300	Passing a powerless section with main power switch to be switched off	2.5.2
<b>96</b>	Subset-076-5-2-5100300	Specific Additional Requirements	2.3.6 2.3.9
<b>97</b>	Subset-076-5-2-4080408	Accepted Information depending on the modes - Danger for SH information	Keine
<b>98</b>	Subset-076-5-2-3110800	Train related speed restriction	2.3.1
<b>99</b>	Subset-076-5-2-4080423	Accepted Information depending on the modes - MA Request Parameters	2.2
<b>100</b>	Subset-076-5-2-4080430	Accepted Information depending on the modes - Radio Network Registration	2.2
<b>101</b>	Subset-076-5-2-4040800	SHUNTING	Keine
<b>102</b>	Subset-076-5-2-5110400	Degraded Situations	2.3.9 2.2
<b>103</b>	Subset-076-5-2-4080421	Accepted Information depending on the modes - List of balises for	Keine



	SH Area		
<b>104</b>	Subset-076-5-2-3131020	General requirements	2.3.1
<b>105</b>	Subset-076-5-2-3110200	Definition of Static Speed Restriction	Keine
<b>106</b>	Subset-076-5-2-3130234	Track conditions	2.3.1
<b>107</b>	Subset-076-5-2-3060500	Position Reporting to the RBC	2.3.7
<b>108</b>	Subset-076-5-2-3180500	Date and Time	2.2
<b>109</b>	Subset-076-5-2-5180400	Passing a non stopping area	2.3.9
<b>110</b>	Subset-076-5-2-4080404	Accepted Information depending on the modes - Axle Load speed profile	2.3.9
<b>111</b>	Subset-076-5-2-3060600	Geographical position reporting	Keine
<b>112</b>	Subset-076-5-2-5181000	Changing the traction system	Keine
<b>113</b>	Subset-076-5-2-4080435	Accepted Information depending on the modes - Revocation of Emergency Stop (Conditional or Unconditional)	2.3.1
<b>114</b>	Subset-076-5-2-5180700	Inhibition of a defined type of brake	2.3.1
<b>115</b>	Subset-076-5-2-4070200	DMI versus Mode Table - Input	2.3.9
<b>116</b>	Subset-076-5-2-3180200	National/Default Values	2.3.8
<b>117</b>	Subset-076-5-2-4080411	Accepted Information depending on the modes - EOLM information	Keine
<b>118</b>	Subset-076-5-2-3170300	Management of ERTMS/ETCS system versions	Keine
<b>119</b>	Subset-076-5-2-4080410	Accepted Information depending on the modes - Default Gradient for TSR	2.3.1

<b>120</b>	Subset-076-5-2-9990500	A Handling of Actions in Specific Situations	Keine
<b>121</b>	Subset-076-5-2-4080446	Accepted Information depending on the modes - Train running number	2.2
<b>122</b>	Subset-076-5-2-3040300	Balise Information Types and Usage	2.2
<b>123</b>	Subset-076-5-2-3111100	Speed restriction to ensure permitted braking distance	2.3
<b>124</b>	Subset-076-5-2-3180600	Data view	2.3
<b>125</b>	Subset-076-5-2-4070201	DMI versus Mode Table - Output	2.3
<b>126</b>	Subset-076-5-2-4050200	Active Functions Table Empty case = function shall be inactive	2.3
<b>127</b>	Subset-076-5-2-3100300	Revocation of an Emergency Message	2.3
<b>128</b>	Subset-076-5-2-3150800	Cold Movement Detection	Keine
<b>129</b>	Subset-076-5-2-3120100	Track Conditions	2.3.9
<b>130</b>	Subset-076-5-2-3110400	Axle Load Speed Profile	2.3.9
<b>131</b>	Subset-076-5-2-5090300	On Sight is requested for a further location	2.2
<b>132</b>	Subset-076-5-2-4080415	Accepted Information depending on the modes - Geographical Position	2.3.7
<b>133</b>	Subset-076-5-2-4080450	Accepted Information depending on the modes - SH refused	Keine
<b>134</b>	Subset-076-5-2-4080405	Accepted Information depending on the modes - Conditional Emergency Stop	2.3.7
<b>135</b>	Subset-076-5-2-4080422	Accepted Information depending on the modes - Location Identity	2.3.7

		(NID_C + NID_BG transmitted in the balise telegram)	
<b>136</b>	Subset-076-5-2-3130700	Determination of Most Restrictive Speed Profile (MRSP)	2.3.9
<b>137</b>	Subset-076-5-2-4041400	POST TRIP	2.3.7 2.3.9
<b>138</b>	Subset-076-5-2-5100315	Transition initiated by driver	2.5.1
<b>139</b>	Subset-076-5-2-5170200	Table of requirements for Changing Train Data from sources different from the driver procedure	2.3.9
<b>140</b>	Subset-076-5-2-5110200	Table of requirements for Train Trip procedure	2.3.9
<b>141</b>	Subset-076-5-2-4080426	Accepted Information depending on the modes - National Values	2.3.9
<b>142</b>	Subset-076-5-2-6060303	Messages received from RBC/RIU	2.3.9
<b>143</b>	Subset-076-5-2-3180400	Additional Data	2.3.9
<b>144</b>	Subset-076-5-2-3060300	Validity direction of transmitted Information	2.3.9
<b>145</b>	Subset-076-5-2-3060200	Location of Data Transmitted to the On-Board Equipment	2.3.9
<b>146</b>	Subset-076-5-2-3120300	Text Transmission	2.3.9
<b>147</b>	Subset-076-5-2-5080400	End of Override procedure	2.2
<b>148</b>	Subset-076-5-2-5100400	Acknowledgement of the level transition	2.3.6
<b>149</b>	Subset-076-5-2-3050400	Maintaining a communication session	2.3.4
<b>150</b>	Subset-076-5-2-3180300	Train Data	2.2
<b>151</b>	Subset-076-5-2-5060400	Degraded Situation	Keine

