

ETCS an Infrastrukturgrenzen

Wie ETCS-Inkompatibilitäten entstehen und überwunden werden können.

RICHARD KAHL | ULRICH MASCHKE

Trotzdem das European Train Control System (ETCS) die Zugbeeinflussungssysteme in Europa vereinheitlichen soll und das auch tut, gibt es bei bestimmten Konstellationen Schwierigkeiten, die nicht nur die Kompatibilität zwischen Fahrzeug und Infrastruktur betreffen, sondern auch die zwischen Infrastrukturen. Dies ist dem Entwicklungsstadium geschuldet, in dem sich ETCS befindet: weit genug, um praktisch angewendet zu werden, aber noch nicht voll ausgereift, sodass Weiterentwicklungen geschehen, die Inkompatibilitäten mit älteren Versionen hervorrufen können. Wo diese praktisch auftreten und welche Lösungen es dafür gibt, soll im Folgenden beschrieben werden.

Ein gemeinsames Europa mit weitestgehend ungehindertem Waren- und Personenverkehr über Ländergrenzen hinweg ist bereits seit einigen Jahren Realität und zeigt auch für die Eisenbahn positive Effekte. Europa verfügt aktuell über rund 360 Grenzbetriebsstrecken [1], die dies ermöglichen. Die historisch bedingten und an Landesgrenzen aufeinander treffenden Systemunterschiede der einzelnen Bahnen wie Energieversorgungssysteme und Spurweite sind dabei weitestgehend vereinheitlicht oder technisch gelöst. Selbst die für viele Jahre als eine der größten Herausforderungen postulierte Harmonisierung des Zugbeeinflussungssystems ist mit dem praktischen Einsatz von ETCS ebenfalls getan. Übergänge unterschiedlicher nationaler Zugbeeinflussungssysteme (Klasse-B-Systeme), die häufig durch manuelles Umschalten des Triebfahrzeugführers (Tf) im Stillstand erfolgen und eine Mehrfachausrüstung der Fahrzeuge erforderten, gehören damit der Vergangenheit an. Soweit die Theorie.

Herausforderungen beim Grenzübergang

Schaut man sich die Grenzbetriebsstrecken im Detail an, erkennt man eine Vielzahl technischer Unterschiede, die an einer Landesgrenze aufeinandertreffen. Hier erschweren nationale Umsetzungen des Bahnbetriebs und Varianten bei der Anwendung von ETCS die Interoperabilität. So erfordert der Wechsel unterschiedlicher ETCS-Level bzw. Betriebsarten häufig komplexe Systemfunktionen und Streckenausrüstungen, um eine Transition zu ermöglichen. Blickt man allerdings aus dem Netz der Deutschen Bahn AG (DB), ist die Va-

riantenvielfalt für ETCS bereits deutlich reduziert, da, bis auf wenige Ausnahmen an den Grenzbetriebsstrecken zur Schweiz, nur ETCS Level 2 (L2) zum Einsatz kommt. [2]

Allgemeine technische und betriebliche Hürden

Abgesehen von ETCS treffen weitere bahnbetriebliche Eigenschaften an Infrastrukturgrenzen (meist Landesgrenzen) aufeinander. Beispielsweise seien das betriebliche Regelwerk, die Sprache und das Signalsystem genannt, die auch weiterhin durch das jeweilige Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) bestimmt werden. Diese Hürden lassen sich aber durch entsprechend geschultes Personal kompensieren, auch wenn hierfür ein erhöhter Qualifizierungsaufwand erforderlich ist. Für ETCS stellen unterschiedliche GSM-R-Netze (Global System for Mobile Communications – Rail, GSM-R), Systemversionen (SV) sowie die verschiedenen nationalen Werte (National Values – NV) die Herausforderung dar. Letztere können Auswirkungen auf die fahrzeugseitige Berechnung der Bremskurven und somit auf die Infrastrukturausrüstung haben. Der daraus resultierende mögliche Nachteil ungünstiger Bremskurvensprünge ist tiefgründig in [3] und [4] beschrieben. Auch dafür bestehen bereits technische und organisatorische Lösungen, die schon in frühen Planungsphasen beachtet werden.

Hindernisse bei L2-L2-Grenzbetriebsstrecken

Auf Grenzbetriebsstrecken, die beidseitig mit L2 ausgerüstet sind, lassen sich bereits vereinfachte Bedingungen erkennen. So sind keine aufwendigen Transitionen erforderlich, lediglich der automatische Wechsel des GSM-R-Providers muss vorgenommen werden. Für die frühzeitige Einwahl ins GSM-R-Netz ist bereits in Grenznähe eine Abdeckung des annehmenden Funknetzes erforderlich. Allerdings ergeben sich aus der L2-L2-Konstellation neue technische Besonderheiten.

