



Studienarbeit

Einbindung von Bahnübergängen auf ETCS-Strecken

eingereicht von Fabian Kirschbauer

geb. am 21.01.1991 in Straubing

Prüfer:

- Dr.-Ing. Eric J. Schöne
- Dr.-Ing. Ulrich Maschek

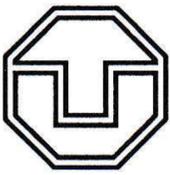
Betreuer:

- Dipl.-Ing. Michael Kunze

Dresden, den 06. November 2015

.....

Unterschrift des
Studenten



**Themenblatt
zur Studienarbeit*)**

von Herrn cand. ing. Fabian Kirschbauer

Thema (Aufgabenstellung siehe Anlage):

Einbindung von Bahnübergängen auf ETCS-Strecken

Institut für Bahnsysteme und Öffentlichen Verkehr
Professur für Verkehrssicherungstechnik

1. Prüfer: Dr.-Ing. Eric Schöne

2. Prüfer: Dr.-Ing. Ulrich Maschek

Zur Anfertigung der Arbeit wurde eine dreiseitige Vereinbarung (TUD, Studierender,
Dritter) abgeschlossen: Ja Nein

Dr.-Ing. Eric Schöne

Dresden, den 25.08.2015

Ausgabetag: 11.08.2015

Abgabetermin: 11.12.2015

Bestätigung durch die Fakultät: Wochs

Abgabetag:

Bestätigung durch die Fakultät:

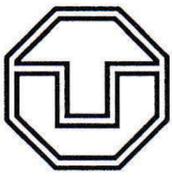
Bestätigung durch die Fakultät für eine genehmigte Verlängerung
der Bearbeitungszeit:

Hiermit bestätige ich den Empfang der Aufgabenstellung für meine Studienarbeit und
erkenne die Festlegungen der Richtlinie für die Anfertigung der Studienarbeit an:

Fabian Kirschbauer

Dresden, den 11.09.2015

*) siehe Diplomprüfungsordnung § 7 und Modulbeschreibung Modul 203 sowie Studiendokumente 4.,
Punkt 2 der Regelung für die Ausgabe und Registratur der Studienarbeiten und Diplomarbeiten



Aufgabenstellung für die Studienarbeit

für Herrn cand. ing. Fabian Kirschbauer

Thema: Einbindung von Bahnübergängen auf ETCS-Strecken

1. Prüfer: Dr.-Ing. Eric Schöne

2. Prüfer: Dr.-Ing. Ulrich Maschek

Betreuer: Dipl.-Ing. Michael Kunze

1 These

Auch unter ETCS ist die Sicherung von Bahnübergängen (BÜ) notwendig, insbesondere bei der Ausrüstung von Bestandsstrecken. In den älteren ETCS-Spezifikationen werden BÜ jedoch nicht bzw. nur rudimentär behandelt. In der Folge haben verschiedene Länder Sonderlösungen entwickelt, um BÜ einzubinden. Erst in neuen Spezifikationen gibt es hierfür einheitliche Lösungen.

ETCS gewinnt für die praktische Arbeit zunehmend an Relevanz. Damit besteht auch zur Einbindung von BÜ der Bedarf an der Gewinnung und Aufbereitung von Erkenntnissen für die Lehre und Weiterbildung. Bisher wird das Thema in Vorlesungen nur angerissen.

Mit dem Eisenbahnbetriebslabor (EBL) und dem Sicherungstechnischen Labor (SIL) stehen zwei Labore zur Verfügung, in denen ETCS implementiert werden soll und die somit auch das Potenzial bieten, BÜ einzubinden.

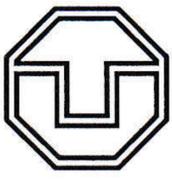
2 Aufgabenstellung

Aufgabe des Bearbeiters ist es, die BÜ-Sicherung auf ETCS-Strecken zu analysieren, zu systematisieren und die Ergebnisse für die Verwendung in der Lehre aufzubereiten. Im Einzelnen sind dabei folgende Teilaufgaben zu lösen:

- Recherche gesicherter Erkenntnisse zu BÜ auf ETCS-Strecken im In- und Ausland anhand der einschlägigen Fachliteratur und der Spezifikationen,
- Systematisierung und Dokumentation der Ergebnisse,
- Erarbeiten je eines Planungsbeispiels zu BÜ unter ETCS-Level 1 und 2 als Grundlage für die Lehrveranstaltungen „ETCS-Planung“ und „Stellwerkstechniken und BÜ-Sicherung“,
- Prüfen der Eignung des SIL und des EBL zur Veranschaulichung der Lehrinhalte und Entwickeln von Ansätzen zur Implementierung.

Dabei sind die ETCS-Level 1 (einschließlich Betriebsmodus „Limited Supervision“) und 2 zu berücksichtigen.

Während der Bearbeitung sind regelmäßige Konsultationen mit den Prüfern und Betreuern in Anspruch zu nehmen.



3 Ausführung

Die Arbeit ist insoweit detailliert auszuführen und in Form eines Berichtes zu dokumentieren, dass sie als gesicherte Datenbasis für weitere wissenschaftliche Arbeiten verwendet werden kann. Zur Einstellung in Literaturdatenbanken ist außerdem eine Zusammenfassung (Abstract) in englischer Sprache beizufügen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in einem schriftlichen Bericht zu dokumentieren und in einem Kolloquium mit zugehörigem Plakat zur Diskussion zu stellen. Die Formatierung des Berichtes ist nach der „Vorlage zur Anfertigung wissenschaftlicher Arbeiten“ der Professur für Verkehrssicherungstechnik zu gestalten. Die Vorlagen für Bericht und Plakat können von den Webseiten der Professur heruntergeladen werden. Der Bericht ist zudem als Datei ohne Schreibschutz im PDF abzuliefern.

Dr.-Ing. Eric Schöne

Dresden, 25.08.2015

Autorenreferat

Ziel dieser Arbeit ist eine möglichst umfassende Aufbereitung der aktuellen Situation für die Zwecke der Lehre an der Professur für Verkehrssicherungstechnik der Technischen Universität Dresden. Die Studienarbeit stellt dazu eine Momentaufnahme der Situation zur Einbindung von Bahnübergängen auf ETCS-Strecken dar. Ausgehend von den Festlegungen der System Requirements Specification für ERTMS/ETCS werden nationale Lösungen zuerst dar- und anschließend gegenübergestellt. Des Weiteren wird eine Umsetzung auf drei Laboranlagen des Integrierten Eisenbahnlabor der Technischen Universität Dresden nach technischen, didaktischen und praktischen Aspekten geprüft. Abschliessend wird ein Planungsbeispiel für ETCS L1 LS und ETCS L2 im Bereich der DB AG erarbeitet.