<b>152</b>	Subset-076-5-2-4080451	Accepted Information depending on the modes - SH authorised + (optional) List of Balises for SH Area)	keine
<b>153</b>	Subset-076-5-2-4080429	Accepted Information depending on the modes - Radio Infill Area information	Keine
<b>154</b>	Subset-076-5-2-3070200	Responsibility for completeness of information	Keine
<b>155</b>	Subset-076-5-2-4041100	STAFF RESPONSIBLE	2.3.7.1
<b>156</b>	Subset-076-5-2-5190200	Limited Supervision is requested for current location (from modes different from Stand By and Post Trip)	1.3.6
<b>157</b>	Subset-076-5-2-3080300	Structure of a Movement Authority (MA)	2.2
<b>158</b>	Subset-076-5-2-3060100	Location Principles and Train Position and Train Orientation	2.2
<b>159</b>	Subset-076-5-2-4080445	Accepted Information depending on the modes - Track Conditions excluding sound horn, non stopping areas, tunnel stopping areas and big metal masses	2.3.7
<b>160</b>	Subset-076-5-2-3151000	Advance display of route related information	2.3.9
<b>161</b>	Subset-076-5-2-3111200	Gradients	2.3.9
<b>162</b>	Subset-076-5-2-4080443	Accepted Information depending on the modes - Track Ahead Free up to level 2/3 transition location	2.3.9
<b>163</b>	Subset-076-5-2-3060400	Train Position Confidence Interval	2.3.9
<b>164</b>	Subset-076-5-2-4040500	SYSTEM FAILURE	2.3.1

<b>165</b>	Subset-076-5-2-7040200	PACKETS: TRACK TO TRAIN	Keine
<b>166</b>	Subset-076-5-2-4080416	Accepted Information depending on the modes - Gradient Profile	2.3.7
<b>167</b>	Subset-076-5-2-3110600	Signalling related speed restrictions	2.3.1
<b>168</b>	Subset-076-5-2-9990600	A Deletion of accepted and stored information when used	2.3.7
<b>169</b>	Subset-076-5-2-4080424	Accepted Information depending on the modes - Mode Profile	2.3.7
<b>170</b>	Subset-076-5-2-3110300	Static Speed Profile (SSP)	2.3.9
<b>171</b>	Subset-076-5-2-5180900	Sounding the horn	Keine
<b>172</b>	Subset-076-5-2-5190600	Exit of Limited Supervision mode	1.3.6.2
<b>173</b>	Subset-076-5-2-3090300	Infill by radio	Keine
<b>174</b>	Subset-076-5-2-3140300	Reverse Movement Protection	2.3.1
<b>175</b>	Subset-076-5-2-4080413	Accepted Information depending on the modes - Exception [5]	2.3.9
<b>176</b>	Subset-076-5-2-7050100	Definitions of Variables	2.3.7
<b>177</b>	Subset-076-5-2-3050600	Registering to the Radio Network	2.2 2.3.9
<b>178</b>	Subset-076-5-2-4080402	Accepted Information depending on the modes - Adhesion factor	2.3.7
<b>179</b>	Subset-076-5-2-5070300	Shunting is requested for a further location	Keine
<b>180</b>	Subset-076-5-2-5180600	Passing an air tightness area	2.3.9
<b>181</b>	Subset-076-5-2-3150700	Tolerance of Big Metal Mass	Keine
<b>182</b>	Subset-076-5-2-3140100	Brake Command Handling	2.3.7.4

<b>183</b>	Subset-076-5-2-4080439	Accepted Information depending on the modes - Stop if in SR mode	2.3.7.1
<b>184</b>	Subset-076-5-2-4080428	Accepted Information depending on the modes - Position Report Parameters	2.2
<b>185</b>	Subset-076-5-2-3150400	Reversing of movement direction	2.2
<b>186</b>	Subset-076-5-2-4080436	Accepted Information depending on the modes - Route Suitability Data	2.2
<b>187</b>	Subset-076-5-2-5180500	Passing a radio hole	2.3.9

## 11.2 Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle

Die Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle für ETCS Level 1 LS (ESG) und ETCS Level 2 sind in einem separaten Dokument (EBA-Forschungsbericht 2019-03 Anhang 2: Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle) dargestellt.

## 11.3 Testfallkatalog

Der entwickelte Testfallkatalog ist in einem separaten Excel-Dokument (EBA-Forschungsbericht 2019-03 Anhang 3) dargestellt.