Aufgrund der stetigen Weiterentwicklung von ETCS und der damit verbundenen Anpassung, Aktualisierung und Fehlerbereinigung des Funktionsumfangs ergeben sich verschiedene gültige Baselines und Systemversionen, die angewendet werden dürfen. Bedingt durch unterschiedliche Zeitpunkte bei der Komponentenentwicklung sowie Planung, Beschaffung und Ausrüstung von Strecken, treffen an Landesgrenzen auch unterschiedliche Systemversionen mit teilweise deutlich abweichendem Funktionsumfang aufeinander, die sich in der Softwareversion der ETCS-Zentrale (Radio Block Centre – RBC) manifestieren. Die Fahrzeugausrüstung (European Vital Computer – EVC) dort verkehrender Fahrzeuge muss das ebenso beherrschen.

Die Weiterentwicklung führte zu einer Varianz der ETCS-Ausrüstung auch innerhalb von L2, die

| | | Highest SV supported by on-board | | | | | |
|----------------------------|----------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | | B4R1 | B3R2* | B3MR1 | B2 | | |
| | | 1.0 | 2.0 | 2.1* | 2.2 | 3.0 | |
| One installed SV trackside | System Version | | | | | | |
| | B2 | 1.0 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| | B3MR1 | 1.1 | Yes** | Yes | Yes | Yes | Yes |
| | | 2.0 | No | Yes | Yes | Yes | Yes |
| | B3R2 | 2.1 | No | Yes** | Yes | Yes | Yes |
| | | 2.2 | No | Yes** | Yes** | Yes | Yes |
| | B4R1 | 2.3 | No | Yes** | Yes** | Yes** | Yes |
| 3.0 | | No | No | No | No | Yes | |

Abb. 1: Überblick der Kompatibilität von Systemversionen [8] (B4R1 = Baseline 4, Release 1)

sich mit der Veröffentlichung der Baseline 4 weiter erhöht. Eine nachträgliche Anpassung der EVC- und RBC-Software ist aufwendig, kostenintensiv und teilweise auch nicht realisierbar. Das führt zu Kompatibilitätsproblemen zwischen Fahrzeug und Strecke (Abb. 1). Dabei ist oft, bedingt durch die fehlende Abwärtskompatibilität, der Funktionsumfang der ältesten Systemversion der kleinste gemeinsame Nenner. Empfehlenswert ist, dass die eingesetzten Fahrzeuge über die höchste Systemversion verfügen, um einen Einsatz unabhängig von der streckenseitigen Systemversion zu ermöglichen. Dazu ist zukünftig ein komfortables und kostengünstiges Upgrade-Konzept vorzusehen. Hierfür gibt die Projektgruppe OCORA (Open CCS On-board Reference Architecture) bereits erste Schnittstellendefinitionen [5] vor.

Aus den unterschiedlichen Systemversionen der vorhandenen ETCS-Zentralen resultiert auch das Problem, dass diese nur bedingt miteinander kommunizieren können. Ein ungehindertes Übergeben der Fahrzeuge (Handover) von einem RBC zum RBC des benachbarten EIU (Abb. 2a) und damit die ungehinderte Fahrt in L2 ist so nicht möglich. Ein denkbares Kopelement ersetzt zum einen nicht die fehlenden Funktionen und steht auch aktuell auf dem Markt nicht zur Verfügung.

Lösungsmöglichkeiten für L2-L2-Grenzbetriebsstrecken

Der aus oben genannten Gründen resultierende „Flickenteppich der ETCS-Versionen“ erinnert an die Zeiten der nationalen Zugbeeinflussungssysteme. Um das zu verhindern, bedarf es einer detaillierten und individuellen Betrachtung jeder einzelnen Infrastrukturgrenze und angepasster Lösungen. Im Folgenden werden diese anhand einer Fahrt vom EIU 1 zum EIU 2 vorgestellt.

