

# Erstellung von ETCS-Testfällen

Entwicklung einer Methodik zur Beschreibung und Erprobung von ETCS in Deutschland

**RICHARD KAHL**

Das moderne Zugbeeinflussungssystem ETCS (European Train Control System) kommt aktuell häufiger zur Anwendung und ist im Netz der Deutschen Bahn mit den zwei Ausprägungen ETCS Level 2 und ETCS signalgeführt (ESG) vertreten. Zudem ist ETCS als Komponente des European Rail Traffic Management System (ERTMS) für die Harmonisierung des Eisenbahnverkehrs auf europäischer Ebene spezifiziert, woraus sich die Notwendigkeit der Anpassung mit nationalen Funktionen ergibt. Dies und die Vielfalt der Ausrüstungskomponenten für Fahrzeuge und Strecken durch verschiedene Hersteller erhöhen die Komplexität des Systems und erfordern einen Nachweis der sicheren Funktion. Ein essentieller Bestandteil dieses Nachweises sind Tests, die bisher nur im Subset-076 der europäischen Spezifikation zur Verfügung stehen. Eine Erweiterung an nationale Anpassungen von ETCS liegt aktuell nur teilweise vor. Um diese Lücke der Nachweisführung für einen sicheren Bahnbetrieb zu schließen entschied sich das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) als nationale Aufsichtsbehörde für die Erarbeitung eines vollumfänglichen Testfallkatalogs für die in Deutschland

eingesetzten ETCS-Systeme (zum Stand Ende 2017). Unterstützt wurde das EBA hierbei durch das CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik und durch die Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden.

## Projektziele

Grundsätzlich bestand die Aufgabe, ein geeignetes Verfahren zu entwickeln, das das Gesamtsystem ETCS Level 2 (in Deutschland) und ESG abbildet. Hierfür sollte ein Testfallkatalog erarbeitet werden, dessen Vollständigkeit anschließend nachzuweisen war.

Des Weiteren wurden detaillierte Inhalte zwischen den Projektbeteiligten abgestimmt. Speziell sollte die Funktionalität des gesamten Systems betrachtet werden um einen hersteller- und komponentenübergreifenden Nachweis der sicheren Funktion zu ermöglichen und keine weiteren bereits vorhandenen Produkttests zu generieren. Diese werden bereits hinreichend durch die Hersteller durchgeführt. Zudem werden bei einer Systembetrachtung auch die verwendeten Schnittstellen auf ihre korrekte Funktion überprüft.

Weiterhin sollten die entstehenden Projektergebnisse für den praktischen Einsatz vorbereitet werden und beispielsweise über geeignete Filterkriterien verfügen.

## Ausgangssituation

Komponenten, die bei ETCS zur Anwendung kommen, sind systembedingt vielfältig und werden auch herstellerübergreifend kombiniert. Diese sind, ebenso wie andere Komponenten der Sicherungstechnik, nach den anerkannten Regeln bzw. Methoden (z.B. V-Model) entwickelt und auf ihre richtige Funktion geprüft. Innerhalb dieses Entwicklungsprozesses stehen auch verschiedene Testschritte zur Verfügung und werden entsprechend angewendet. So werden die entsprechenden Systemeigenschaften im ersten Schritt an Hand von Dokumentationen und Funktionsbeschreibungen geprüft. Dies geschieht herstellerintern und mit – verglichen mit nachfolgenden Tests – geringem Aufwand. Abb. 1 zeigt die Durchführung von Tests über die Projektlaufzeit am Beispiel ausgewählter ETCS-Komponenten von zwei fiktiven Herstellern „A“ und „B“.