Bibliografischer Nachweis

Fabian Kirschbauer

Einbindung von Bahnübergängen auf ETCS-Strecken

Technische Universität Dresden, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“,
Professur für Verkehrssicherungstechnik

Studienarbeit 2015

Anzahl der Seiten:	192
Anzahl der Abbildungen:	44
Anzahl der Tabellen:	35
Anzahl der Quellenangaben:	35
Anzahl der Anlagen:	3

Abstract

The intention of this paper is a most comprehensive preparation of the current status for the purposes of the teaching at the Chair of Railway Signalling Transport Safety Technology of the Technical University of Dresden. This student research project shows the current situation concerning the embedding of Level Crossings on railway lines equipped with ETCS. Based on the description of the regulations of the System Requirements Specification of ERTMS/ETCS national solutions are first presented and then set in contrast to each other. Furthermore an implementation on three potentially suitable laboratory assets of the Integrated Railway Laboratory of Technical University of Dresden considering technical, didactical and practical aspects is investigated. At last the planning of an example of a Level Crossing once in combination with ETCS L1 LS and once in combination with ETCS L2 is developed.

Thesen zur wissenschaftlichen Arbeit

1. Die System Requirements Specification (SUBSET-026) definiert für Bahnübergänge mit Einrichtungen zur technischen Sicherung, dass sie im Störfall mit oder ohne Halt vor dem Kreuzungsbereich befahren werden und spezifiziert mit Paket 65 und Paket 88, zwei Pakete, die zur technischen Überwachung verwendet werden können.
2. Die Einbindung von Bahnübergängen wird bei den herangezogenen Beispielen unterschiedlich gehandhabt und berücksichtigt nationale Besonderheiten. Die Festlegungen zur Planung sind teilweise umfangreich und nicht immer abschließend geregelt oder noch Änderungen unterworfen.
3. Bei der Gegenüberstellung der ETCS-Implementierungen bezogen auf Bahnübergänge zeigt sich als deutlichster Unterschied die Verwendung von Paket 65 oder Paket 88. Markant ist ebenfalls die proprietäre Wahl der Werte für einzelne Variablen beider Pakete.
4. Eine Umsetzung der Planungsregelwerke der DB AG in einem Demonstrationsobjekt für die Zwecke der Lehre im Integrierten Eisenbahnlabor der Technischen Universität Dresden ist möglich, sollte jedoch vor dem Hintergrund der Eigenschaften der infrage kommenden Laboranlagen und der Situation der Regelwerksentwicklung genau bedacht werden. Die Nachführung von Änderungen der Regelwerke sollte auch auf der jeweiligen Laboranlage zeitnah erfolgen können.
5. Die Veranschaulichung der aktuellen PT 1-Richtlinien der DB AG im Planungsbeispiel BÜ Klardorf kann als Grundlage einer Implementierung im Eisenbahnbetriebslabor der Technischen Universität Dresden dienen, ist aber primär als Beispiel für die Vorlesungsunterlagen der Professur für Verkehrssicherungstechnik konzipiert.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich einige Menschen besonders erwähnen, die in Zusammenhang mit dieser Arbeit von besonderer Bedeutung für mich sind.

Für die ehrlichen und hilfreichen Hinweise zu effizientem und effektivem Arbeiten gilt mein herzlicher Dank meinem Götti Andreas „Res“ Wegmüller. Durch die Zusammenarbeit habe ich mich weiterentwickeln können und einiges dazugelernt, teilweise einfach durch die Übernahme bewährter Arbeitsmethoden. Merci vielmal!

Dazugelernt in puncto strukturierte Herangehensweise und systematisches Erfassen von Sachverhalten habe ich durch die verschiedenen Gespräche und Erklärungen von Ernst Zollinger. Merci vielmal, es sind wichtige Impulse, die ich Stück für Stück umsetze.

Viel Kraft und Motivation für die Arbeit – auch in schwierigen Phasen – habe ich meiner Tante Marianne Kirschbauer zu verdanken. Diese Arbeit schreibe ich im Bewusstsein, dass es mir sehr gut geht und ich deshalb auch mal die ein oder andere unbequeme Stunde überstehen kann!

Sehr gefreut habe ich mich auch über die Hilfs- und Auskunftsbereitschaft aller Fachleute, auf deren Wissen ich für die Anfertigung der vorliegenden Arbeit zurückgreifen durfte und konnte. Ich war und bin sehr erfreut über die schnelle, unkomplizierte, kompetente und freundliche Art, wie man meinen Fragen und Problemen Abhilfe geschaffen hat! Im Einzelnen geht mein Dank an:

Norbert Gawehn (Technischer Mitarbeiter des EBL der TU Dresden)

Dipl.-Ing. Michael Jahnel (Scheidt & Bachmann)

Dipl.-Ing. Richard Kahl (TU Dresden)

Dipl.-Ing. Klaus Koop (ICS AG)

Dipl.-Inf. Walerian Nesterenko M.Sc.

Dipl.-Ing. Niels Neuberg (DB Netz AG)

Frank Schubert (Technischer Mitarbeiter des EBL der TU Dresden)

Dr.-Ing. Jörg Schurig (DB ProjektBau GmbH)

Dipl.-Ing György Sélley (Ingenieurgesellschaft für Sicherungstechnik und Bau mbH)

Dipl.-Ing Julia Zimmer (DB ProjektBau GmbH)

Zuletzt noch ein herzliches Vergelt's Gott an meine Betreuer Dipl.-Ing. Michael Kunze und Dr.-Ing. Eric J. Schöne, die mir zur Seite standen und sich auch durch diverse Konsultationswünsche nicht aus der Ruhe bringen ließen.

Vorbemerkungen

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen etc. in der vorliegenden Arbeit berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sofern eine Verwendung von Produktbezeichnungen, Firmennamen oder ähnlichem erfolgt, geschieht dies nicht zu Werbezwecken oder anderen kommerziellen Interessen sondern nur zur exakten Benennung.