Verwendung einheitlicher Systemversionen

Eine Vereinheitlichung der Systemversionen beider RBC wäre die beste Lösung. Allerdings sind dafür vor Ablauf der vorgesehenen Nutzungsdauer erhebliche Investitionen durch Softwareupdates sowie Anpassungen der infrastruktureitigen Ausrüstung erforderlich. Diese verursachen Kosten, die für eine „erst kürzlich“ modernisierte Strecke nicht immer zu rechtfertigen sind. Diese Lösung ist erst nach einem weitgehenden Abschluss der ETCS-Entwicklung effektiv umsetzbar und somit vorerst nur theoretischer Natur.

Entkopplung der funkbasierten ETCS-Varianten

Eine praktikable Lösung ist die Entkopplung der funkbasierten ETCS-Varianten beider Länder durch ein Zugbeeinflussungssystem ohne kontinuierliche Datenübertragung und der damit einhergehende Verzicht auf ETCS-Zentralen auf der Grenzbetriebsstrecke. Die Kommunikation zwischen den RBC entfällt vollständig, und der

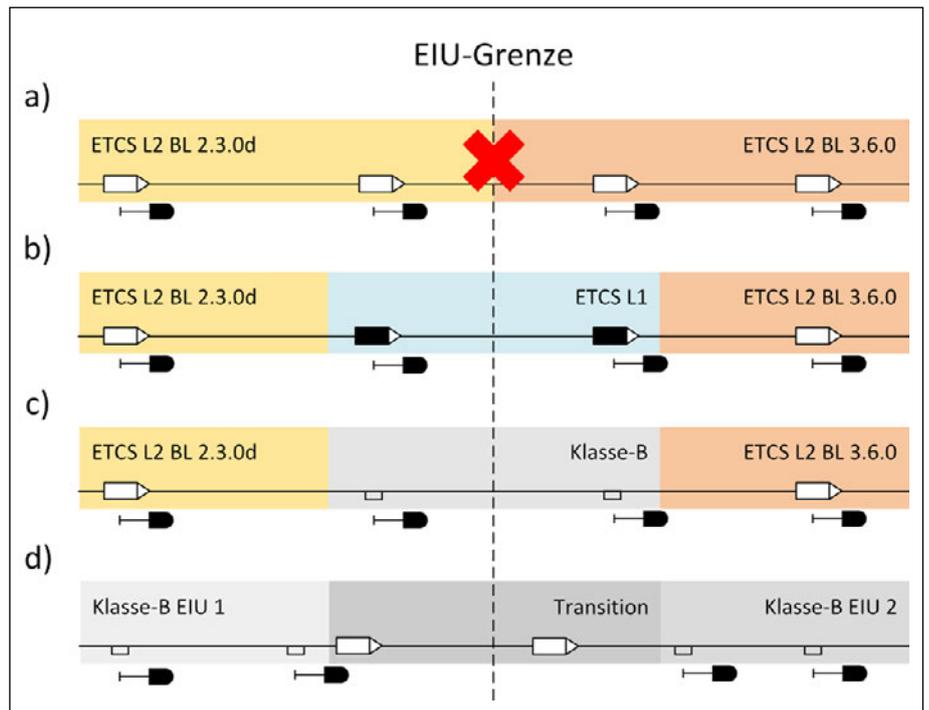


Abb. 2: Varianten zur Entkopplung von L2-L2-Übergängen an Infrastrukturgrenzen

Bahnbetrieb wird damit unabhängig von den eingesetzten Systemversionen. Hierfür stehen zwei Varianten zur Verfügung.

Entkopplung durch Klasse-A-System

Die Spezifikation von ETCS stellt auch Ausrüstungsvarianten ohne kontinuierliche Datenübertragung und ohne ETCS-Zentrale bereit. Level 1 (L1) in den Betriebsarten Limited Supervision (LS) und Full Supervision (FS) sind zwar nach [2] für den Einsatz im deutschen Eisenbahnnetz in der Regel nicht vorgesehen, werden aber in anderen Ländern erfolgreich eingesetzt und benötigen mit der charakteristischen punktförmigen Datenübertragung kein RBC. Zudem ist im Netz der DB nach [6] auf Grenzbetriebsstrecken die Nutzung des Zugbeeinflussungssystems vom benachbarten EIU möglich.

Bei Annäherung an die Landesgrenze wird eine Transition von L2 nach L1 vorgesehen (Abb. 2b), was eine Beendigung der Datenübertragung zur ETCS-Zentrale des EIU 1 bewirkt. Anschließend wird die Grenze in L1 passiert, wobei L1 FS den Vorteil der gleichen Sicherheit durch Vollüberwachung bietet; L1 LS ist aber ebenso denkbar. Anschließend wird die Transition nach L2 vorgesehen, es erfolgt die Aufnahme durch das RBC des EIU 2. Allerdings sind hierfür schaltbare Balisengruppen erforderlich, was die Streckenausrüstung gegenüber L2 komplexer gestaltet. In einfachen Fällen sind aber nur zwei Signale pro Richtung (Ein- und Ausstiegssignal) auszurüsten.

