

ETCS an Landesgrenzen: Interoperabilität und Ausrüstungsvarianten

ETCS at international borders: interoperability and equipment variants

Lars Brune | Pascal Kahnert | Julia Kalkreiber | Bavo Lens

Mit der Technischen Spezifikation für Interoperabilität (TSI) steht den Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) das Zugbeeinflussungssystem European Train Control System (ETCS) zur Verfügung, das perspektivisch den freizügigen Einsatz von Triebfahrzeugen ermöglicht. Da jedes EIU jedoch eigene Konfigurationen des Systems nutzt, müssen diese an ihren infrastrukturseitigen technischen und betrieblichen Schnittstellen aufeinander abgestimmt werden. Die Anzahl der Systemübergänge (z. B. Levelwechsel) ist dabei begrenzt, die Variation der Systeme scheint jedoch unbegrenzt. Die streckenseitige Zugbeeinflussung muss deshalb an jeder Landesgrenze individuell betrachtet und so geplant werden, dass Sicherheit, Interoperabilität und Leistungsfähigkeit gewährleistet sind.

1 Ausrüstungsprojekte an Ländergrenzen: Überblick Europa und Deutschland

Mittelfristig sollen 20 der 50 zwischen Deutschland und seinen Nachbarländern bestehenden Grenzbetriebsstrecken mit ETCS (Klasse-A-System nach [1]) ertüchtigt werden. Zum heutigen Stand sind lediglich die Strecken zwischen Deutschland und der Schweiz in Betrieb. Außerdem gibt es balisengestützte Transitionen von und nach nationalen Zugbeeinflussungssystemen (Klasse-B-Systeme; ebd.) auf einigen wenigen Grenzbetriebsstrecken. Andere Länder, wie die Schweiz und Luxemburg, sind diesbezüglich bereits weiter und haben ihren Teil der Grenzbetriebsstrecken schon vollständig mit ETCS ausgerüstet. Insgesamt hat die Europäische Union 65 Grenzbetriebsstrecken identifiziert und deren ETCS-Ausrüstung im Europäischen Bereitstellungsplan [2] mit den Mitgliedstaaten vereinbart. Bis Ende 2019 waren acht davon in Betrieb [3].

1.1 Rechtliche Grundlage

Grenzbetriebsstrecken stellen aus rechtlicher Sicht eine Besonderheit dar. Gemäß Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO), § 3a [4], können „auf Grenzbetriebsstrecken [...] die entsprechenden Vorschriften des Nachbarstaates angewendet werden“.

Dies ermöglicht es, die Systemgrenzen nicht direkt auf der Landesgrenze zu projektieren, sondern nach betrieblichen Aspekten auf der Grenzbetriebsstrecke einen passenden Ort zu wählen. Lediglich das geltende Recht endet an der jeweiligen Staatsgrenze. Ansonsten kann für jedes Gewerk beziehungsweise Regelwerk eine eigene Grenze auf der Grenzbetriebsstrecke definiert werden. Exemplarisch wird dies in Bild 1 dargestellt. In der nachfolgenden Beschreibung wird nur auf die Thematik der Sicherungstechnik an den Grenzübergängen eingegangen.

The Technical Specification for Interoperability (TSI) has paved the way for the European Train Control System (ETCS) to eventually enable the unrestricted operation of traction units. However, given that each railway infrastructure manager uses its own system configuration, such configurations need to be attuned to one another at their interfaces. While the number of system transitions (e.g. level transitions) is limited, variations within the systems seem to be unlimited. Trackside automatic train control therefore needs to be considered individually at each international border and designed in such a way that safety, interoperability and performance are guaranteed.

1 Equipment projects at international borders: an overview of the situation in Europe and in Germany

20 of the 50 cross-border sections with ETCS between Germany and its neighbours are scheduled for an upgrade (Class A system according to [1]) in the medium term. Currently, only the lines between Germany and Switzerland are in service. In addition, there are also balise-aided transitions from and to national automatic train control systems (Class B systems; *ibid.*) in a few cross-border sections. Other countries, such as Switzerland and Luxembourg, are ahead of Germany and have already completely equipped their cross-border sections with ETCS. The European Union has identified a total of 65 cross-border sections and has reached an agreement with its member states on their being equipped with ETCS as part of the European Deployment Plan [2]. Eight of them were in service by the end of 2019 [3].

1.1 The legal basis

From a legal point of view, cross-border sections are something of a special case. According to Section 3a [4] of the German Railway Construction and Operating Regulations (Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung, “EBO”), the corresponding regulations of a neighbouring country can be applied in cross-border sections. This means that system borders need not be planned at the exact location of the international borders. Instead, a suitable site can be chosen in the cross-border section based on the operating considerations since only the applicable laws end at a country’s border and not the technical regulations. Therefore, each infrastructure facility or set of rules can be assigned a border of its own in the cross-border section. An example can be seen in fig. 1. The following description concerns the area of control-command and signalling at border crossings.

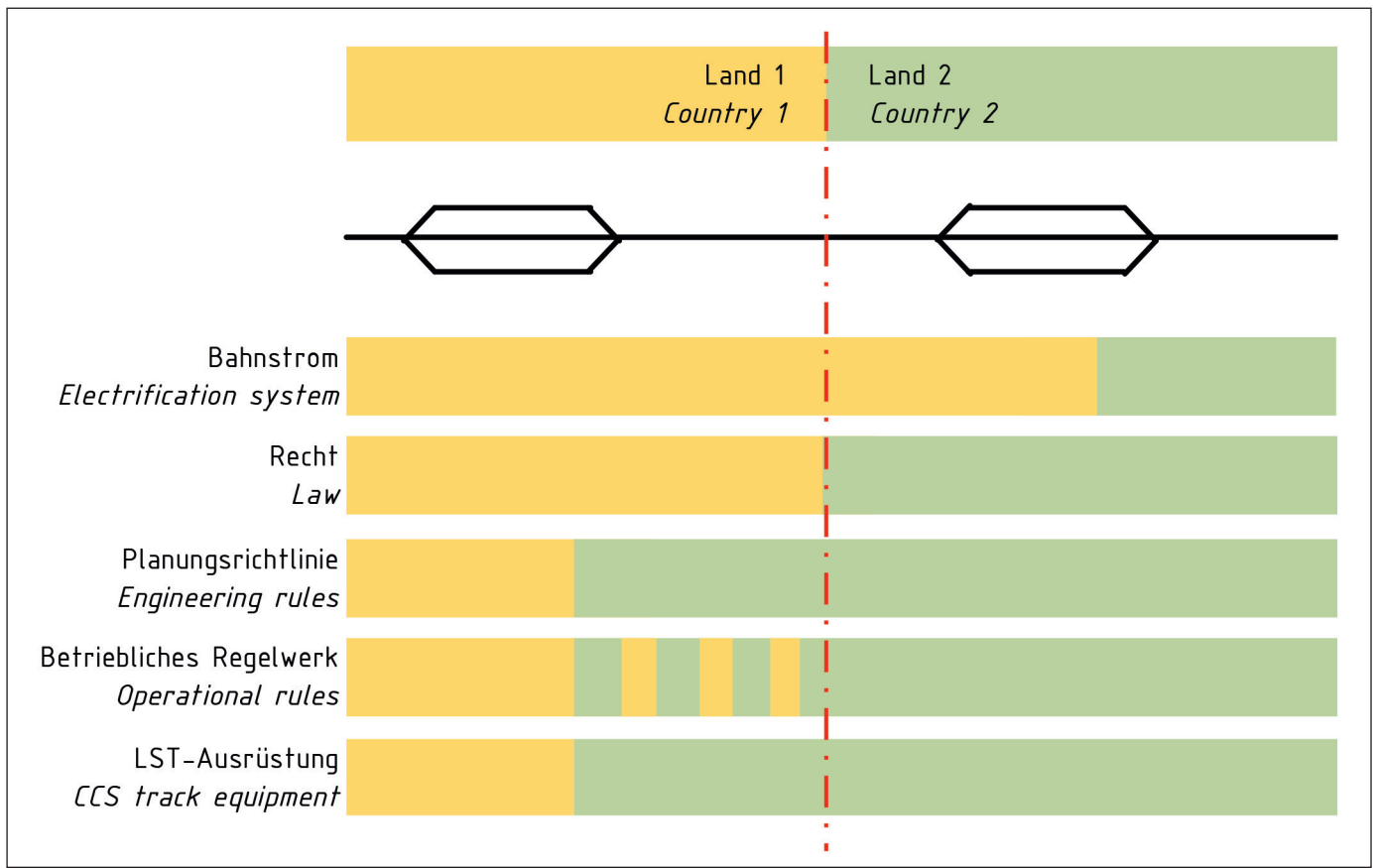


Bild 1: Beispielhafte Anordnung der Systemgrenzen bei Grenzbetriebsstrecken
 Fig. 1: Example of system border layout on cross-border sections

Quelle / Source: DB Netz AG

1.2 Kompatibilität der Fahrzeuge

Grundsätzlich gilt, dass ein Fahrzeug entsprechend der infrastruktureitigen Anforderungen ausgerüstet und zugelassen sein muss, wenn das entsprechende System genutzt werden soll. Dies betrifft auch die Sicherungstechnik. Dabei kann es vorkommen, dass Fahrzeuge ein bestimmtes System wegen Inkompatibilität nicht nutzen können.

Ähnlich wie es in Deutschland Entwicklungsprogramme bei der punktförmigen (PZB) bzw. linienförmigen Zugbeeinflussung (LZB) gab und gibt, erfolgt dies bei ETCS auf europäischer Ebene. Die Weiterentwicklung des ETCS führt unweigerlich zu einer Versionierung der technischen Anforderungen, die sich in den verschiedenen Baselines (BL) widerspiegelt (Bild 2). Vor der Ausrüstung einer Strecke muss deshalb definiert werden, welche Spezifikation zur Anwendung kommen soll. Eine höhere Baseline bietet in der Regel einen größeren Funktionsumfang und Verbesserungen im Vergleich zu älteren Spezifikationen.

Um einen Zug mit ETCS-Ausrüstung auch auf einer Strecke mit Klasse-B-System einzusetzen, sind sogenannte *Specific Transmission Modules* erforderlich. In der BL2 wird dieser Level entsprechend als Level STM, in der BL3 als Level NTC (National Train Control) bezeichnet.

Die Abwärtskompatibilität der Fahrzeuggeräte erlaubt Fahrzeugen, Strecken mit gleicher oder niedrigerer Baseline uneingeschränkt zu befahren, während Strecken mit höherer Baseline nicht oder nur mit funktionalen Einschränkungen befahren werden können [5].

Die Entwicklung des Systems ist dabei noch nicht abgeschlossen, sodass auch in Zukunft die Abwägung zwischen Funktions-

1.2 Vehicle compatibility

As a general rule, vehicles have to be equipped and approved according to the trackside requirements of the systems that they use. This also applies to control-command and signalling. In some cases, vehicles may not be able to use a certain system due to incompatibility.