Bestimmte Begriffe werden im Text kursiv gesetzt, um sie hervorzuheben. Beispiele hierfür sind die Signalbegriffe *Halt* oder *Fahrt*. Ebenfalls kursiv gesetzt werden Bezeichnungen, die direkt aus einer Quelle übernommen wurden. Sie entsprechen nicht immer den Regeln der deutschen Rechtschreibung, werden aber unverändert übernommen. Ziel ist es, diese Begriffe einheitlich zu verwenden und die Arbeit mit der jeweiligen Quelle zu erleichtern. Ein Beispiel dafür ist *Fahrstrassen-abhängiges Hauptsignal*.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	13
1.1	Motivation	13
1.2	Zielstellung	13
1.3	Vorgehen	14
2	Grundlagen der System Requirements Specification	16
2.1	Verwendung der System Requirements Specification	16
2.2	Prinzipien und Prozeduren in Verbindung mit Bahnübergängen 16	
2.2.1	Prinzipien.....	16
2.2.2	Prozeduren.....	18
2.3	Möglichkeiten der Einbindung von Bahnübergängen auf ETCS-Strecken	23
2.3.1	Verwendbare Pakete.....	23
2.3.2	Temporary Speed Restriction.....	24
2.3.3	Level Crossing Information	29
3	Länderspezifische Lösungen der Einbindung von Bahnübergängen auf ETCS-Strecken	31
3.1	Vorgehen	31
3.2	Deutschland – Deutsche Bahn AG	31
3.2.1	ETCS-Planungen	31
3.2.2	Grundlegendes zur Bahnübergangssicherung	32
3.2.3	Bahnübergänge auf ETCS L1 LS-Strecken.....	37
3.2.4	Bahnübergänge auf ETCS L2-Strecken	41
3.3	Systemführerschaft ETCS Schweiz	50
3.3.1	Grundlegendes zu ETCS in der Schweiz	50
3.3.2	Grundlegendes zur Bahnübergangssicherung.....	50
3.3.3	Bahnübergänge auf ETCS L1 LS-Strecken.....	57
3.3.4	Bahnübergänge auf ETCS L2-Strecken	63
3.4	Ungarn – Magyar Államvasutak Zrt.	66
3.4.1	Grundlegendes zur Bahnübergangssicherung.....	67
3.4.2	Bahnübergänge auf ETCS L1-Strecken	69
3.4.3	Bahnübergänge auf ETCS L2-Strecken	74

3.5	Dänemark – Banedanmark.....	76
3.5.1	Grundlegendes zur Bahnübergangssicherung.....	76
3.5.2	Bahnübergänge auf ETCS L2-Strecken	77
4	Vergleich der unterschiedlichen Lösungen	82
4.1	Vorgehen.....	82
4.2	Sicherungsarten	82
4.3	Einschaltarten	83
4.4	Überwachungsarten.....	85
4.5	Prozedur des Passierens eines gestörten BÜ.....	87
4.6	Sicherungsmöglichkeiten	89
4.7	Resümee des Vergleichs	91
5	Untersuchung der Umsetzbarkeit auf einer Laboranlage des Integrierten Eisenbahnlabors.....	93
5.1	Anlass und Vorgehen.....	93
5.2	Eignungsprüfung des Eisenbahnbetriebslabors	93
5.2.1	Beschreibung des Eisenbahnbetriebslabors	93
5.2.2	Technische Aspekte.....	96
5.2.3	Didaktische Aspekte	97
5.2.4	Praktische Aspekte	100
5.3	Eignungsprüfung des Sicherungstechnischen Labors – ETCS-Versuchsstand	104
5.3.1	Beschreibung des ETCS-Versuchsstands	104
5.3.2	Technische Aspekte.....	107
5.3.3	Didaktische Aspekte	109
5.3.4	Praktische Aspekte	111
5.4	Eignungsprüfung des Sicherungstechnischen Labors – BUES 2000-Anlage.....	112
5.4.1	Beschreibung der BUES 2000-Anlage.....	112
5.4.2	Technische Aspekte.....	114
5.4.3	Didaktische Aspekte	115
5.4.4	Praktische Aspekte	116

5.5	Empfehlungen zur Implementierung	117
5.5.1	Vorgehen.....	117
5.5.2	Empfehlung im Hinblick auf technische Aspekte	117
5.5.3	Empfehlung im Hinblick auf didaktische Aspekte	118
5.5.4	Empfehlung im Hinblick auf praktische Aspekte	118
5.5.5	Zusammenfassung der Empfehlungen	119
6	Anwendung der Planungsregeln	121
6.1	Vorgehen bei der Entwicklung des Planungsbeispiels	121
6.2	Grundlegende Bahnübergangsplanung.....	122
6.3	Planung der Ausrüstung mit ETCS L1 LS	133
6.4	Planung der Ausrüstung mit ETCS L2	138
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	147
7.1	Zusammenfassung	147
7.2	Ausblick.....	148
	Abkürzungsverzeichnis.....	150
	Verzeichnis terminologischer Besonderheiten.....	155
	Abbildungsverzeichnis.....	156
	Tabellenverzeichnis.....	158
	Literaturverzeichnis	160
	Erklärung.....	163
	Anhang A: Besprechungsprotokolle.....	164
	Anhang B: BÜ Klardorf – Berechnung der technischen Sicherung	187
	Anhang C: BÜ Hallalitz der ETCS-Strecke Berlin – Rostock	190

1 Einleitung

1.1 Motivation

Die Eisenbahn in der heutigen Form entwickelte sich über viele Jahrzehnte, vornehmlich national mit anfangs stark regionaler Prägung. Mit der zunehmenden Globalisierung steigt auch der Druck auf die Eisenbahnen, grenzüberschreitende Verkehre effizient durchzuführen. Hierbei stellen verschiedene Spurweiten, Stromsysteme, nationale Zugbeeinflussungssysteme, Betriebsverfahren, Signalsysteme, Rechtsgrundlagen und andere nationale Besonderheiten ein Hindernis dar. Zur Abmilderung oder Beseitigung dieser Hürden werden verschiedene Maßnahmen ergriffen.

Bezogen auf die Zugbeeinflussung (ZB) wird das European Train Control System (ETCS) als Teil des European Rail Traffic Management Systems (ERTMS) als Lösung schrittweise eingeführt. Das geschieht v. a. auf Betreiben der Europäischen Union (EU), um die Interoperabilität der Eisenbahn in der europäischen Gemeinschaft zu fördern. Aber auch außerhalb der EU ist das System verbreitet und u. a. in Asien zu finden. In Europa werden neben Neubaustrecken, die in vielen europäischen Ländern in der Regel ohne Bahnübergänge (BÜ) errichtet werden, auch viele Bestandsstrecken mit vorhandenen BÜ mit ETCS ausgerüstet.

Sofern eine technische Sicherung vorhanden ist, muss stets mit einem Ausfall dieser Anlagen gerechnet werden. Für diesen Fall sind betriebliche Regelungen zum Passieren des nicht gesicherten BÜ notwendig. Zudem muss die Einbindung des BÜ auf ETCS-Strecken erfolgen, um bei gestörten BÜ die Umsetzung der betrieblichen Regelwerke durch den Triebfahrzeugführer (Tf) technisch überwachen zu können. Diese technische Umsetzung hängt dabei vom Level (Ausrüstungsstufe), der technischen Sicherung des BÜ, der Überwachung der Funktionsfähigkeit der Technik und den betrieblichen Regelwerken ab. Das führt zu verschiedenen Lösungen, die national geprägt sind, wenngleich ETCS als interoperables, vereinheitlichtes Zugbeeinflussungssystem erdacht wurde.