Vorteil dieser Variante ist, dass durchgängig in ETCS-Überwachung gefahren wird; eine Ausrüstung der Fahrzeuge mit anderen (Klasse-B-) Systemen ist nicht erforderlich.

Entkopplung durch Klasse-B-System

Eine weitere Variante der Entkopplung besteht durch den Einsatz eines Klasse-B-Systems (Abb. 2c). Auch hier wird beim EIU 1 ein Ausstieg aus L2 vorgesehen, allerdings erfolgt eine Transition ins Level NTC (National Train Control – NTC). Nach Überfahrt der Grenze geschieht eine Transition nach L2 und damit die Kontaktaufnahme zum RBC des EIU 2.

Die Variante ist zwar technisch möglich, für einen interoperablen Fahrzeugeinsatz aber kontraproduktiv, da hierfür immer eine Ausrüstung mit einem oder mehreren nationalen Klasse-B-Systemen (z.B. Antennen, Specific Transmission Modul – STM) erforderlich ist, was eigentlich mit ETCS verhindert werden sollte. Diese Lösungsmöglichkeit wird daher nicht empfohlen. Lediglich als Übergangslösung, solange die Fahrzeuge die Klasse-B-Systeme der benachbarten Länder ohnehin noch benötigen, ist es denkbar.

Sonderfall balisengestützte Klasse-B-Transition

Ein Sonderfall bei der Ausrüstung von Grenzbetriebsstrecken stellen EIU-Grenzen dar, die aufgrund fehlender ETCS-Ausrüstung auf mindestens einer Seite mit dem nationalen Zugbeeinflussungssystem befahren werden. Die eingesetzten Klasse-B-Systeme sind vielfältig und unterscheiden sich in der übertragenen Information, der Technik der Datenübertragung und im Funktionsumfang erheblich. Ein automatisiertes Umschalten ist nicht möglich, dies wird häufig durch den Tf und im Stillstand durchgeführt.

Durch den hohen Informationsgehalt, der durch Balisen und ETCS-Telegrammen übermittelt werden kann, und die Möglichkeit, mittels verschiedener STM die Informationen in einem EVC zu

bündeln, wird eine automatische Umschaltung allerdings möglich. Für die streckenseitige Planung einer balisengestützten Klasse-B-Transition steht [7] zur Verfügung, einen beispielhaften Ausrüstungszustand zeigt Abb. 2d. Die ausführliche Beschreibung der Funktionalität und Planung kann [1] entnommen werden.

Diese Ausrüstungsvariante wird beispielsweise am Grenzübergang zwischen Horka (D) und Węglińiec (PL) angewendet und bietet den Vorteil, dass der Wechsel zwischen dem deutschen (PZB) und polnischen (SHP) Zugbeeinflussungssystem automatisch erfolgt, vorausgesetzt, das Fahrzeug ist mit ETCS ausgerüstet; PZB und SHP sind ohnehin (noch) obligatorisch. Ein Zughalt zum Umschalten ist nicht erforderlich. Zudem war dies eine gute Lösung für die Übergangszeit, in der nur auf polnischer Seite eine ETCS-Ausrüstung zur Verfügung stand.

Da nach Inbetriebnahme von ETCS auf deutscher Seite an der EIU-Grenze zwei Systemversionen von L2 aufeinandertreffen und ein Upgrade auf polnischer Seite nicht zu erwarten ist, wird hier eine Entkopplung durch ein interoperables System (L1) empfohlen, um die oben genannten Probleme zu verhindern. Dadurch wären – weitere ETCS-Streckenausrüstungen vorausgesetzt – die Klasse-B-Systeme auf den Fahrzeugen entbehrlich.

Ausblick

Auch wenn die beschriebenen Lösungen zur Verfügung stehen und den Einsatz von ETCS auch über verschiedene Systemversionen hinweg ermöglichen, ist eine Weiterentwicklung zur Meisterung der Besonderheiten von ETCS an Landesgrenzen erforderlich. So sind Abstimmungen zwischen den EIU in frühen Planungsphasen unbedingt erforderlich und erleichtern die Inbetriebnahme. Hierfür existieren bereits gute Ansätze, diese können aber von einer weiterführenden Standardisierung profitieren.