Sind die Testergebnisse positiv, folgen ausführliche Labortests. Diese werden häufig durch die Hersteller selbst durchgeführt und berücksichtigen dabei keine Kombination von Produkten anderer Hersteller. Allerdings besteht in dieser Phase die Möglichkeit, mehrere Komponenten des gleichen Herstellers zu kombinieren um deren Verhalten zu prüfen und eventuelle Beeinflussungen (z.B. in der Kommunikation) aufzudecken. Anschließend erhalten die Produkte die Freigabe und werden in den entsprechenden Anlagen (Strecke oder Fahrzeug) installiert, worauf die Inbetriebnahmetests folgen. Hierbei werden zuerst die eingesetzten Baugruppen in der vorgesehenen Einsatzumgebung und anschließend das System als Ganzes getestet.

Dabei lässt sich bereits erahnen, dass erst bei der Vorbereitung zur Inbetriebnahme Probleme zwischen den einzelnen Komponenten unterschiedlicher Hersteller oder den verbindenden Schnittstellen aufgedeckt werden können, da erst in dieser späten Projektphase eine Kombination aller Baugruppen durchgeführt wird. Änderungen kurz vor der Inbetriebnahme können gravierende Auswirkungen auf den Terminplan haben. Zudem sind Änderungen im fertigen Produkt aufwendig und kostspielig.

## Methodischer Ansatz:

### Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle

Um einerseits das gesamte System ETCS und dessen Schnittstellen sowie das Zusammenspielen unterschiedlicher Komponenten und Hersteller zu betrachten, musste ein neuer Ansatz entwickelt werden. Dabei wurde sich von den technischen Realisierungen gelöst und ein betrieblicher Blickwinkel auf das System Eisenbahn gewählt. Ergebnis war die „Übersicht fahrdienst-