1.2 Zielstellung

Die Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken ist in den Festlegungen für ETCS, den Subsets, nicht umfassend und abschließend geregelt und lässt Spielräume für die Anpassung an nationale Besonderheiten. Mit der Einführung einer neuen Bezugskonfiguration, der Baseline (BL) 3.0.0, wurde eine neue Möglichkeit für die Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken möglich. Die Vorgaben haben sich daneben auch in anderen Punkten noch weiterentwickelt und berücksichtigen Erfahrungen, Erkenntnisse und neue Bedürfnisse, die bei der Implementierung von ETCS gemacht werden bzw. entstehen.

Zeitgleich nimmt die Zahl der ETCS-Projekte und damit die Relevanz für die Praxis zu, wenngleich andere Länder gegenüber Deutschland in puncto ETCS derzeit einen teilweise großen Vorsprung haben.

Mit der vorliegenden Arbeit soll der Status quo verschiedener Lösungen recherchiert werden und für Lehrzwecke der Professur für Verkehrssicherungstechnik an der TU Dresden (TUD) aufbereitet werden. Vor allem die deutsche Herangehensweise ist von besonderem Interesse, Lösungen aus anderen europäischen Ländern sollen aber ebenso aufbereitet werden. Der Fokus liegt auf ETCS L1 im Mode (Betriebsart) Full Supervision (FS) und im Mode Limited Supervision (LS) sowie auf ETCS L2.

Zusätzlich zur Aufbereitung des Status quo für die Vorlesungsunterlagen soll geprüft werden, ob das Eisenbahnbetriebslabor (EBL) oder das Sicherungstechnische Labor (SIL) der TUD die Voraussetzungen erfüllen, eine physische Umsetzung der Planungsregeln zu implementieren.

1.3 Vorgehen

Für die Aufbereitung der Thematik werden zuerst in Kapitel 2 die Grundlagen der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken anhand der System Requirements Specification (SRS) vorgestellt. Beginnend auf einer allgemeinen Ebene werden die Vorgaben zu Informationen, die von den streckenseitigen an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten übertragen werden können sollen, vorgestellt. Anschließend werden die darauf aufbauenden Prozeduren zum Befahren eines gestörten BÜ gezeigt. Zuletzt erfolgt eine Vorstellung der Pakete zur Kommunikation. Herstellerabhängige, technische Umsetzungen werden nicht betrachtet, denn sie liegen nicht im Fokus der vorliegenden Arbeit.

Anschließend sollen in Kapitel 3 Lösungen verschiedener Länder beschrieben werden. Neben Deutschland (Abschnitt 3.2) werden die Schweiz (Abschnitt 3.3), Ungarn (Abschnitt 3.4) und Dänemark (Abschnitt 3.5) unter Berücksichtigung der nationalen Besonderheiten und auf Basis verlässlicher Quellen als Beispiele betrachtet. Dabei wird – soweit nötig und möglich – Bezug auf die Grundlagen aus Kapitel 2 genommen.

Für einen Vergleich der verschiedenen Herangehensweisen wird in Kapitel 4 eine Gegenüberstellung nach verschiedenen Gesichtspunkten vorgenommen. Damit zeigen sich insbesondere auch die Spielräume bei der Implementierung von ETCS am Beispiel der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken.

Anschließend werden in Kapitel 5 die Laboranlage des EBL, der ETCS-Versuchsstand und die BUES 2000-Anlage des SIL auf ihre Tauglichkeit für eine Implementierung eines Beispiels geprüft. Hier werden technische, didaktische und praktische Aspekte für

jede Anlage berücksichtigt und letztlich Empfehlungen für oder gegen eine Umsetzung für jede Anlage separat gegeben.

Mit den Rechercheergebnisse der Kapitel 2 und 3 wird in Kapitel 6 eine Umsetzung der deutschen Planungsregeln anhand eines konkreten Beispiels vorgenommen. Dieses Lehrbeispiel soll das Nachvollziehen des Planungsprozesses ermöglichen und in Vorlesungsunterlagen der Professur für Verkehrssicherungstechnik aufgenommen werden.

Zum Schluss folgt eine Zusammenfassung der Arbeit, die eine Darstellung der Thematik „Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken“ im Status quo bietet, aber auch Bezug auf die weitere Entwicklung des Themenfelds ETCS nimmt.

2 Grundlagen der System Requirements Specification

2.1 Verwendung der System Requirements Specification

Die Vorgaben der ETCS-Systemgestaltung sind in SUBSET-026 *System Requirements Specification* niedergeschrieben. Die Anforderungen zu Bahnübergängen (BÜ) werden darin auf verschiedenen Ebenen beschrieben und sind deshalb je nach Ebene einem entsprechenden Kapitel zugeordnet.

Allgemeine Anforderungen finden sich in Kapitel 3 *Principles*. Kapitel 5 *Procedures* beschreibt Möglichkeiten des Befahrens von nicht gesicherten BÜ und Kapitel 7 *ERTMS/ETCS language* definiert die Pakete für die Kommunikation zwischen den verschiedenen ETCS-Komponenten. Diese Abstufung folgt dem Schema „vom Groben zum Feinen“ und ermöglicht es, von den Prinzipien ausgehend zu den technischen Details für die Umsetzung vorzudringen.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Anforderungen kurz dargestellt, um einen Überblick über die verbindlichen Funktionalitäten zu geben. Dafür wird Version 3.4.0 des SUBSET-026 vom 05.12.2014 verwendet.

2.2 Prinzipien und Prozeduren in Verbindung mit Bahnübergängen

2.2.1 Prinzipien

Abschnitt 3.12.5 legt fest, welche Informationen über einen BÜ von der Strecke auf das Fahrzeug übertragen werden sollen und in welcher Form dies geschieht. Es handelt sich lediglich um die Prinzipien und damit die Grundlage, die die betrieblichen Prozeduren ermöglichen sollen und nicht um eine genaue Vorschrift wie im Einzelfall (also z. B. einer länderspezifischen ETCS-Implementierung) vorgegangen werden muss. Das beinhaltet auch keine Beschränkung auf bestimmte Modes (z. B. FS oder LS).

Prinzipiell soll es möglich sein zu übertragen:

- BÜ Informationen als Profildaten, in Abhängigkeit von
 - *Level Crossing start location (LX start location)*
 - der Länge von *LX area*
- unter welchen Bedingungen der BÜ zu passieren ist
- ob der BÜ gesichert (*LX protected*) oder ungesichert (*LX not protected*) ist.

Profildaten sind neben *Level Crossing information* auch Gleiszustände (*Track Conditions*), Geschwindigkeitsbeschränkungen (*Speed Restrictions*) oder Neigungsprofile (*Gradient Profiles*).