Just as there have been development programs for intermittent (PZB) and continuous (LZB) automatic train control in Germany, the same is also true for ETCS at the European level. Inevitably, continuing ETCS development has led to the versioning of the technical requirements, which has been reflected in the various baselines (BL) (fig. 2). The used specification therefore has to be determined before the line is equipped. As a rule, a higher baseline provides a broader range of functions and improvements compared to previous specifications.

Specific transmission modules are required, if a train with ETCS equipment is to be deployed on a line with a Class B system. This level is referred to as Level STM in BL2 and as Level NTC (National Train Control) in BL3.

The on-board units' downward compatibility allows vehicles to run on lines with the same or a lower baseline without any restrictions, but they cannot run on lines with a higher baseline or can only do so with functional restrictions [5].

The system development has yet to be completed, which means that operators will continue to have to weigh up the relative merits of functional scope and compatibility. The change process is described in [6].

Vehicles with incompatible on-board ETCS equipment run in Level NTC with national train protection systems or, if permit-

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Netz AG und Infrabel /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt / © DVV Media Group GmbH

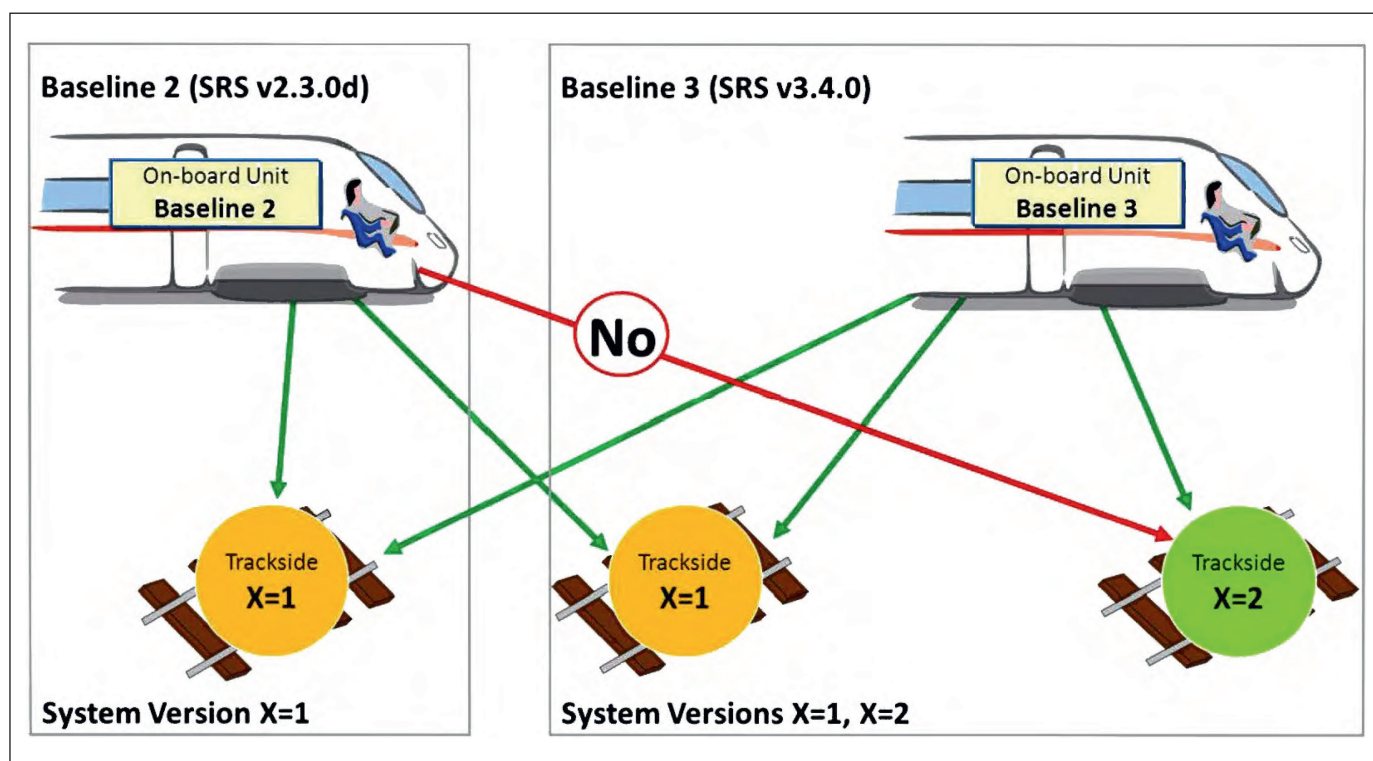


Bild 2: Kompatibilität von Fahrzeug- und Streckenausrüstung

Fig. 2: Compatibility of on-board and trackside equipment

Quelle / Source: ERA [7]

umfang und Kompatibilität notwendig sein wird. Den Änderungsprozess beschreibt [6].

Fahrzeuge, die eine inkompatible ETCS-Bordausrüstung besitzen, verkehren in Level NTC mit nationalen Zugsicherungssystemen oder, falls betrieblich zulässig, in Level 0. Die balisengestützte Klasse-B-Klasse-B-Transition muss für diese Fahrzeuge ebenfalls betrachtet werden.

Falls diese nicht implementiert ist, ist betrieblich zu gewährleisten, dass das jeweilige nationale Zugbeeinflussungssystem aktiviert wird.

2 ETCS-Ausrüstungsvarianten an Grenzübergängen

Bei der Ausrüstung von Grenzbetriebsstrecken mit ETCS gilt es, einige Herausforderungen zu bewältigen. Dazu zählen u. a. die Komplexität und Individualität der einzelnen Projekte aufgrund der landesspezifischen ETCS-Ausprägungen, die nationalen Klasse-B-Systeme sowie betrieblichen Regelungen. Dies hat zur Folge, dass generische Planungsvorgaben für ETCS-Grenzübergänge derzeit bei der DB Netz AG nicht existieren. Für jeden Grenzübergang wird in Abstimmung mit dem jeweiligen benachbarten EIU eine individuelle Lösung erarbeitet und sicherheitlich bewertet, um den grenzüberschreitenden Schienenverkehr unter ETCS-Führung zu ermöglichen.

Die Anzahl der möglichen ETCS-Ausrüstungsvarianten auf Grenzbetriebsstrecken ist jedoch begrenzt. Grundsätzlich unterschieden werden die folgenden Varianten der Klasse-A-Übergänge:

- von ETCS Level 2 (L2) nach L2
- von ETCS L2 nach Level 1 (L1) (und umgekehrt)
- von ETCS L1 nach L1

ETCS Level 3 (L3) wird an dieser Stelle nicht betrachtet, da es bisher kaum Anwendung findet [8]. Die funktionalen Unterschiede der Level werden in [9] und [10] beschrieben.

ted by the operating requirements, in Level 0. Balise-aided Class B-Class B transition must also be considered for such vehicles. If this is not implemented, operating measures must be taken to ensure that the national automatic train control system is activated.

2 ETCS equipment variants at border crossings

A number of challenges have to be mastered when equipping cross-border sections with ETCS. These include the complexity and individual nature of each project owing to the country-specific implementations of ETCS, national Class B systems and operating regulations. As a result, there are currently no generic design specifications concerning ETCS border crossings at DB Netz AG. A specific solution has to be worked out for every border crossing point and subjected to a safety assessment in consultation with the neighbouring railway infrastructure manager in order to enable cross-border rail services under ETCS supervision.

However, the number of possible ETCS equipment variants on cross-border sections is limited. A basic distinction is made between the following variants for Class A transitions:

- From ETCS Level 2 (L2) to L2
- From ETCS L2 to Level 1 (L1) (and vice versa)
- From ETCS L1 to L1

ETCS Level 3 (L3) is not considered here as it has barely been deployed to date [8]. The functional differences in the levels are described in [9] and [10].

In addition to the aforementioned variants, there may also be other sub-variants depending on the planned ETCS baseline and the possible L1 variants in Limited Supervision (LS) or Full Supervision (FS) mode. Every one of these equipment options has its advantages and disadvantages in terms of technical, op-

Neben den oben genannten Varianten ergeben sich in Abhängigkeit von der geplanten ETCS-Baseline und der möglichen Varianten von L1 in den Betriebsarten Limited Supervision (LS) oder Full Supervision (FS) ggf. weitere Untervarianten. Jede einzelne dieser Ausrüstungsmöglichkeiten bietet sowohl Vor- als auch Nachteile hinsichtlich technischer und betrieblicher Umsetzbarkeit sowie Wirtschaftlichkeit. Zusätzlich müssen Übergänge von und nach Klasse-B-Systeme geplant werden.

Zu Beginn der Planung können einzelne Lösungsmöglichkeiten nach einer Variantenuntersuchung ausgeschlossen werden, wenn beispielsweise eine L2-Lösung aufgrund der bestehenden Stellwerkstechnik nicht möglich ist oder vom benachbarten EIU einzelne Lösungen bereits vorab ausgeschlossen werden.

2.1 Übergang zweier L2-Systeme mit Kopplung der Radio Block Centres

Jedes Radio Block Centre (RBC) hat einen definierten, endlichen Bereich, in dem Züge geführt werden können. Beim Verlassen eines RBC-Bereichs muss das Fahrzeug vom Nachbar-RBC aufgenommen werden. In der Regel ist ein Informationsaustausch beider RBC notwendig. Wenn die beiden beteiligten Länder jeweils ETCS L2 in BL3 ausrüsten, können als Grundlage die Vorgaben aus dem deutschen Planungsregelwerk verwendet werden, um den RBC-Wechsel am Grenzübergang umzusetzen. Eine Schnittstelle zwischen einem deutschen und einem ausländischen RBC am Grenzübergang muss jedoch projektspezifisch gemäß den Vorgaben aus der TSI (Subset 039) entwickelt werden. Für die Anwendung dieser Schnittstelle müssen alle Funktionalitäten, die auf der Grenzbetriebsstecke benötigt werden, auch im jeweiligen Nachbar-RBC vorhanden sein.

Entscheidet sich das benachbarte EIU dazu, den angrenzenden Streckenabschnitt mit ETCS BL2 auszurüsten, gestaltet sich die Umsetzung des ETCS-Übergangs wesentlich komplexer. Es existieren aktuell weder eine (in Deutschland) zugelassene Schnittstelle zwischen einem BL2- und einem BL3-RBC noch Planungsvorgaben im deutschen ETCS-Regelwerk. In diesem Fall ist darüber hinaus zu beachten, dass beim Übergang von BL2 nach BL3 Fahrzeuge, die mit einem Fahrzeuggerät nach BL2 ausgerüstet sind, balisengesteuert nach Level STM (Specific Transmission Module) entlassen werden müssen. Hierfür ist der Einsatz der BL3-Funktionalität „Virtual Balise Cover“ (VBC) [11] möglich, die vor allem für Bauzustände entwickelt wurde [12].