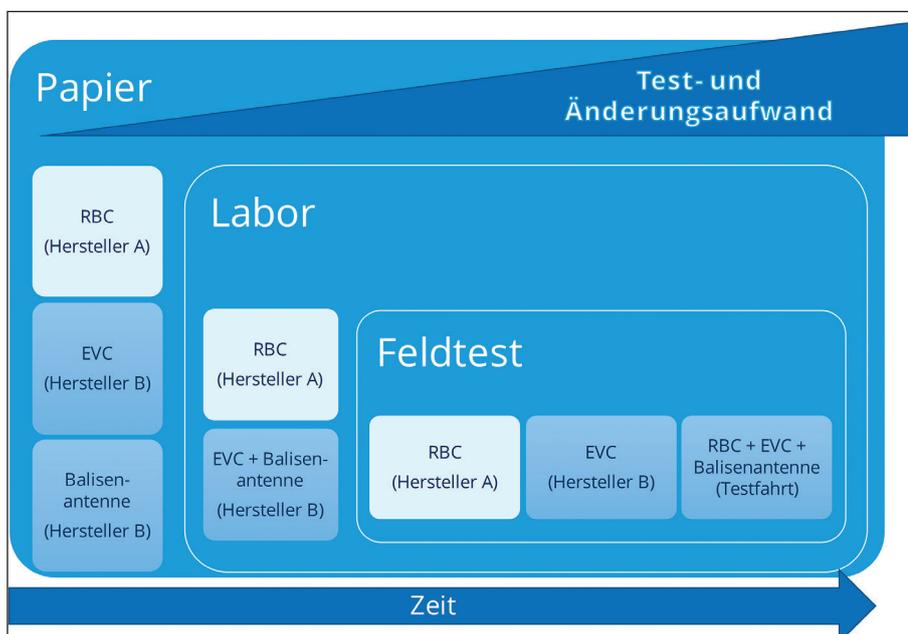


Abb. 1: Aktuelle Testsituation am Beispiel ausgewählter ETCS Komponenten

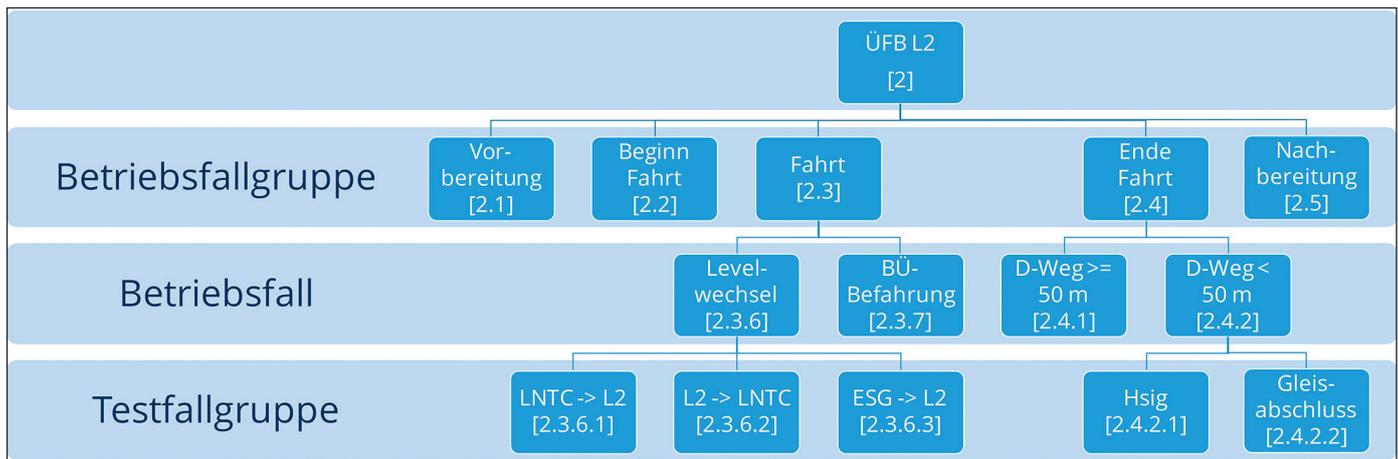


Abb. 2: Auszug aus der Übersicht fahrdienstlicher Betriebsfälle (ÜFB)

licher Betriebsfälle“ (ÜFB), die alle auftretenden Situationen, unabhängig von eingesetzten Techniken (z.B. Zugbeeinflussungssystem), beschreibt. Die ÜFB wurde ausgehend von den Bewegungsphasen nach dem Top-Down-Prinzip in Betriebsfälle, Testfallgruppen und Testfälle aufgeteilt, bis keine Unterteilung mehr möglich war und somit die betriebliche Situation umfänglich beschrieben ist. Einen Auszug der ÜFB ist in Abb. 2 dargestellt.

Anschließend wurde die generische Übersicht auf die beiden betrachteten Level übertragen und je eine ÜFB für ETCS Level 2 und ESG erstellt. Zudem wurden jedem Element eine eindeutige ID (Identifikation) zugeordnet um sich im anschließenden Schritt, der Erstellung eines Testfallkatalogs, orientieren zu können.

### Ergebnis Testfallkatalog

Ausgehend von der ÜFB wurden für jede Betriebssituation Testfälle entwickelt, die deren sichere Funktion nachweisen. Hierfür wurde die Betriebssituation schrittweise durch einzelne Tests beschrieben und parallel in ein strukturiertes Erwartungsbild überführt. Dabei wurde der Zustand des Fahrzeuges (Level, Betriebsart, Geschwindigkeit u. v. m.) zu Beginn und am Ende des Tests festgelegt. Zudem sind die notwendigen Reaktionen des Zugbeeinflussungssystems, z.B. Auslösung einer Zwangsbremmung oder Anzeige einer Textmeldung, sowie die nötigen Handgriffe des Triebfahrzeugführers definiert worden. Weiterhin wurde das Erwartungsbild durch umfangreiche Verknüpfungen zu den einzelnen Vorgaben (z.B. Regelwerke) angereichert, um eine anschließende Bewertung des Testfalls zu ermöglichen.