Mit den Informationen *LX start location* und *LX area* ist bekannt, wo sich der BÜ befindet. Die Definition legt dies nur insofern fest, als dass die Informationen als Profildaten übertragen werden sollen. Wo der Startpunkt positioniert wird und wie die Länge bemessen wird (z. B.: Start des BÜ 1 m vor der Mitte der Straßenfahrbahn und Länge des BÜ 1 m), ist nicht festgelegt und unterliegt somit länderspezifischen Bestimmungen.

Die Bedingungen, unter welchen der BÜ zu passieren ist, hängen von seinem jeweiligen Zustand ab. Dieser ist relevant für die weitere Vorgehensweise des Triebfahrzeugführers (Tf) bzw. der dazu abgestimmten Reaktion des Fahrzeugs. Es gibt nach der SRS zwei definierte Fälle.

- BÜ gesichert (*LX protected*)
- BÜ nicht gesichert (*LX not protected*)

Sofern der BÜ gesichert ist, kann er mit der Geschwindigkeit befahren werden, welche die gültige Fahrerlaubnis (Movement Authority (MA)) des Abschnitts, in dem der BÜ liegt, vorgibt. Andernfalls (BÜ ungesichert) ist zumindest mit einer Geschwindigkeitsreduzierung zu rechnen. Hier hängt es wiederum von den nationalen Gegebenheiten ab, wie der BÜ passiert werden darf, wenn die technische Sicherung nicht ordnungsgemäß arbeitet.

Zu diesem Zweck muss übertragen werden können, mit welcher Geschwindigkeit der BÜ passiert werden darf, ob ein Halt vor dem BÜ erforderlich oder nicht erforderlich ist und ein Haltebereich für einen vorgeschriebenen Halt vor dem BÜ. Damit können die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten sowohl die Geschwindigkeitsrestriktion als auch einen unter Umständen vorgeschriebenen Halt überwachen.

Die Zuordnung der Informationen zum jeweiligen BÜ erfolgt über eine eindeutige Identifikation (ID) des BÜ. Dies soll auch gewährleisten, dass eine einzelne Information zu einem BÜ weder andere BÜ-Informationen beeinflusst, noch von anderen BÜ-Informationen beeinflusst wird. Eine Information überschreibt grundsätzlich eine zuvor erhaltene Information mit einer identischen ID auf einem Fahrzeug und wird zur Aktualisierung der Informationen genutzt. Werden Informationen zu verschiedenen, hintereinanderliegenden BÜ übertragen, soll die Information zu BÜ 2 entsprechend nicht die Information zu BÜ 1 und umgekehrt überschreiben.

Die Geschwindigkeitsbeschränkung am BÜ wird auch im Abschnitt 3.11.9 des [SUB26] genannt. Dieser Abschnitt beschränkt sich aber lediglich auf die Vorgabe, dass eine derartige Definition möglich sein muss. Er stellt somit lediglich eine Verknüpfung des Abschnitts 3.12 zu den Anforderungen des Abschnitts 3.11 her.

2.2.2 Prozeduren

2.2.2.1 Allgemeines

Die grundlegenden Anforderungen an die BÜ-Sicherung des Abschnitts 3.12.5 des [SUB26] haben die Prinzipien dargestellt. Im Abschnitt 5.16 des [SUB26] wird nun beschrieben, welche Abläufe bei einem gestörten BÜ vorgesehen sind. Sie gelten in den Betriebsarten Full Supervision (FS), Limited Supervision (LS) und On Sight (OS).

Es werden die zwei Fälle „Halt vor dem Befahren des BÜ“ und „kein Halt vor dem Befahren des BÜ“ getrennt betrachtet. Der Abschnitt 5.16.1 von [SUB26] enthält für beide Fälle identische Festlegungen.

Im Falle *LX is not protected* müssen die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten vorübergehend die *LX start location* als End of Authority (EOA) und Supervised Location (SvL) ohne Release Speed (RS) überwachen. Abhängig davon, ob ein Halt vor dem BÜ erforderlich ist, soll dann die *LX speed restriction* in das Most Restrictive Static Speed Profile (MRSP) übernommen werden (siehe hierzu Abschnitt 2.2.2.2 und Abschnitt 2.2.2.3). Dabei hängt von der Halt-Bedingung auch der Ort ab, an dem die Geschwindigkeitsbeschränkung übernommen werden soll. Abb. 1 (siehe nächste Seite) zeigt die Überwachung von EOA und SvL.

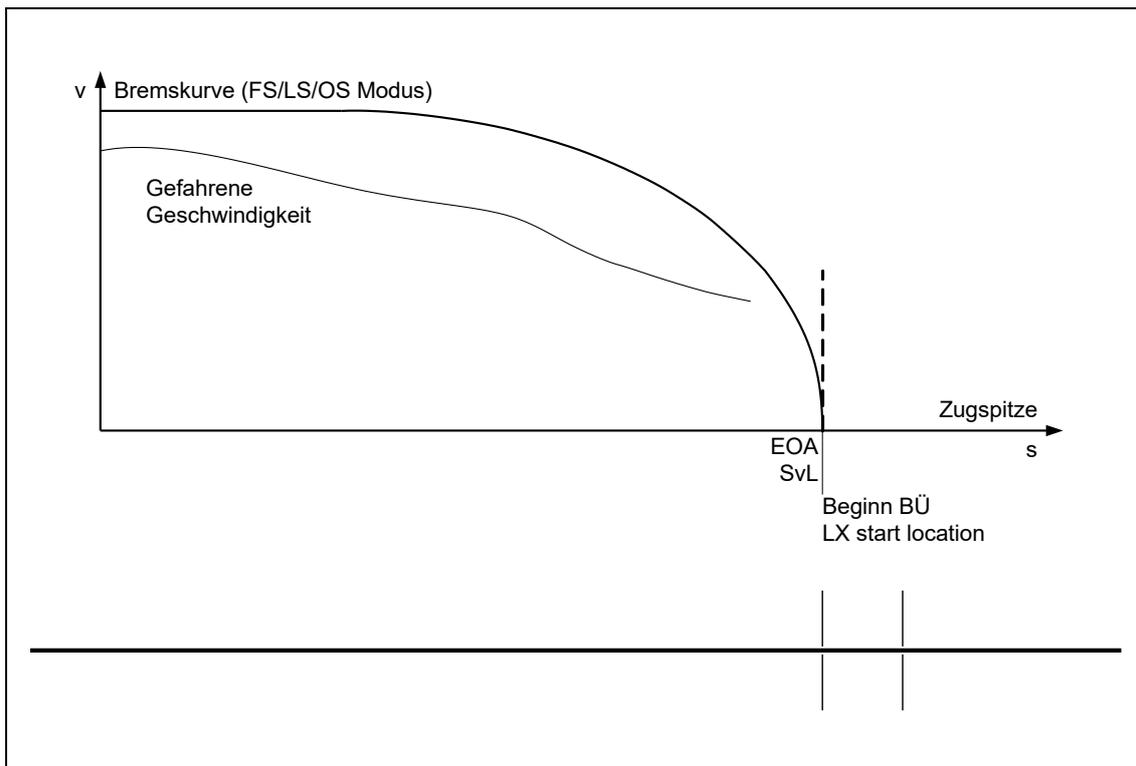


Abb. 1 Temporäre Überwachung der *LX start location* als EOA und SvL nach [SUB26]