Vorteil eines L2-L2-Übergangs mit RBC-Kopplung ist in erster Linie das Ermöglichen einer durchgängigen Befahrung mit L2 im Mode FS. Zu beachten ist hierbei jedoch, dass sich hierdurch auch Schnittstellen zum Nachbarland hinsichtlich Planung, Bauausführung, Instandhaltung und Betrieb ergeben. Zudem muss in beiden Fahrtrichtungen eine ausreichende GSM-R-Funkabdeckung (Global System for Mobile Communications – Rail) bereits vor der RBC-Grenze zur Verfügung stehen. Daraus resultiert ein GSM-R-Überlappungsbereich. Die Länge dieses Abschnitts entspricht dem zurückgelegten Weg des ETCS-Fahrzeugs während der Einwahl in das GSM-R-Netz des Nachbarlandes sowie für die Herstellung einer Funkverbindung zum Nachbar-RBC und hängt von der Geschwindigkeit ab. Außerdem wird nach [13] ein Funkversorgungspegel von -95 dBm bis -92 dBm gefordert. Die Frequenzen der beiden GSM-R-Netze im Überlappungsbereich müssen dabei untereinander abgestimmt werden, sodass keine Interferenzen entstehen [14].

Ist die GSM-R-Funkabdeckung nicht ausreichend, ist eine Anpassung des Funksystems (z. B. durch einen zusätzlichen Funkmast) erforderlich.

erating and economic viability. Transitions also have to be designed to and from Class B systems.

At the start of planning, specific solution options can be excluded after an examination of the equipment variants, for example, if an L2 solution is not possible owing to the existing interlocking technology or if the neighbouring railway infrastructure manager excludes specific solutions before work even gets underway.

2.1 The transition between two L2 systems with radio block centre coupling

Each radio block centre (RBC) has a defined, finite area within which the train can be controlled. Upon leaving one RBC area, the train must be accepted by the neighbouring RBC. The two RBCs need to exchange information as a rule. If the two countries involved have each equipped ETCS L2 in BL3, the specifications from the German design rules can be applied as the basis for implementing the RBC handover at the border crossing. However, an interface between a German and a foreign RBC at the border crossing must have been developed specifically for the project concerned according to the specifications of the TSI (Subset 039). In order to use this interface, all the functionalities required in the cross-border section must also be available in the neighbouring RBC.

If the neighbouring railway infrastructure manager decides to equip the adjacent line section with ETCS BL2, the implementation of the ETCS transition becomes significantly more complex. At the present time, no interface has been approved in Germany between a BL2 and a BL3 RBC and there are no such design specifications in the German ETCS rules. In this case, it is important to note that vehicles equipped with an on-board unit according to BL2 must be transitioned to Level STM (Specific Transmission Module) under balise control when transitioning from BL2 to BL3. The BL3 Virtual Balise Cover (VBC) functionality that was primarily developed for deployment on lines under construction [12] can be used for this purpose [11].

The major advantage of an L2-L2 transition with RBC coupling is that it enables end-to-end passage with L2 in FS mode. However, it is important to note that this also creates interfaces to the neighbouring country in terms of design, execution of construction, maintenance and operations. Furthermore, there must also be sufficient GSM-R (Global System for Mobile Communications – Rail) coverage on the line leading up to the RBC border in both directions. This results in a GSM-R overlap area. The length of this section corresponds to the distance covered by the ETCS vehicle during the dial-up into the neighbouring country's GSM-R network and the time taken to establish a radio connection to the neighbouring RBC and depends on the speed. Moreover, a coverage level ranging from -95 dBm to -92 dBm is required according to [13]. The frequencies of the two GSM-R networks in the overlap area must be attuned to one another in order to prevent any interference [14].

If the GSM-R radio coverage is insufficient, the radio system will have to be modified (e.g. by adding a radio mast).

2.2 The transition between two L2 systems without RBC coupling

An L2-L2 transition can also be realised without coupling the two neighbouring RBCs. This has the advantage that some major technical and organisational interfaces to the neighbouring country are no longer necessary. However, this variant is currently not described in the L2 specifications for BL3 (BTSF3) or in the associated regulations. This means that any solution for

2.2 Übergang zweier L2-Systeme ohne Kopplung der RBC

Ein L2-L2-Übergang kann auch realisiert werden, ohne die beiden benachbarten RBC miteinander zu koppeln. Dies hat den Vorteil, dass einige wesentliche technische und organisatorische Schnittstellen zum Nachbarland entfallen. Diese Variante ist aktuell jedoch weder im L2-Lastenheft (BTSF3; Abk. f. Betrieblich-technische Systemfunktionen BL3) noch im darauf aufbauenden Regelwerk beschrieben. D.h., dass eine Lösung für die Anwendung in einem Grenzübergangsprojekt erst entwickelt und sicherheitlich bewertet werden muss.

In [15] wird die Umsetzung dieser Variante auf der Verbindung der beiden italienischen Schnellfahrstrecken Mailand–Bologna und Bologna–Florenz beschrieben. Auch wenn es sich hierbei um kein Grenzübergangsprojekt handelt, ist das Grundproblem dasselbe: Die Umsetzung einer Schnittstelle zwischen zwei RBC war aufgrund verschiedener ETCS-Systemversionen und terminlicher Einschränkungen nicht möglich. Stattdessen wurde der Übergang vom abgebenden zum annehmenden RBC durch eine Balisengruppe mit Paket 131 („RBC Transition Order“) realisiert.

Grundvoraussetzung ist, dass die Belegungsinformation der Zugfolgeabschnitte und die Stellung der Signale und Weichen in einem Überlappungsbereich beider RBC gleichzeitig zur Verfügung gestellt werden. Nur so ist das abgebende RBC in der Lage, eine Movement Authority (MA) bis zu einem Signal im Stellbereich des benachbarten Stellwerks zu erteilen. [15]

Die Herausforderungen bezüglich der Funkversorgung existieren analog zum L2-L2-Übergang mit RBC-Kopplung.

Aufgrund der fehlenden Planungsgrundlagen bietet sich diese Variante vor allem für Grenzübergänge an, bei denen eine RBC-Kopplung gemäß ERA-Subset 039 [16] technisch nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand realisierbar ist. Die Komplexität wird dann jedoch auf die Stellwerkschnittstelle verlagert.

2.3 Übergang zwischen L1 FS und L2

Die Umsetzung von ETCS L1 FS bietet sich in erster Linie an, wenn das System L1 FS im Nachbarland bereits die Zulassung erlangt hat (u. a. in Belgien [17], Frankreich [18], Luxemburg [19]). In diesem Fall kann die Technik gemäß § 3a EBO im Grenzbereich auch auf deutscher Seite angewendet werden. Darüber hinaus ist in Deutschland derzeit die Ausrüstung mit L1 FS jedoch nicht vorgesehen.

Mithilfe von L1 FS kann auch ein Übergang zweier L2-Systeme realisiert werden (L2–L1 FS–L2). Vorteil dieser Variante ist, dass – analog zu einem direkten L2-L2-Übergang – eine durchgängige Befahrung mit Führerstandsignalisierung möglich ist. Im Vergleich dazu existieren weniger Schnittstellen zum Nachbarland, da keine RBC-Kopplung erforderlich ist, sondern die Blockschnittstelle der Stellwerke in der Regel ausreicht. Zudem können die GSM-R-Überlappungsbereiche wesentlich verkleinert werden und damit das Aufstellen zusätzlicher GSM-R-Masten im Nachbarland vermieden werden.

2.4 Übergang zwischen L1 LS und L2

Das System ETCS L1 LS kommt derzeit in Deutschland, Belgien und der Schweiz zum Einsatz und bietet sich als Lösung für die ETCS-Ausrüstung an Grenzübergängen i. d. R. nur an, wenn eine Ausrüstung mit L2 aus technischen Gründen nicht realisierbar ist. Die deutsche Ausprägung von L1 LS ist im Ausland nicht ohne Weiteres anwendbar, da sich die Systemfunktionen an denen der PZB orientieren. Das hat zur Folge, dass im Nachbarland ein entsprechend an die spezifischen Betriebsverfahren angepasstes L1 LS entwickelt werden müsste, wenn dies nicht bereits, wie beispielsweise in der Schweiz, vorhanden ist.

Die Betriebsart LS ist erst ab BL3 spezifiziert.

application in a border crossing project not only needs to undergo a safety assessment in each individual case, but also needs to be developed first.

[15] describes the implementation of this variant on the link between the two Italian Milan–Bologna and Bologna–Florence high-speed lines. Although not a border crossing project, the fundamental problem is the same: implementing an interface between two RBCs was impossible because the ETCS system variants were different and there were scheduling restrictions. Instead, the transition between the RBCs has been realised by a balise group with Packet 131 (RBC Transition Order).

The basic prerequisite here is that occupancy information from the block sections, the signal aspects and the points settings in the overlap area are provided to both RBCs simultaneously. Only then is the transferring RBC able to grant a movement authority (MA) up to a signal in the control area of the neighbouring interlocking. [15]

The challenges in terms of radio coverage are comparable to those of an L2-L2 transition with RBC coupling.

The absence of design rules means that this variant is mainly suitable for border crossings where RBC coupling cannot be realised in compliance with ERA Subset 039 [16] on technical grounds or can only be realised with a great deal of difficulty. However, the complexity is then shifted to the interlocking interface.

2.3 The transition between L1 FS and L2

Implementing ETCS L1 FS is particularly suitable when the L1 FS system has already obtained approval in the neighbouring country (which is the case in Belgium [17], France [18] and Luxembourg, amongst others [19]). In this case, the technology can also be applied in the border area on the German side under Section 3a of the EBO. With the exception of this specific case, Germany currently has no plans to equip its network with L1 FS. It is also possible to establish a transition between two L2 systems with the aid of L1 FS (L2–L1 FS–L2) with the aid of L1 FS. The advantage of this variant lies in the fact that end-to-end passage with cab signalling is possible, as in the case of a direct L2-L2 transition. There are comparatively fewer interfaces to the neighbouring country, as there is no need for RBC coupling; the interlocking's block interface is usually sufficient. In addition, the GSM-R overlap areas can be made much smaller thus making it no longer necessary to erect any additional GSM-R masts in the neighbouring country.

2.4 The transition between L1 LS and L2

The ETCS L1 LS system is currently used in Germany, Belgium and Switzerland. It is usually only suitable for equipping border crossings with ETCS, if it is not technically possible to use L2. The German configuration of L1 LS is not easily implemented in other countries, as the system functions are based on those of PZB. This means that an L1 LS adapted to the specific operating regime in the neighbouring country would have to be developed, if not already in place, as is the case in Switzerland. LS mode is only specified from BL3 onwards.

2.5 The transition between two L1 systems

If ETCS L2 cannot be implemented, an L1-L1 transition is also conceivable in addition to the variants described above. The following transitions can be considered for this purpose:

- From ETCS L1 FS to L1 LS (and vice versa)
- From ETCS L1 LS to L1 LS
- From ETCS L1 FS to L1 FS

2.5 Übergang zweier L1-Systeme

Sollte die Realisierung von ETCS L2 nicht möglich sein, ist neben den oben beschriebenen Varianten auch ein L1-L1-Übergang denkbar. Hierfür kommen die folgenden Übergänge in Frage:

- von ETCS L1 FS nach L1 LS (und umgekehrt)
- von ETCS L1 LS nach L1 LS
- von ETCS L1 FS nach L1 FS.