Das somit entstandene Ergebnis ist ein Testfallkatalog, der insgesamt über 2500 Testfälle enthält. Dabei ist jeder Testfall mit 28 Eigenschaften beschrieben und eine umfangreiche Abbildung der betrieblichen Situation. Um eine fachliche Zuordnung zwischen Testfall und Betriebssituation zu ermöglichen, kann die einheitliche ID genutzt werden (Abb. 2), die je nach Granularität der Testfälle fortgeschrieben wird. Eine direkte und schnelle Einordnung ist somit leicht möglich.

### Nachweis der Vollständigkeit

Der Auftraggeber stellte die Anforderung, die Vollständigkeit des entwickelten Testfallkataloges und damit die Verlässlichkeit der angewendeten Methodik nachzuweisen. Da hierfür keine wissenschaftlichen Quellen, die das System Eisenbahn gesamthaft beschreiben, zur Verfügung standen, musste auch hierfür ein geeignetes Verfahren gesucht werden.

Um alle betrieblichen Situationen zu erfassen, wurde eine erweiterte Projektgruppe zusammengestellt, die aus Experten der Leit- und Sicherungstechnik besteht. Den Experten war es möglich, durch ihre umfangreichen Erfahrungen und den verschiedensten Spezialisierungen im Bereich der Eisenbahnsicherungstechnik, unterschiedliche Blickwinkel auf die ÜFB und den Testfallkatalog einzubringen. Durch einen iterativen Abgleich der erarbeiteten Ergebnisse mit der Expertengruppe kann davon ausgegangen werden, dass alle betrieblichen Szenarien vollumfänglich betrachtet und vollständig durch Tests beschrieben wurden.

### Anwendungsmöglichkeiten

Bereits zu Projektbeginn stand die Forderung nach einem Testfallkatalog für eine praktische Anwendung im Mittelpunkt. Daher wurden entsprechende Filterfunktionen realisiert, die einen Einsatz in den unterschiedlichen Entwicklungsphasen des Produktes zur Folge haben. So kann beispielsweise der Testfallkatalog bereits bei der Erarbeitung von Produktzielen (Lastenheft) angewendet werden.

Das hauptsächliche Einsatzfeld liegt allerdings in den Labor- und Feldtests. Im Labortest können zukünftig Einzelprodukte oder Kombinationen mehrerer ETCS-Komponenten mit den gleichen Testanforderungen wie im Feldtest validiert werden. Feldtests sind für die Abnahme- oder Inbetriebnahme erstellt und können das abschließende Kriterium für die Zulassung der errichteten Strecke bilden.

### Weiterentwicklung des Testfallkatalogs

Der somit gewonnene Testfallkatalog stellt eine sehr gute Grundlage für die Durchführung von

Systemtests für ETCS Level 2 und ESG dar. Allerdings müssen die Ergebnisse auch auf die praktische Handhabung geprüft werden, was eine Inbetriebnahme einer Strecke mit diesen Zugbeeinflussungssystemen erfordert. Zukünftig müssen eventuelle Änderungen in der Systemspezifikation sowie die Einführung neuer Funktionalitäten im Testfallkatalog ergänzt werden. Zudem hat die Erstellung gezeigt, dass einige Testfälle häufiger auftreten, die auf das gleiche Verhalten des Fahrzeuges (z.B. Reaktion auf Balisenlesefehler oder Auslösung einer Zwangsbremmung) zurückzuführen sind. Hierbei könnte zukünftig, bei einmaligem positiven Testergebnis, auf (unnötige) Mehrfachtests verzichtet werden. Hierfür können, durch vertiefte Kenntnis im Aufbau des Testfallkatalogs und der ÜFB, modulare Testbausteine mit gezielten Verknüpfungen zu den Betriebssituationen entwickelt werden. Ein effektiveres Vorgehen bei der Systembewertung und somit eine Kostenminimierung bei der Produktentwicklung und Inbetriebnahme wäre die Folge.

### Zusammenfassung

Im durchgeführten Forschungsprojekt wurden 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. ■



#### Dipl.-Ing. Richard Kahl

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Verkehrssicherungstechnik, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, TU Dresden  
richard.kahl@tu-dresden.de