Weiterhin sollen Fahrzeuge möglichst auf allen Strecken unabhängig von der ETCS-Systemversion eingesetzt werden können. Hierfür müssen praktikable und kostengünstige Upgradekonzepte entwickelt und zur Einsatzreife gebracht werden, damit die Fahrzeuge immer mit einer möglichst hohen Systemversion ausgerüstet sind.

Ebenso sind durch die künftige Anwendung von ETCS bei den nichtbundeseigenen Eisenbahnen (NE) ähnliche Effekte zu erwarten, da hierdurch weitere, mit ETCS ausgerüstete EIU-Grenzen entstehen. Dazu müssen die Regelwerke (z. B. [6]) angepasst und erweitert werden.

Zusammenfassung

Treffen verschiedene ETCS-Systemversionen z. B. an EIU-Grenzen aufeinander, kann es aufgrund des unterschiedlichen Funktions- und Informationsumfanges zu Inkompatibilitäten kommen. Um diese zu beseitigen, existieren bereits heute leistungsfähige Maßnahmen. So können beispielsweise L2-L2-Transitionen an Landesgrenzen durch einen Streckenabschnitt

ohne Streckenzentrale (RBC) voneinander entkoppelt werden. Hierbei ist ein interoperables System (ETCS L1) immer einem Klasse-B-System vorzuziehen. Weiterhin ermöglicht ETCS eine automatische Transition von und zu nationalen Zugbeeinflussungssystemen, was für einen effektiveren Bahnbetrieb sorgt, solange die alten Systeme noch benötigt werden.

Auch wenn das Zusammenspiel verschiedener ETCS-Systemversionen in den kommenden Jahren noch immer eine komplexe und individuelle Betrachtung erfordern wird, sind Lösungen verfügbar. Damit schließt ETCS eine Lücke, die den europaweiten Einsatz von Klasse-B-Systemen hat scheitern lassen. Dennoch wird der praktische Einsatz auch zukünftig Herausforderungen aufzeigen, für die ebenfalls Lösungen gefunden werden (müssen). ■

QUELLEN

- [1] Trinckauf, J.; Maschek, U.; Kahl, R.: ETCS in Deutschland, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage, Trackmedia, 2024
- [2] Eisenbahn-Bundesamt: Nationaler Umsetzungsplan ETCS, Version 1.11, 11. Dezember 2017, https://www.eba.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Europa/ERTMS/Nationaler_Umsetzungsplan_ETCS.pdf, zuletzt abgerufen am 23.04.2024
- [3] Schwenzer, R.; Brune, L.: ETCS-Bremskurvenkonflikte an Landesgrenzen, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 6/2022
- [4] Schwenzer, R.: Auswirkungen unterschiedlicher ETCS-Bremskurven an Landesgrenzen, Diplomarbeit Technische Universität Dresden, 2021
- [5] Mühlemann, R.: OCORA – Die europäische Initiative zur ETCS-Fahrzeugausrüstung der Zukunft, SIGNAL+DRAHT 9/2020
- [6] Deutsche Bahn: Richtlinie 302 – Grenzüberschreitende Bahnstrecken – Gesamtfassung, 2015
- [7] Deutsche Bahn: Richtlinie 819.1350 – Balisengestützter Systemwechsel von Class-B Systemen, 2018
- [8] Kleine, E.: System Version Management Version 3.6, Vortrag, ERTMS Users Group

VDEI

Fachausschuss
Sicherungstechnik,
Informatik und Kommunikation



Dr.-Ing. Richard Kahl
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
richard.kahl@tu-dresden.de



PD Dr.-Ing. habil. Ulrich Maschek
Kommissarischer Leiter
ulrich.maschek@tu-dresden.de

Beide Autoren:
Professur für Verkehrssicherungstechnik
TU Dresden, Dresden



Schutz nach Ril 819.0808

Überspannungs-Schutzeinrichtung im Kabelabschlussgestell

Ril-konforme Verfügbarkeit für die TK sichern

Überspannungs-Schutzeinrichtungen (ÜSE) gemäß Ril 819.0808 für das KAG.

Das bedeutet:

- DB InfraGO AG freigegebene TK-Lösung für die KAG-Anwendung
- Platzsparende und anwenderfreundliche Umsetzung
- Sicher dimensioniert hinsichtlich transienter und Bahn-Beeinflussungsspannungen

de.hn/bBst6



DEHN protects.
www.dehn.de