Es gelten hier ebenso die beschriebenen Vor- und Nachteile der beiden Systeme L1 LS und L1 FS.

3 Beispiel Grenzübergang Aachen-Süd

Der Grenzübergang Aachen-Süd befindet sich zwischen Aachen und Welkenraedt. Die Strecke, die bereits seit 1843 als weltweit erste grenzüberschreitende Eisenbahnlinie Lüttich und Aachen verbindet [20], trägt auf deutscher Seite die Streckennummer 2600 und wird in Belgien als Ligne 37 (L 37) vom EIU Infrabel betrieben. Unmittelbar hinter der Staatsgrenze zweigt die Hochgeschwindigkeitsstrecke „Ligne à Grande Vitesse 3“ (LGV 3) ab. Bild 3 zeigt die Lage des Grenzübergangs.

Der betrachtete Streckenabschnitt wird in Deutschland durch ein elektronisches Stellwerk (ESTW) von Siemens gestellt; auf belgischer Seite erfolgt dies durch ein ESTW von Alstom. Auf dem Abschnitt befinden sich derzeit die nationalen Zugbeeinflussungssysteme PZB und TBL1+ (Transmission Balise-Locomotive).

Im Zielzustand soll die Strecke von Aachen bis Lüttich über beide Strecken durchgängig mit ETCS befahren werden können. Während die belgische LGV 3 bereits seit 2008 als eine der ersten kommerziell betriebenen Strecken mit ETCS L2 ausgerüstet wurde, soll auf der L 37 sowie auf der Infrastruktur der DB Netz AG in Zukunft ebenfalls L2 zur Anwendung gelangen. Ein direkter L2-L2-Übergang ist im vorliegenden Fall jedoch aus mehreren Gründen nicht wirtschaftlich darstellbar:

Da für L2 schon weit vor der eigentlichen ETCS-Führung eine Funkverbindung zwischen Fahrzeug und ETCS-Zentrale aufgebaut werden muss, müssten die GSM-R-Funknetze der jeweiligen EIU bei 160 km/h Streckengeschwindigkeit bis zu 5 km in das Nachbarland hineinragen. Selbst bei der Kürzung um vorhandene Zuschläge müssten neue Funk-Basisstationen errichtet werden, die erst den Planungs- und Genehmigungsprozessen des jeweiligen Staates durchlaufen müssten. Bau, Betrieb, Instandhaltung sowie deren Aufsicht und Finanzierung sind weitere unklare Punkte und damit Projektrisiken. Im vorliegenden Fall erschwert ein Tunnel zusätzlich den Übergang der beiden Funknetze.

The advantages and disadvantages of the L1 LS and L1 FS systems described above also apply here.

3 An example: the Aachen-Süd border crossing

The Aachen-Süd/Hergenrath border crossing is located between Aachen, Germany, and Welkenraedt, Belgium. The line, which was the world’s first cross-border railway line and has linked Liège and Aachen since 1843 [20], bears the line number 2600 on the German side and is operated as Ligne 37 (L 37) in Belgium by the railway infrastructure manager Infrabel. The “Ligne à Grande Vitesse 3” (LGV 3) branches off just after the international border. Fig. 3 shows the location of the border crossing.

The line section under consideration is controlled by a Siemens electronic interlocking in Germany, while the electronic interlocking on the Belgian side is from Alstom. The section is currently equipped with the PZB and TBL1+ (Transmission Balise-Locomotive) national automatic train control systems, but the goal is to make it possible to use ETCS on both lines all the way from Aachen to Liège. While the Belgian LGV 3 was one of the first commercially operated lines to be equipped with ETCS L2 as early as 2008, there are also plans to use L2 on L 37 in the future as well as on the DB Netz AG infrastructure. However, there are a number of reasons why a direct L2-L2 transition is not economically viable in this case.

Given that L2 requires a radio connection to be established between the vehicle and the radio block centre well before the actual ETCS control, the given railway infrastructure manager’s GSM-R radio network would have to reach up to 5 km into the neighbouring country at a line speed of 160 km/h. Even if the existing margin were removed, new base transceiver stations would have to be erected, but they would first have to pass through the relevant country’s planning and approval processes. Construction, operation, maintenance as well as their supervision and funding represent further uncertainties and therefore add to the project risks. In the case in question, the transition between the two radio networks is further complicated by the presence of a tunnel.

Another argument against a direct L2-L2 transition involves the use of different system versions (SV), as explained in Section 2.1. Germany plans to use SV 2.0 (BL3), while L 37 will be equipped with SV 1.1 (BL3). The existing LGV 3 line in Belgium has been designed according to SV 1.0 (BL2).

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Netz AG und Infrabel /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt / © DVV Media Group GmbH

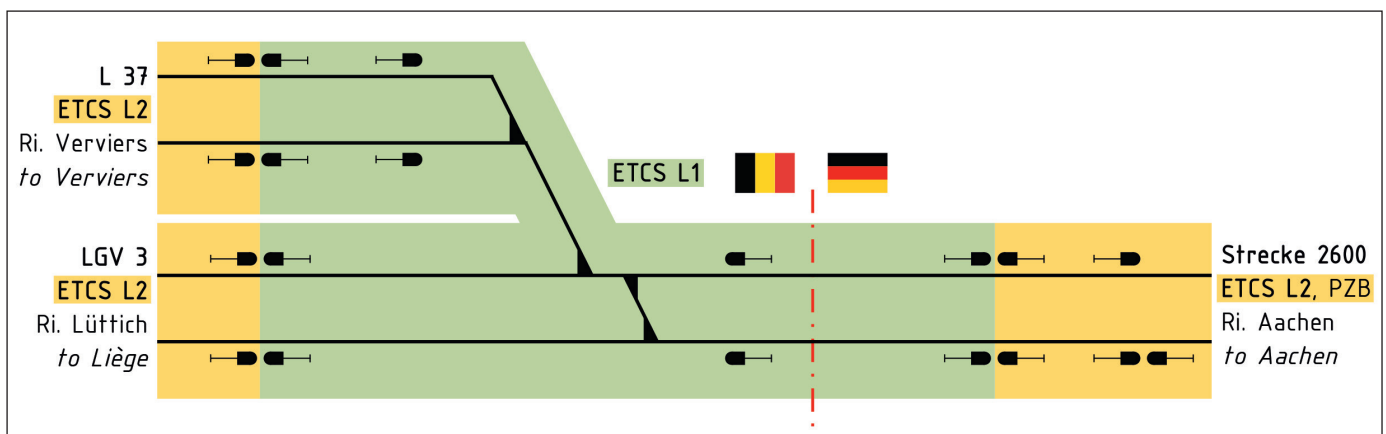


Bild 4: Konzept zur ETCS-Ausrüstung mit L1 FS an der Grenze
 Fig. 4: Concept for installing ETCS equipment with L1 FS at the border

Ein weiteres Argument gegen einen direkten L2-L2-Übergang ist die Verwendung unterschiedlicher Systemversionen (SV) aus den in Abschnitt 2.1 genannten Gründen. In Deutschland ist die Anwendung der SV 2.0 (BL3) geplant, während die L 37 eine Ausrüstung mit SV 1.1 (BL3) erhalten wird. Die Bestandstrecke LGV 3 in Belgien wurde mit SV 1.0 (BL2) projektiert.

Da es keine technische, betriebliche oder rechtliche Notwendigkeit gibt, die Strecke durchgängig mit L2 zu befahren, wird zwischen beiden L2-Systemen, wie in Bild 4 dargestellt, ein kurzer Abschnitt mit ETCS L1 FS ausgerüstet. Durch Beibehaltung der Betriebsart FS bleiben die Führungsgrößen auf dem Fahrzeugdisplay erhalten. Eine Quittierung des Levelwechsels hat dann nicht zu erfolgen. Da L1 FS in Belgien bereits zugelassen ist, kann diese gem. § 3a EBO auf der Grenzbetriebsstrecke ebenfalls betrieben werden.

Das nationale Zugbeeinflussungssystem PZB soll erhalten bleiben. Die Gestaltung des Grenzübergangs muss den Anforderungen der durchgängigen Befahrbarkeit standhalten und dabei die technischen Zugangsbedingungen der EIU einerseits und die fahrdynamische Optimierung des Betriebs andererseits berücksichtigen. Die Planung erfährt deshalb eine Evolution in den vier nachfolgend beschriebenen Schritten.

3.1 Schritt 1: Durchgängige ETCS-Befahrbarkeit

Zur Umsetzung des Konzepts werden auf der Strecke 2600 und der LGV 3 an den in Fahrtrichtung jeweils letzten Signalen vor der Grenze Levelwechsel nach L1 FS kommandiert. Zusätzlich werden nationale Werte für den Grenzbereich definiert. Diese wer-