Des Weiteren soll bei der Annäherung des Zuges an den BÜ über dessen Zustand informiert werden:

1. Entweder sobald die EOA und die SvL bezogen auf die *LX start location* das Most Restrictive Displayed Target (MRDT) wird
2. oder die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten die Überwachung der *LX start location* durch die Übernahme der *LX speed restriction* in das MRSP ersetzen.

Erstens bezieht sich auf die Variante Passieren mit Halt vor dem BÜ (siehe Abschnitt 2.2.2.2) während bei zweitens die Variante Passieren ohne Halt vor dem BÜ (Siehe Abschnitt 2.2.2.3) zur Anwendung kommt.

Die jeweilige Anzeige für den Tf soll bestehen bleiben bis zum

- Erhalt der Meldung *LX is protected* oder
- Passieren der *LX end location* mit dem min safe front end.

Die erste der beiden Endbedingungen ermöglicht es, bei einer verzögerten Sicherung des BÜ, die betriebliche Behinderung abzumildern. Andernfalls würden die Restriktionen im Falle eines gestörten BÜ länger als nötig bestehen. Um diesen Vorteil nutzen zu können, ist eine möglichst zeitnahe Informationsübertragung auf das Fahrzeug erforderlich. Bei ETCS L1 ist das mittels Infill, bei ETCS L2 über die kontinuierliche Daten-

übertragung möglich. Fehlt eine derartige Übertragungsmöglichkeit, dann wäre zwar die Rücknahme der Restriktionen möglich, aber technisch nicht umsetzbar.

Das Passieren der *LX end location* bei einem gestörten BÜ die häufiger auftretende Endbedingung sein

2.2.2.2 Passieren mit Halt vor dem Bahnübergang

Falls ein Halt vor dem Passieren eines gestörten BÜ notwendig ist, so ist nach [SUB26] Abschnitt 5.16.2 die in der folgenden Abbildung dargestellte Prozedur umzusetzen.

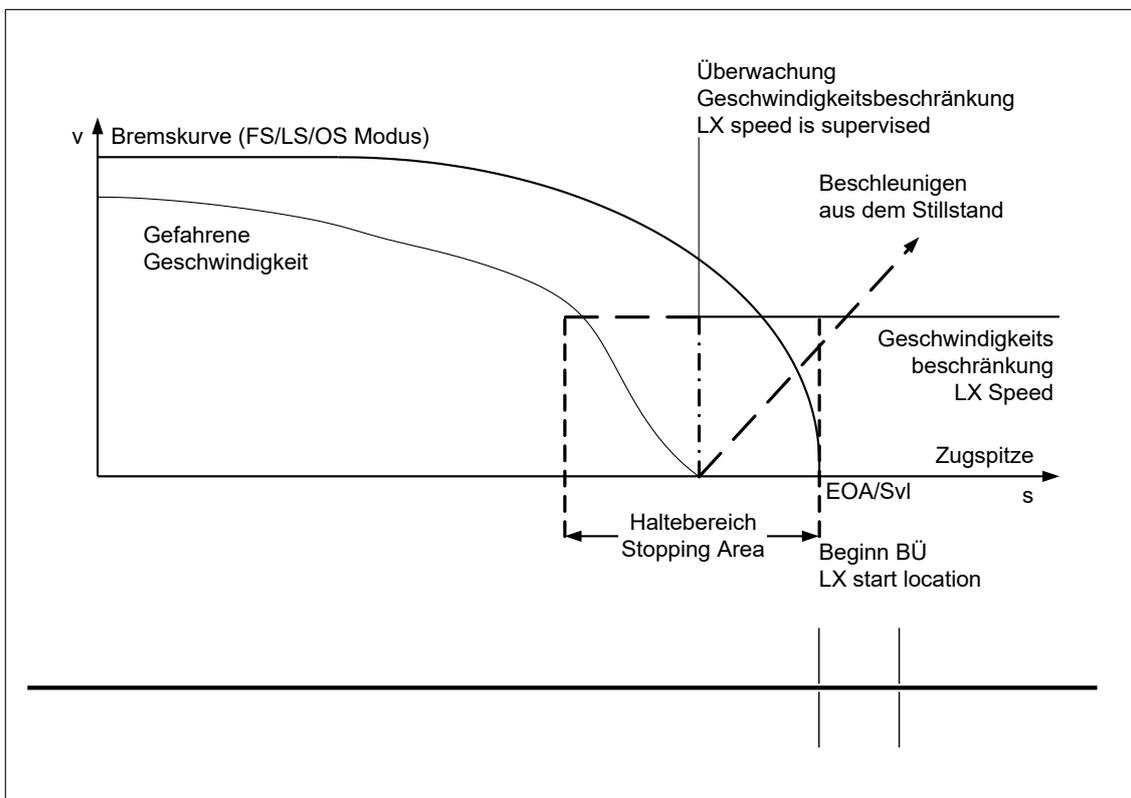


Abb. 2 Passieren eines gestörten BÜ mit Halt vor dem BÜ nach [SUB26]

Der Zug wird während der Annäherung an den BÜ mit einer Bremskurve bis zum Stillstand überwacht, deren Zielpunkt an der EOA und SvL *LX start location* liegt. Kommt der Zug mit dem estimated front end innerhalb des vordefinierten Stopping Area vor der *LX start location* zum Stehen, schalten die fahrzeugseitigen ETCS Komponenten die Überwachung um auf das MRSP. Dadurch werden im Bereich des BÜ nicht mehr die EOA und die SvL der *LX start location* überwacht, sondern die *LX speed restriction* als Teil des MRSP. Letzteres wiederum hängt auch von der MA für den gerade befahrenen Abschnitt, in dem der BÜ liegt, ab. Die zwischenzeitlich durch EOA und SvL der *LX start location* ersetzten EOA und SvL der ursprünglichen MA werden nun wieder als solche überwacht.

Die Überwachung der EOA und SvL wird in der folgenden Abbildung auf die Wegstrecke bezogen dargestellt.