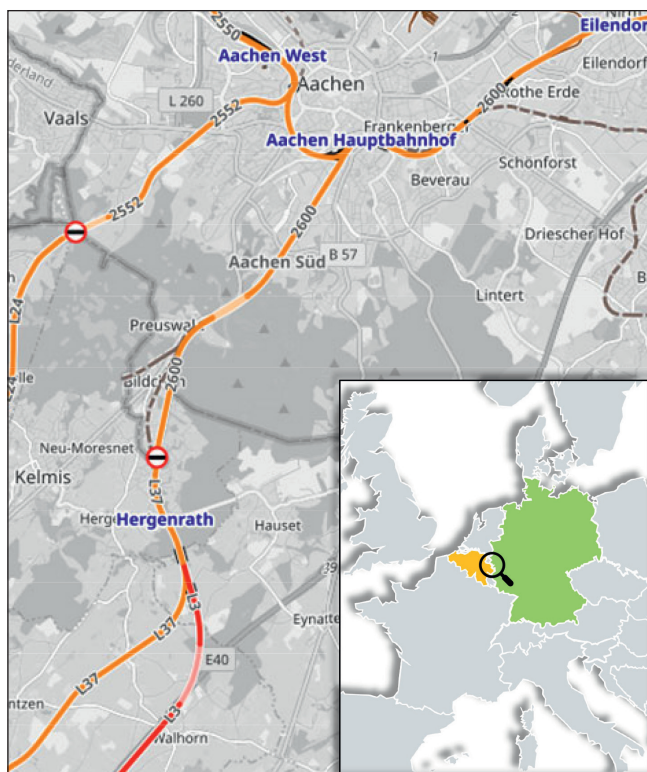


Bild 3: Der Grenzübergang bei Hergenrath

Fig. 3: The border crossing at Hergenrath

Quelle / Source: OpenRailwayMap [21], bearbeitet / edited

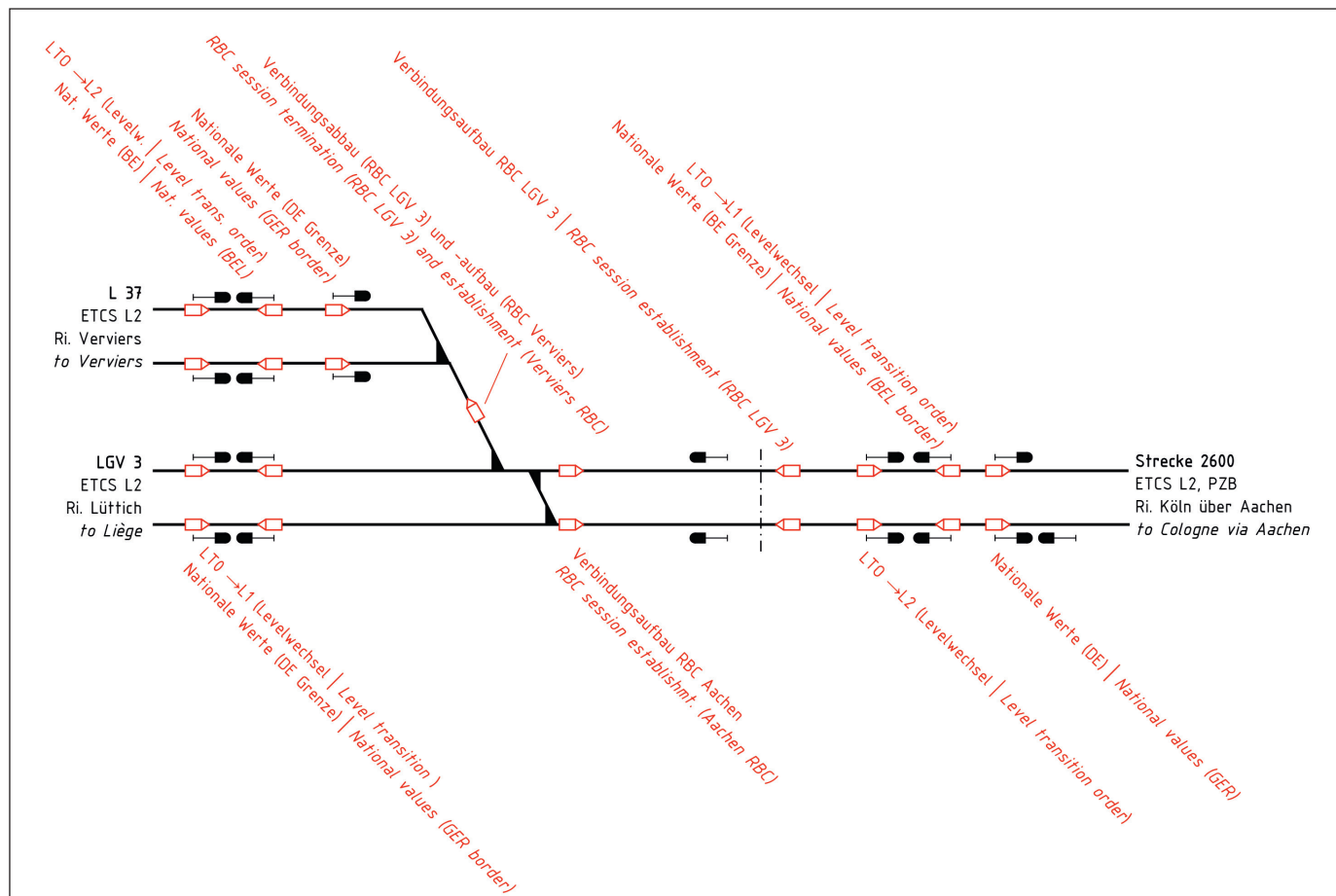


Bild 5: Die für die durchgängige ETCS-Befahrbarkeit (Schritt 1) notwendigen Balisengruppen

Fig. 5: The balise groups necessary for continuous ETCS track serviceability (Stage 1)

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Netz AG und Infrabel /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt / © DVV Media Group GmbH

den benötigt, damit Fahrzeuge die Balisengruppen beider EÜ akzeptieren. Eine weitere, richtungsabhängige Unterscheidung in deutsche und belgische nationale Werte ist vonnöten, damit Zugfahrten die Anforderungen der annehmenden Infrastruktur erfüllen. Innerhalb des L1-FS-Bereichs findet auch der Verbindungsaufbau zum nächsten RBC der LGV 3 oder der Strecke 2600 statt. In Fahrtrichtung Belgien findet der Verbindungsaufbau aufgrund der geforderten Mindestabstände noch vor dem Abzweig statt. Züge, die auf die L 37 abzweigen, beenden die zwischenzeitlich aufgebaute Verbindung jedoch wieder und verbinden sich direkt mit dem RBC Verviers.

Die für den ersten Schritt notwendigen Balisengruppen sind in Bild 5 dargestellt.

3.2 Schritt 2: Ausstieg inkompatibler Fahrzeuge in Fahrtrichtung Belgien – Deutschland

Die beschriebene Anwendung unterschiedlicher Baselines führt dazu, dass ETCS-geführte Fahrzeuge, die nicht mit einem Fahrzeuggerät nach BL3 ausgestattet sind, vor der Ländergrenze aus ETCS entlassen werden müssen. Hierzu wird die Funktion „Virtual Balise Cover“ (VBC) angewendet. Wie ein „virtuelles Abschirmblech“ ermöglicht VBC, dass BL3-Fahrzeuge die in einer Balisengruppe enthaltenen Pakete für den Wechsel nach PZB ignorieren. Ältere BL2-Fahrzeuggeräte können das VBC nicht interpretieren [5] und führen stattdessen den Levelwechsel aus.

Für den Ausstieg inkompatibler Fahrzeuge werden konkret vier Balisengruppen benötigt.

- Virtual Balise Cover Order (VBCO):
Die in Fahrtrichtung erste Balisengruppe aktiviert das VBC für Balisengruppen, die einen „Virtual Balise Cover Marker“ enthalten. Da Fahrzeuge mit BL2-Fahrzeuggerät die Funktion VBC nicht interpretieren können, ignorieren sie das VBCO-Paket.
- Announcement of Level Transition (LTA):
Die zweite Balisengruppe enthält die Ankündigung zum Levelwechsel nach Level STM. In diesem Fall ist dies die PZB. Da sie mittels Virtual Balise Cover Marker markiert ist, ignorieren BL3-Züge diese Ankündigung; BL2-Züge werten diese aus.
- Level Transition Order (LTO):
Die dritte Balisengruppe enthält das Kommando zum sofortigen Levelwechsel nach Level STM (PZB). Da sie mittels Virtual Balise Cover Marker markiert ist, führen nur BL2-Züge den Levelwechsel aus.
- Virtual Balise Cover Cancellation (VBCC):
Die letzte Balisengruppe deaktiviert das VBC.

Die Anordnung der Balisengruppen kann Bild 6 entnommen werden.

Aufgrund der Abwärtskompatibilität der Fahrzeuge wird die Funktion VBC nur in Richtung der höheren Baseline (Belgien – Deutschland) benötigt.

3.3 Schritt 3: Fahrdynamische Optimierung

Beim Wechsel zweier Zugbeeinflussungssysteme kann es, wenn unterschiedliche Bremskurven berechnet werden, zu unerwünschtem Systemverhalten kommen. Zum einen können Bremskurvensprünge nach unten entstehen, wenn mit dem Levelwechsel eine restriktivere Bremskurve als die bisher gültige übermittelt wird. Im umgekehrten Fall entstehen Kapazitätseinbußen, wenn durch den Erhalt einer weniger restriktiven Bremskurve eine bereits eingeleitete Bremsung wieder aufgehoben werden muss. Die Ursache dafür ist die bestehende Stellwerkschnittstelle, die hier als Zentralblock Siemens 600 (ZbS 600) ausgeführt ist. Diese überträgt lediglich die Belegungsinforma-

As there are no technical, operating or legal reasons why the trains should run along the entire line with L2, a short section between the two L2 systems will be equipped with ETCS L1 FS, as illustrated in fig. 4. Retaining the FS mode means that the train drivers will still see the set values on the display. There is then no need to acknowledge the level transition. As L1 FS has already been approved in Belgium, it can also be operated in the cross-border section according to Section 3a of the EBO. The PZB national automatic train control system will be retained.

The border crossing design must meet the requirements for continuous track serviceability, while taking into account the technical access conditions of the railway infrastructure managers on the one hand and optimising operations in terms of vehicle dynamics on the other. The design is therefore evolving in the four stages described below:

3.1 Stage 1: Continuous ETCS track serviceability

A level transition to L1 FS is initiated at the last signals in the direction of travel before the border on Line 2600 and on LGV 3 for the purpose of implementing the concept. In addition, national values are also specified for the border region. These are required so that the vehicles accept the balise groups of both railway infrastructure managers. A further, direction-related distinction between German and Belgian national values is also necessary so that the train movements meet the requirements of the accepting infrastructure. A session is also established with the next LGV 3 or Line 2600 RBC within the L1 FS area. When travelling in the direction of Belgium, the session is established prior to the junction due to the required minimum distances. However, trains branching off onto L 37 terminate the established session and connect directly to the Verviers RBC.

The balise groups required for the first stage are shown in fig. 5.

3.2 Stage 2: The transition of incompatible vehicles travelling from Belgium to Germany to LNTC

The described use of different baselines means that ETCS-controlled vehicles not equipped with an on-board unit according to BL3 have to be transitioned to LNTC prior to the international border. The Virtual Balise Cover (VBC) is used for this purpose. It allows BL3 vehicles to ignore the packets for the transition to PZB contained in a balise group. Older BL2 on-board units cannot interpret the VBC [5], so they carry out the level transition.

Four specific balise groups are required in order to transition incompatible vehicles to LNTC.

- Virtual Balise Cover Order (VBCO):
The first balise group in the direction of travel orders a VBC for the balise groups containing a Virtual Balise Cover marker. As the vehicles with a BL2 on-board unit cannot interpret the VBC function, they ignore the VBCO packet.
- Level Transition Announcement (LTA):
The second balise group contains the announcement of the transition to Level STM. In this case, it is PZB. BL3 trains ignore this announcement, because it is marked with a Virtual Balise Cover marker; BL2 trains take it into account.
- Level Transition Order (LTO):
The third balise group contains the command for an immediate level transition to Level STM (PZB). Only BL2 trains carry out the level transition, because it is marked with a Virtual Balise Cover marker.

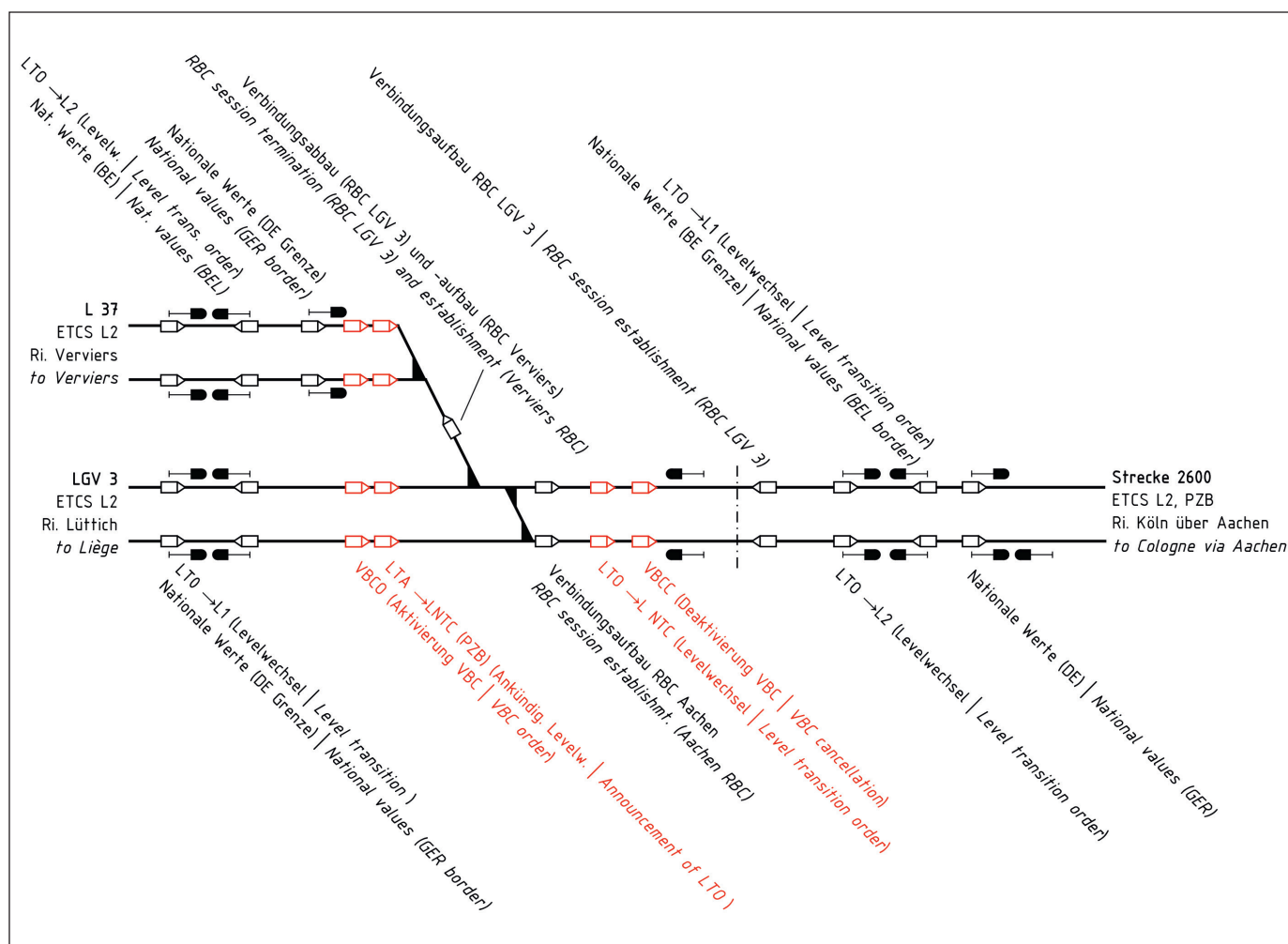


Bild 6: Die für den Ausstieg inkompatibler Fahrzeuge (Schritt 2) zusätzlich notwendigen Balisengruppen sind rot dargestellt.

Fig. 6: The balise groups additionally required to transition incompatible vehicles to LNTC (Stage 2) are shown in red.

tion des Zugfolgeabschnitts hinter dem letzten, dem Stellwerk bekannten Signal ans Stellwerk, nicht aber den Signalzustand des Zielsignals [22]. Ein abgehendes RBC kann deshalb eine MA höchstens bis zum ersten Hauptsignal des Nachbarlandes übermitteln, da dies gleichzeitig dem letzten, dem RBC bekannten Zugfolgeabschnitt entspricht.

Zur Optimierung wurden die Bremskurven möglicher Züge mit [23] simuliert.

3.3.1 Bremskurvensprünge nach unten

Bei der Fahrt von Deutschland nach Belgien können beim Wechsel von PZB zu L1 FS Bremskurvensprünge nach unten auftreten, da Bremskurven bei ETCS in der Regel restriktiver sind als bei der PZB [24]. PZB-überwachte Züge kommen mit einer Geschwindigkeit von 160 km/h am Grenzsinal an. Der kommandierte Levelwechsel nach L1 FS bewirkt die Umschaltung zur Anzeigeführung am Signal. Da das Folgesignal schon im Verantwortungsbereich von Infrabel liegt, müssen in diesem Zugfolgeabschnitt schon die im Vergleich zur deutschen Infrastruktur restriktiveren Bremskurven zur Anwendung kommen. Dadurch liegt der berechnete Bremsankündigungspunkt bereits hinter der Zugspitze. Das Fahrzeug überschreitet direkt die Bremsankündigungs- (I) sowie die Sollbremskurve (P) und befindet sich unmittelbar unter der Schnellbremsenkurve (EBI) (Bild 7). Zur Vermeidung von Zwangsbremungen beim Levelwechsel am Fahrt zeigenden Signal kann

- Virtual Balise Cover Cancellation (VBCC):

The last balise group cancels the VBC.

The arrangement of the balise groups can be seen in fig. 6.

The vehicles' downward compatibility means that the VBC function is only required in the direction of the higher baseline (Belgium – Germany).

3.3 Stage 3: Optimising the vehicle dynamics

Undesired system behaviour can occur when transitioning from one automatic train control system to another, if different braking curves are calculated. On the one hand, downward steps in the braking curve can occur, if a more restrictive braking curve than that currently applicable is transmitted with the level transition. On the other hand, capacity is lost, if braking that has already been initiated has to be cancelled when a less restrictive braking curve is received. This is caused by the existing interlocking interface, in this case a Siemens 600 (ZbS 600) centralised block. The ZbS600 only provides the interlocking with occupancy information for the block section beyond the last signal controlled by the interlocking, but not the destination signal's status [22]. The RBC involved in the handover can therefore only transmit an MA up to the first stop signal in the neighbouring country, as this also corresponds to the last block section known to the RBC.

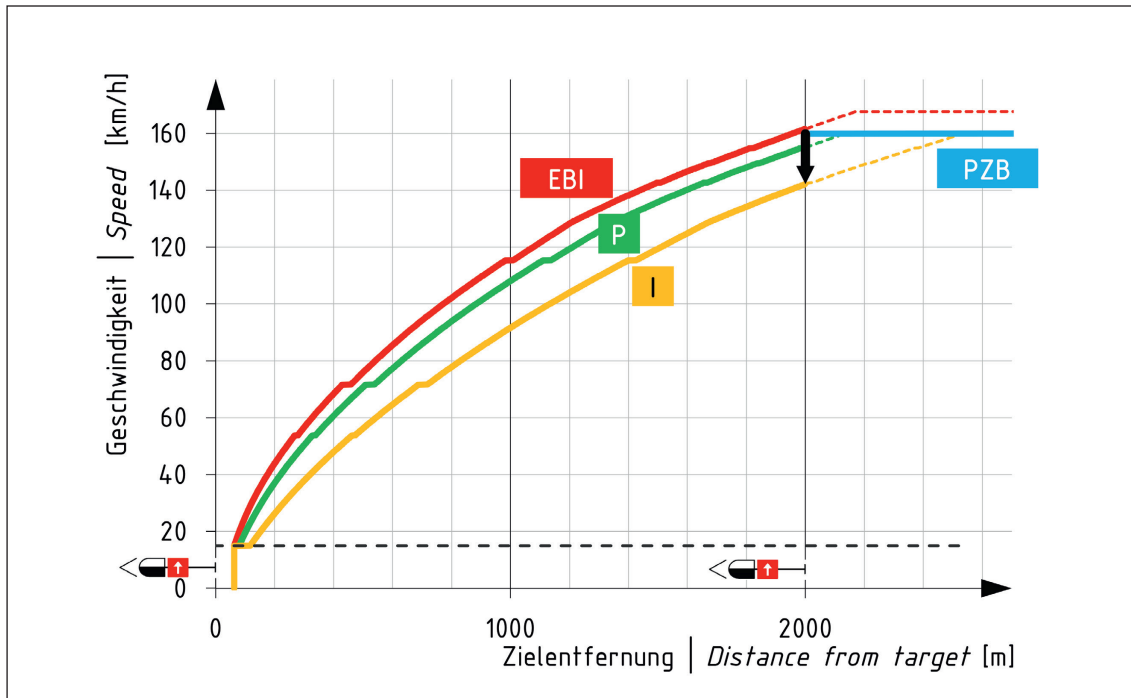


Bild 7: Geschwindigkeitssprung beim Levelwechsel von LSTM (PZB) nach ETCS L1 FS
 Fig. 7: Step in speed during level transition from LSTM (PZB) to ETCS L1 FS

es deshalb notwendig werden, die Geschwindigkeit für PZB-überwachte Züge am Levelwechsel zu reduzieren. Betriebliche und eisenbahnbetriebswissenschaftliche Belange fließen in die Entscheidung mit ein.

Selbst während einer anzeigegeführten Fahrt können Bremskurvensprünge auftreten, wenn die landesspezifischen Bremsparameter übertragen werden. Dies passiert im beschriebenen Beispiel beim Wechsel von L2 nach L1 FS, wenn am Grenzsignal die belgischen, restriktiveren Bremskurvenparameter (als Teil der nationalen Werte) übergeben werden (Bild 8).

Zur Vermeidung des Bremskurvensprungs werden die belgischen Bremskurvenparameter schon einen Block früher übertragen (Bild 9). Dort ist der Signalabstand mindestens 2,6 km. Dieser Blockabstand gewährleistet, dass der Zug beim Wechsel der

The possible train braking curves have been simulated using [23] for the purpose of optimisation.