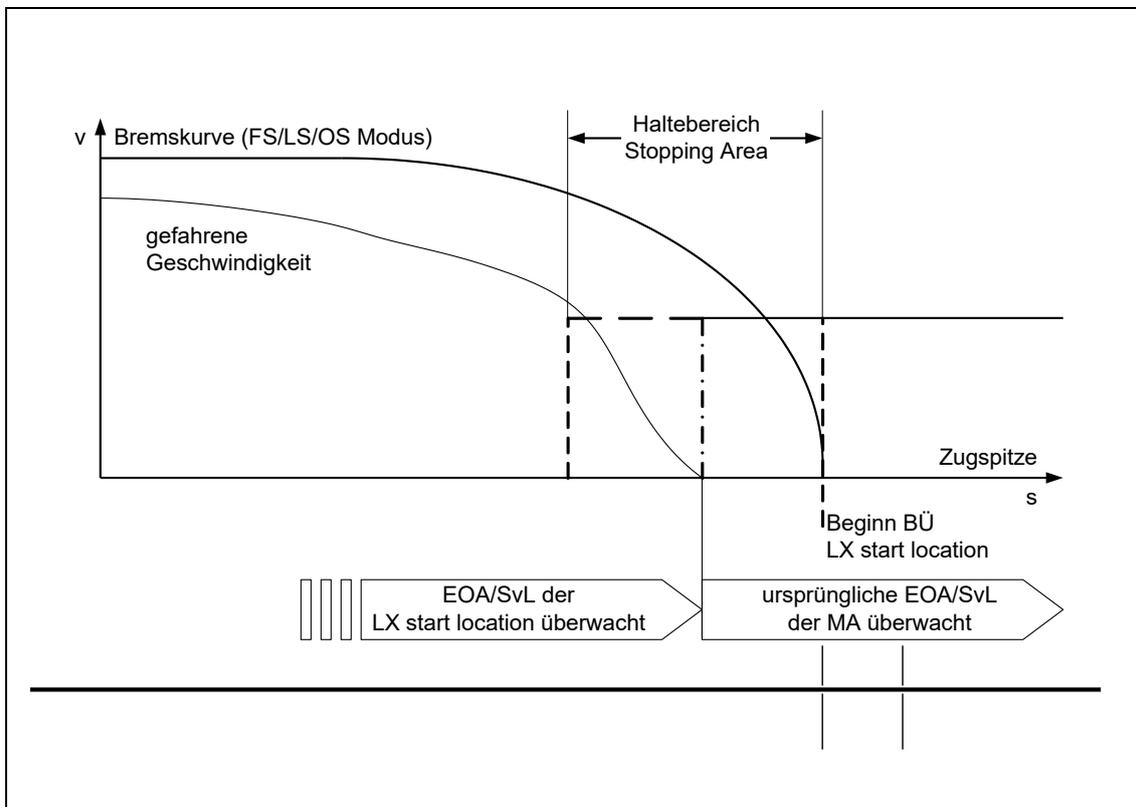


Abb. 3 Umschalten der Überwachung von EOA und SvL nach [SUB26]

Die Bremskurve wird so berechnet, dass am Punkt *LX start location* der Zug zum Stehen kommen kann. Falls der gestörte und damit nicht gesicherte BÜ nicht befahrbar ist, kann so ein Zusammenprall im Kreuzungsbereich verhindert werden.

Grundsätzlich ist der Tf verantwortlich für die richtigen Reaktionen im Falle eines gestörten BÜ. Die Technik überwacht sein Handeln zur Erhöhung der Sicherheit. Sollte der BÜ für den Schienenverkehr nicht befahrbar sein, so wird dies allerdings nicht durch die Technik überwacht. Dann liegt es ausschließlich in der Verantwortung des Tf, adäquat zu reagieren.

Das bedeutet, dass er nach dem Anhalten vor dem BÜ prüfen muss, ob der BÜ passiert werden kann oder nicht. Die Technik erlaubt nach dem Halt ein Befahren des BÜ mit einer Geschwindigkeit zwischen 0 km/h und *LX speed restriction*, selbst wenn der BÜ durch Straßenverkehrsteilnehmer besetzt ist.

2.2.2.3 Passieren ohne Halt vor dem Bahnübergang

Ist kein Halt vor dem BÜ erforderlich, so ist nach [SUB26] Abschnitt 5.16.3, die in der nachstehenden Abbildung dargestellte Prozedur umzusetzen.

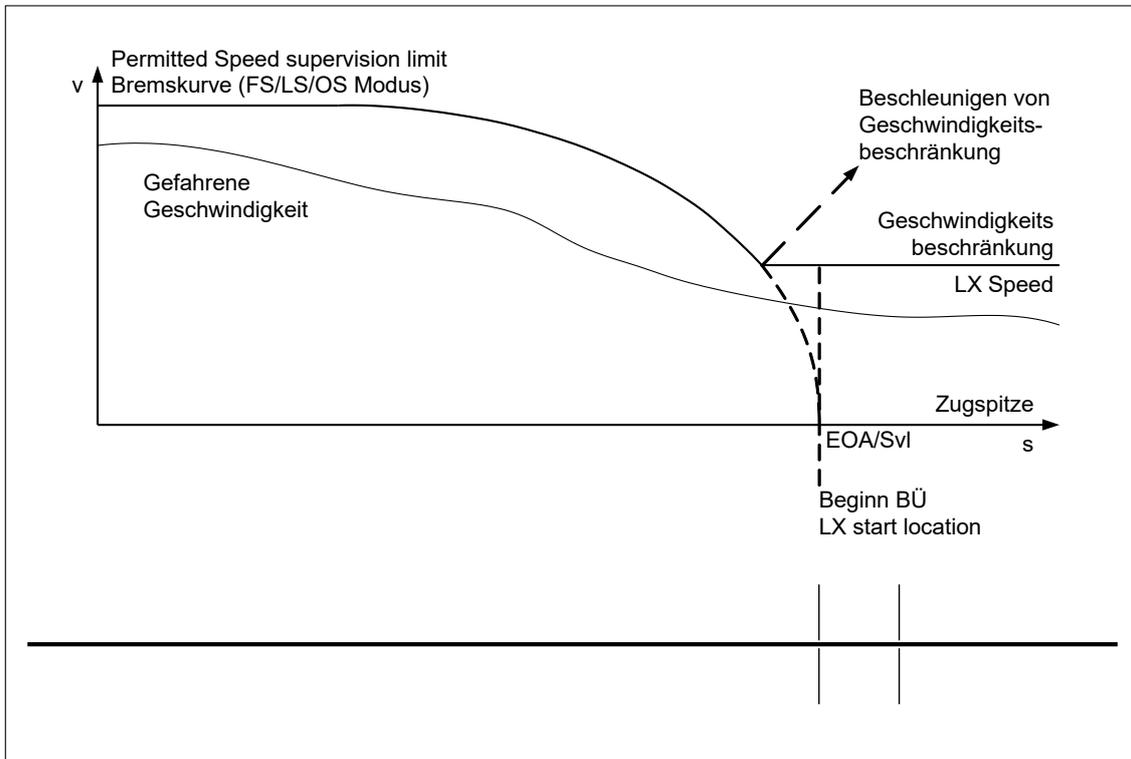


Abb. 4 Passieren eines gestörten BÜ ohne Halt vor dem BÜ nach [SUB26]