3.3.1 A downward step in the braking curve

Downward steps in the braking curve can occur on the journey from Germany to Belgium when transitioning from PZB to L1 FS as the braking curves are usually more restrictive with ETCS than with PZB [24]. Trains under PZB supervision arrive at the boundary signal at a speed of 160 km/h. The initiated level transition to L1 FS causes a switch to cab signalling at the signal. The more restrictive braking curves (compared to the German infrastructure) must be applied in this block section, because the following signal is already under Infrabel's sphere of responsibility. Consequently, the head of the train has already passed the calcu-

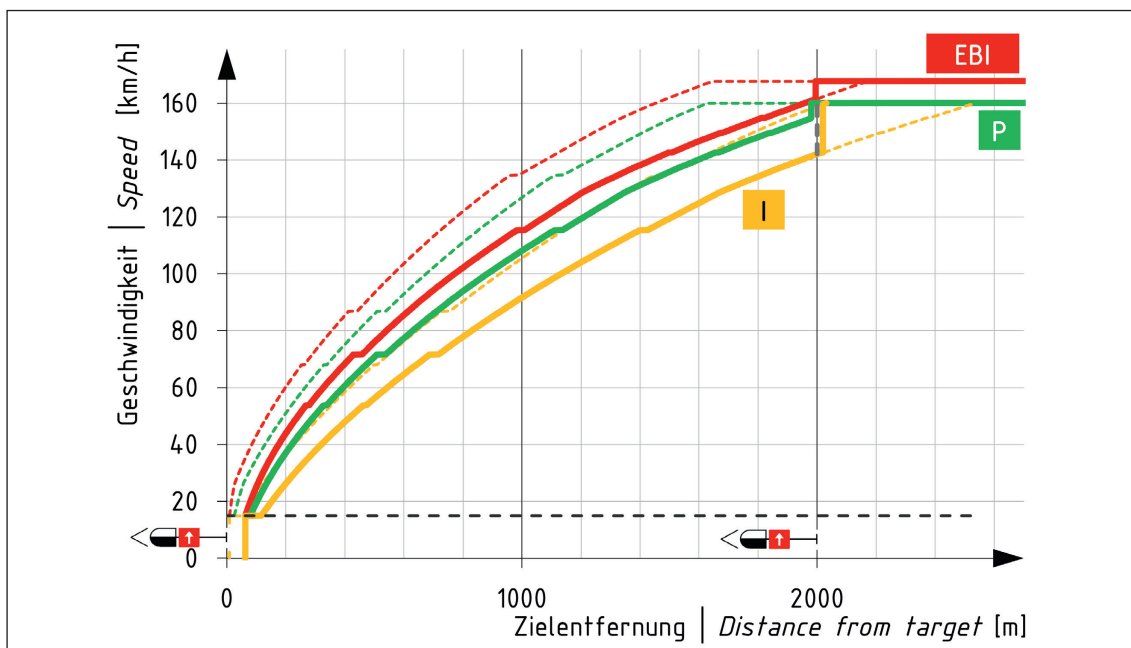


Bild 8: Geschwindigkeitssprung durch Übertragen restriktiverer Bremskurven beim Levelwechsel von ETCS L2 nach ETCS L1 FS
 Fig. 8: Step in speed caused by transmitting more restrictive braking curves during level transition from ETCS L2 to ETCS L1 FS

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Netz AG und Infrabel /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt / © DVV Media Group GmbH

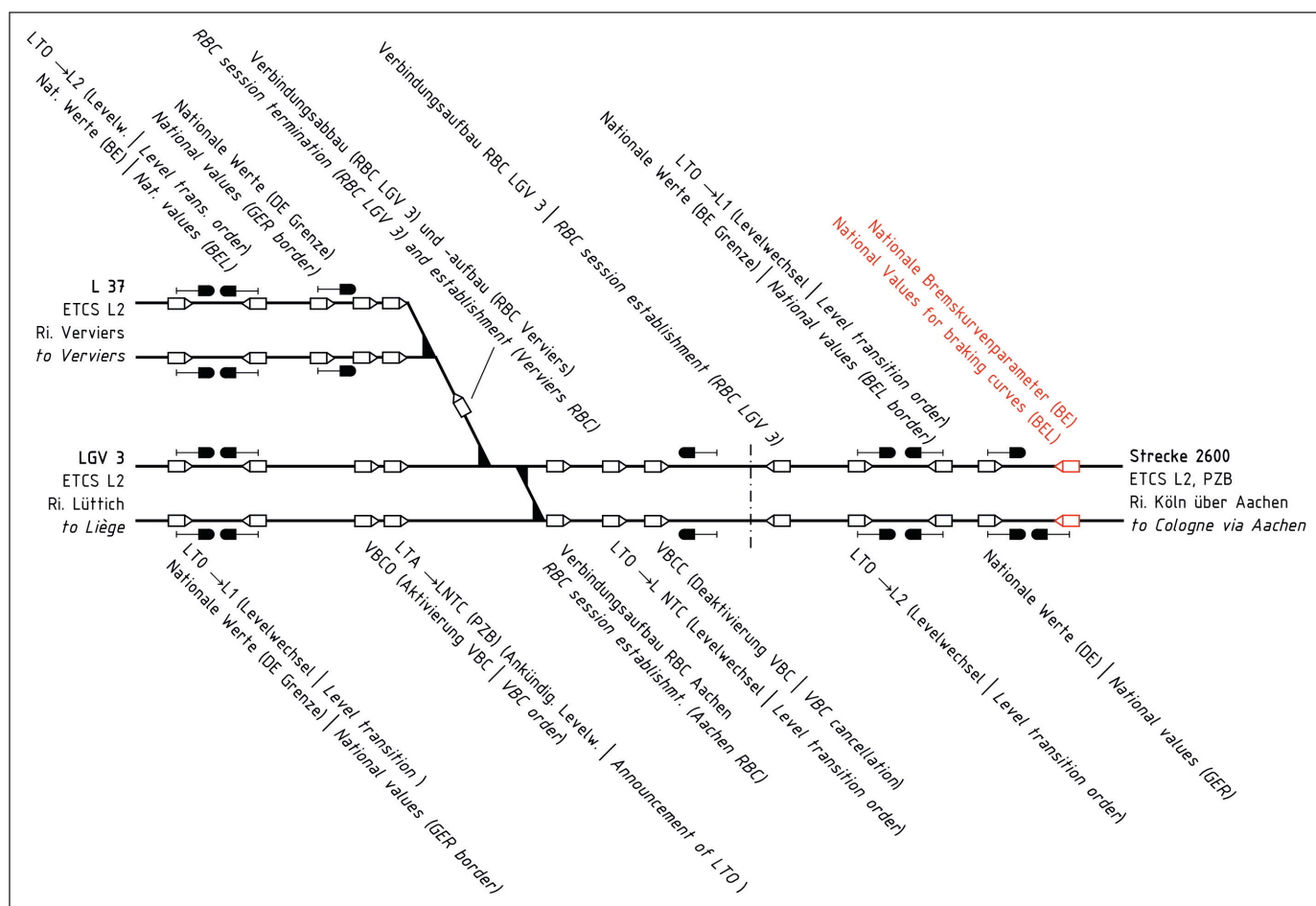


Bild 9: Fahrtdynamische Optimierung (Schritt 3) durch frühzeitiges Übertragen der belgischen Bremskurvenparameter (rot dargestellt)

Fig. 9: Optimising vehicle dynamics (Stage 3) by early transmission of Belgium's National Values for braking curves (shown in red)

Bremskurvenparameter nicht direkt eine Zwangsbremmung erfährt, wenn das Folgesignal Halt zeigt.

3.3.2 Kapazitätseinbußen

Beim Wechsel von Anzeige- zu Signalführung kann Kapazität eingebüßt werden. Bei der Fahrt von Belgien nach Deutschland liegt der Bremsankündigungspunkt ca. 2,5 km vor dem Grenzsignal (Bild 10). Die Triebfahrzeugführenden bremsen ETCS-geführt ab, obwohl die Anzeigeführung vor dem Ende der MA endet und ein Einleiten der Bremsung am Vorsignal ausreichte. Aufgrund der fehlenden Kommunikationsschnittstelle ist dies auch der Fall, wenn das entsprechende Hauptsignal einen Fahrtbegriff anzeigt.

Zur Vermeidung dessen werden die Balisengruppen, die den Levelwechsel für BL2-Fahrzeuge nach PZB kommandieren, vor dem Bremsankündigungspunkt geplant. Eine weitere Verbesserung bringt eine Verkürzung der Bremsankündigungskurve durch Einsatz der deutschen Bremskurvenparameter ab dem letzten belgischen Lichtsignal.

Beim Wechsel der nationalen Werte kann es auch unter Beibehaltung der Anzeigeführung zu Kapazitätseinbußen kommen, resultierend aus den restriktiveren belgischen Bremskurvenparametern. Dies ließe sich nur durch eine Anpassung der Blockschnittstelle und der Stellwerke durch Übertragung der Signalzustände und daraus resultierenden längeren MA verbessern. Allerdings sind derzeit keine Weiterentwicklungen oder Änderungen an den Bestandstechniken von Seiten der Hersteller vorgesehen.

lated indication point. The vehicle immediately exceeds the indication curve (I) and the permitted speed curve (P) and is just below the emergency brake intervention curve (EBI) (fig. 7). It may therefore be necessary to reduce the speed for trains under PZB supervision at the level transition in order to avoid any automatic train stops at the Proceed signal during the level transition. The decision takes operating and business concerns into account. Steps in the braking curve can still occur even when running with cab signalling, if the national values for the braking curves are transmitted. This happens in the example given here during the transition from L2 to L1 FS when the more restrictive Belgian braking curve values (as a component of the national values) are transferred at the boundary signal (fig. 8). The Belgian braking curve values are transmitted one block earlier in order to avoid steps in the braking curve (fig. 9). The distance between the signals there is at least 2.6 km. This block headway ensures that the train does not immediately experience an automatic train stop when changing from one set of braking curve values to another, if the following signal indicates a stop aspect.

3.3.2 Loss of capacity

Capacity losses may occur when transitioning from cab signalling to trackside signalling. On the journey from Belgium to Germany, the indication point is approximately 2.5 km before the boundary signal (fig. 10). Drivers decelerate under ETCS control, although cab signalling ends before the end of the MA and the initiation of braking at the distant signal

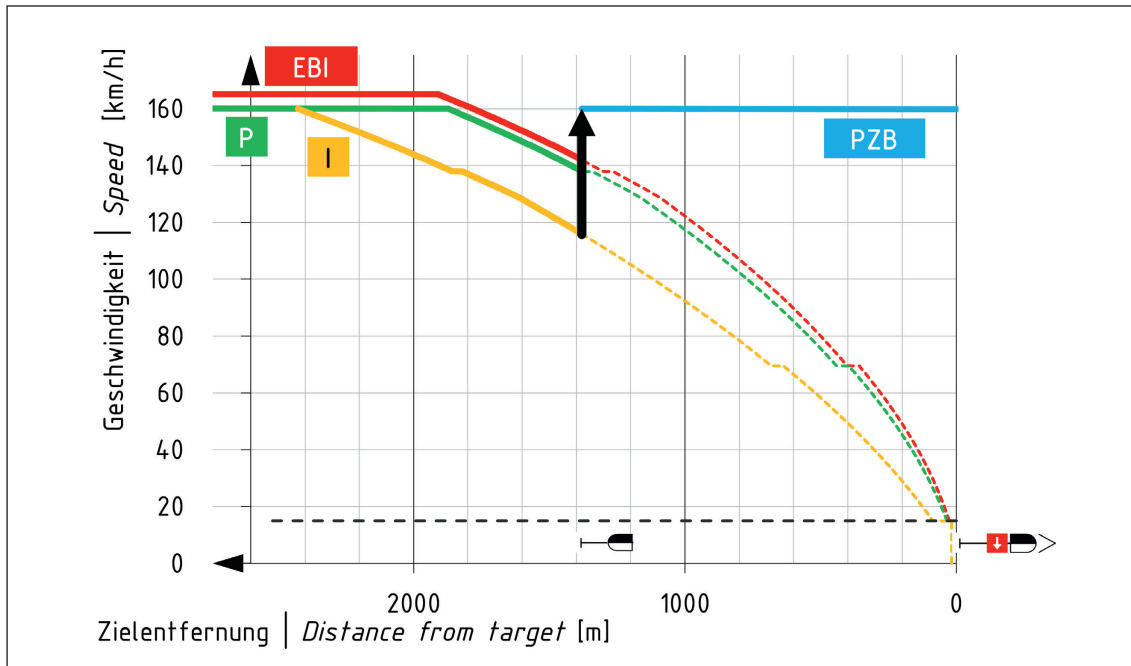


Bild 10: Möglicher Geschwindigkeits-einbruch beim Wechsel von Anzeige- zu Signalführung am Vorsignal

Fig. 10: Possible loss of speed when transitioning from cab signalling to trackside signalling

Quelle Bilder 4-9 / Source fig. 4-9: eigene Darstellung / own illustration

3.4 Schritt 4: Rückbau von TBL1+

Erst wenn alle Fahrzeuge mit ETCS BL3 ausgerüstet sind, kann das Klasse-B-System zurückgebaut werden. Belgien hat dafür einen klaren Fahrplan: Ab 2025 muss jedes Fahrzeug, das in Belgien betrieben wird, eine ETCS-Ausrüstung vorweisen [25]. Im selben Jahr werden die Klasse-B-Systeme in Belgien außer Betrieb genommen und der Rückbau begonnen. Es ist zu prüfen, bis wann BL2-Fahrzeuge die streckenseitige PZB-Ausrüstung benötigen und wann die Signale und damit auch die PZB zurückgebaut werden kann. Dies würde zu einer Vereinfachung der Transitionen auf der Grenzbetriebsstrecke führen, da die Übergänge zum Klasse-B-System nicht mehr berücksichtigt werden müssen.

4 Ausblick

Andere Länder verzichten schon jetzt auf Klasse-B-Systeme. Der niederländische Infrastrukturbetreiber ProRail hat auf der Grenzbetriebsstrecke Emmerich–Oberhausen ETCS L2 ohne Lichtsignale und ohne zusätzliches Klasse-B-System installiert [26]. Eine ETCS L2-Ausrüstung mit Signalen und zusätzlichem Klasse-B-System PZB soll auf deutscher Seite folgen.

Eine Rückbaustrategie der Klasse-B-Systeme für die Grenzbetriebsstrecken sowohl in Deutschland wie auch in Europa sollte auf Seiten der Betreiber und der verkehrenden Eisenbahnverkehrsunternehmen Klarheit schaffen.

Wenn beide Länder mit einer Ausrüstung nach BL3 aneinander grenzen, bietet sich ein direkter L2-L2-Übergang aufgrund der Vorteile des L2-Systems gegenüber einem L1-System an.

Bei BL3-BL2-Übergängen werden jedoch die Vorteile eines L1-FS-Systems unterschätzt: Der GSM-R-Überlappungsbereich wird reduziert; eine Kopplung von RBC verschiedener Baselines wird vermieden und dennoch kann die Betriebsart FS aufrechterhalten werden. Bei kurzen Signalabständen verliert die Strecke jedoch an Kapazität, wenn die MA nur einen Block im Voraus gewährt werden kann.

Bei der Fortschreibung der TSI ist bei der Kompatibilität der Baselines untereinander und der Systemschnittstellen, wie die RBC-Kopplung, auch ein Augenmerk auf die Ländergrenzen zu setzen.

would be sufficient. This also occurs, if the corresponding stop signal indicates a proceed aspect, due to the absence of a communication interface.

Balise groups that initiate the level transition to PZB for BL2 vehicles are planned before the indication point in order to avoid this. Further improvement can be achieved by shortening the indication curve using German braking curve values starting at the last Belgian colour light signal.

Capacity losses may be experienced when transitioning between national values, even if cab signalling stays active, because of the more restrictive Belgian braking curve values. This could only be improved by adjusting the block interface and the interlockings by means of the transmission of the signal statuses and resulting longer MA. However, manufacturers are not currently planning any further development or modification of the existing technology.

3.4 Stage 4: Dismantling TBL1+

The Class B system cannot be dismantled until all the vehicles have been equipped with ETCS BL3. Belgium has a clear schedule for doing just that: all the vehicles operated in the country must be equipped with ETCS by 2025 [25]. The Class B systems in Belgium will be decommissioned in the same year and dismantling will begin. A review needs to be conducted in order to ascertain how long BL2 vehicles will still need the PZB trackside equipment and when the signals and PZB can then be dismantled. This would simplify transitions in the cross-border section as transitions to the Class B system would no longer have to be taken into account.

4 Looking ahead

Other countries are already doing away with Class B systems. ProRail, the Dutch infrastructure manager, has installed ETCS L2 without any colour light signals and without any additional Class B systems in the Emmerich–Oberhausen cross-border section [26]. ETCS L2 is then due to be installed with signals and an additional Class B system (PZB) on the German side.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Netz AG und Infrabel / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Wenn Schnittstellen eindeutig beschrieben sind, können zukünftig generische Regeln für die Ausrüstung an den Ländergrenzen erstellt und etabliert werden. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Verordnung (EU) 2016/919 der Kommission vom 27. Mai 2016 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union
- [2] Durchführungsverordnung (EU) 2017/6 der Kommission vom 5. Januar 2017 über den europäischen Bereitstellungsplan für das Europäische Eisenbahnverkehrsleitsystem
- [3] European Commission (Matthias Ruete): ERTMS. First Work Plan of the European Coordinator. Brüssel, 2020.
- [4] Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) vom 05.04.2019
- [5] Management of older System Versions, Subset 026-6, Version 3.4.0
- [6] Sommer, M.: Europäische Standardisierung. In: Trinckauf, J.; Maschek, U.; Kahl, R.; Krahl, C. (Hrsg.): ETCS in Deutschland, Leverkusen: PMC, 2020
- [7] ERA: ERTMS Management System. https://www.era.europa.eu/activities/european-rail-traffic-management-system-ertms_en#meeting2, aufgerufen am 10.02.2021
- [8] ERTMS Deployment World Map. https://www.ertms.net/?page_id=55, aufgerufen am 03.11.2020
- [9] Kunze, M.: ETCS-Level/Ausrüstungsstufen. In: Trinckauf, J.; Maschek, U.; Kahl, R.; Krahl, C. (Hrsg.): ETCS in Deutschland, Leverkusen: PMC, 2020
- [10] Mense, O.: ETCS Levels. In: Stanley, P. (Hrsg.): ETCS for Engineers, Hamburg: Eurailpress, 2011
- [11] ERTMS Users Group: Engineering Guideline 66. Transition from SV 1.Y) to SV 2.Y L1/2/3 with NTC fallback, Version 1.0 (20.12.2017)
- [12] Glossary of Terms and Abbreviations, Subset 023, Version 3.4.0
- [13] EIRENE SRS Version 16.0.0 (UIC Code 951)
- [14] Watkins, M.: Description of the EVC-RBC path. In: Stanley, P. (Hrsg.): ETCS for Engineers, Hamburg: Eurailpress, 2011
- [15] ERTMS Users Group: Engineering Guideline 76. Border Crossings, Version 3.0 (19.05.2020)
- [16] FIS for the RBC/RBC Handover, Subset 039, Version 3.2.0
- [17] Infrabel: Masterplan ETCS & IL 1.1. 10.02.2021
- [18] La signalisation ferroviaire. In: Eiffage Rail Express Nr. 14, Journal d'informations du projet de ligne à grande vitesse Bretagne – Pays de la Loire. Hsg. Loïc Dorbec, Frédérique Alary. Rennes, Eiffage LGV BPL, 2015
- [19] Feltz, A.; Hillenbrand, G.; Wietor, R.: ETCS-Level-1-Projektierung in Luxemburg, SIGNAL+DRAHT 11/2004
- [20] Reuße, H.: Die deutschen Eisenbahnen, in Beziehung auf Geschichte, Technik und Betrieb, Cassel: Fischer, 1844
- [21] OpenRailwayMap, Daten: OpenStreetMap-Mitwirkende. <https://www.openrailwaymap.org/?lat=50.718527393541024&lon=6.0413821041584015&zoom=13>, abgerufen am 03.03.2020
- [22] Fenner, W.; Naumann, P.; Trinckauf, J.: Bahnsicherungstechnik: Steuern, Sichern und Überwachen von Fahrwegen und Fahrgeschwindigkeiten im Schienenverkehr. Siemens (Hrsg.), Erlangen: Publicis Corporate Publishing, 2003
- [23] Braking curves simulation tool v4.2. https://www.era.europa.eu/activities/european-rail-traffic-management-system-ertms_en, abgerufen am 09.03.2021
- [24] Fehlauer, L.: Auswirkungen flacher ETCS Bremskurven auf zeitabhängige Streckenausrüstungen, Diplomarbeit, TU Dresden, 2018
- [25] Belgisch Staatsblad vom 16.10.2018 http://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2018/10/16_1.pdf, abgerufen am 22.01.2021
- [26] Signalordnung, Bahnbetrieb international: Zusatzvereinbarung zum Infrastrukturverknüpfungsvertrag für die Grenzstrecke Emmerich - Zevenaar Ost (Ril 302.9204Z01) vom 01.02.2020

A dismantling strategy for Class B systems in the cross-border sections in Germany and across Europe should achieve clarity for operators as well as for rail companies.

If two countries have equipment based on BL3 at their borders, a direct L2-L2 transition would be the ideal solution due to the advantages of the L2 system over the L1 system.

If this is not the case, the benefits of an L1-FS system are often underestimated with BL3-BL2 transitions: the GSM-R overlap is reduced and the coupling of RBCs with different baselines is avoided, but FS mode can still be maintained. However, short distances between signals lead to a loss of capacity on the line, if the MA can only be granted one block in advance.

When the TSI is updated, attention also needs to be paid to international borders in terms of the mutual compatibility of the baselines and system interfaces, such as the RBC coupling. If the interfaces are described clearly, it will then be possible to draw up and establish generic rules for equipment at international borders. ■

AUTOREN | AUTHORS

Lars Brune, M.Sc.

ETCS-Fachplaner / *ETCS design engineer*
DB Netz AG
Anschrift / Address: Auenweg 7, D-50679 Köln
E-Mail: lars.brune@deutschebahn.com

Pascal Kahnert, M.Sc.

ETCS-Fachplaner / *ETCS design engineer*
DB Netz AG
Anschrift / Address: Auenweg 7, D-50679 Köln
E-Mail: pascal.kahnert@deutschebahn.com

Dipl.-Ing. Julia Kalkreiber

ETCS-Fachplanerin / *ETCS design engineer*
DB Netz AG
Anschrift / Address: Ammonstr. 8, D-01069 Dresden
E-Mail: julia.kalkreiber@deutschebahn.com

Bavo Lens, M.Sc.

ETCS-Fachplaner / *ETCS design engineer*
Infrabel
Anschrift / Address: M. Broodthaersplein 2, B-1060 Brüssel
E-Mail: bavo.lens@infrabel.be