Die *LX start location* ist als EOA und Svl mit einer Bremskurve bis zum Stillstand zu überwachen. Da kein Halt erforderlich ist, wird die Überwachung auf die *LX speed* umgeschaltet, sobald der Zug den Ort erreicht hat an dem das Permitted speed supervision limit (P) die Geschwindigkeit der *LX speed restriction* erreicht. Ausschlaggebend ist entweder das estimated front end oder das max safe front end des Zuges. Der Punkt der Umschaltung auf die *LX speed restriction* wird als Permitted speed supervision limit at *LX speed* bezeichnet. Es ergibt sich eine durchgehende Überwachungskurve ohne Halt. Sie vereint die vor der Annäherung an den BÜ erlaubten Geschwindigkeit, und die für das Passieren des nicht gesicherten BÜ erlaubte Geschwindigkeit.

Das Umschalten der Überwachung beinhaltet die Rückkehr von der EOA und Svl des BÜ auf die EOA und Svl der vorher erteilten MA für den aktuellen Abschnitt. Also den Abschnitt, in dem der BÜ liegt. Die *LX speed restriction* ist, analog zum Vorgehen im Abschnitt 2.2.2.2, in das MRSP der MA zu integrieren. Die Situation wird in der folgenden Abbildung (siehe nächste Seite) dargestellt.

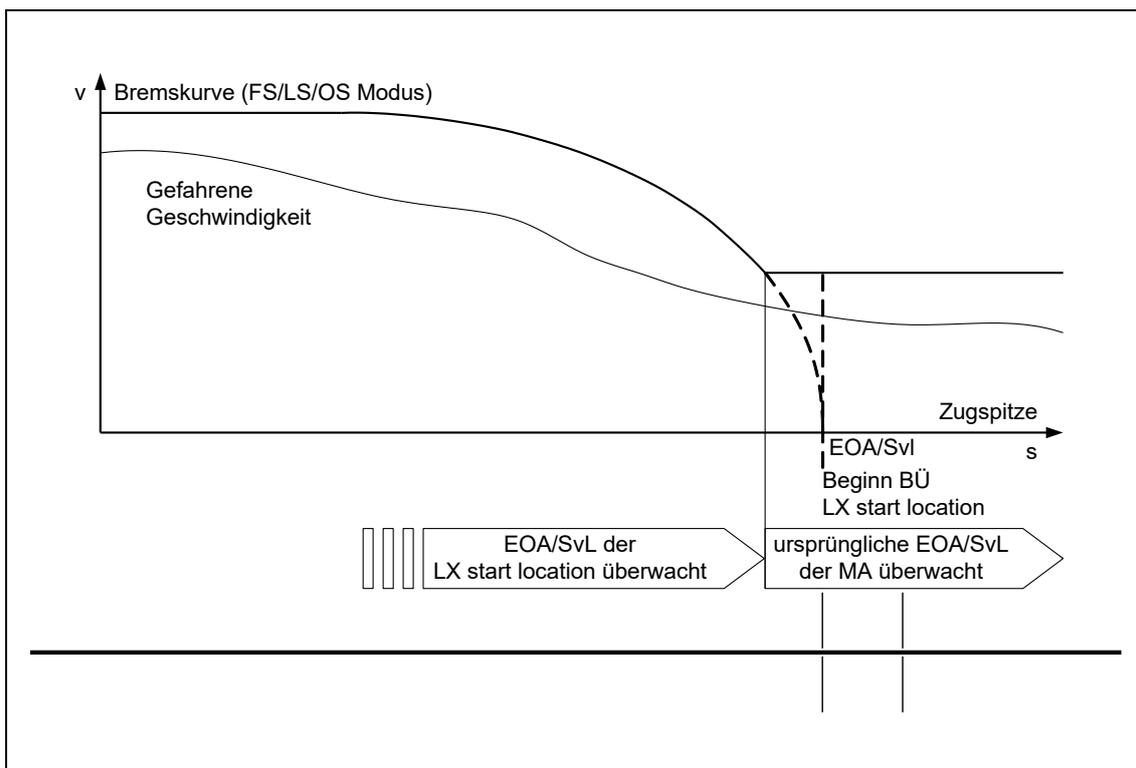


Abb. 5 Umschalten der Überwachung von EOA und SvL nach [SUB26]

Im Vergleich zur Prozedur mit Halt vor dem BÜ wird demnach die Umschaltung auf die *LX speed restriction* anders realisiert.

Vorausgesetzt wird, dass der Tf korrekt handelt und die Überwachung durch die Technik nur im Falle einer Fehlhandlung oder des menschlichen Versagens zum Tragen kommt. Die Bremskurve ist so berechnet, dass ein Halt an der *LX start location* möglich ist. Dieser Umstand wird hingegen nicht durch die Technik überwacht, sie sichert lediglich die Einhaltung der *LX speed restriction* ab. Die Verantwortung liegt damit allein beim Menschen.

2.3 Möglichkeiten der Einbindung von Bahnübergängen auf ETCS-Strecken

2.3.1 Verwendbare Pakete

Für die Umsetzung der beschriebenen Varianten zur Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken existieren im Wesentlichen zwei Möglichkeiten. Grundsätzlich ist es die Aufgabe, die im Abschnitt 2.2 vorgestellten Anforderungen umzusetzen. Hierzu können einerseits Paket 65 *Temporary Speed Restriction* (TSR) und andererseits Paket 88 *Level Crossing information* (LXI) verwendet werden. Letzteres wurde nach [NE14] erst mit BL 3 eingeführt, ist also eine neuere Variante.

Die folgenden Abschnitte 2.3.2 und 2.3.3 beschreiben den Aufbau der jeweiligen Pakete möglichst kurz. Dabei wird – soweit nötig – der Bezug zu den Vorgaben der SRS aus Abschnitt 2.2.1 und Abschnitt 2.2.2 vorgenommen.

2.3.2 Temporary Speed Restriction

In Kapitel 7 der SRS werden die einzelnen Pakete, die zur Informationsübertragung zur Verfügung stehen, beschrieben. Dargestellt wird nun, wie mit Hilfe dieser Pakete die definierten Prozeduren umgesetzt werden können.

Abschnitt 7.4.2.17 gilt für die Kommunikationsrichtung Strecke – Zug und weist den nachfolgend dargestellten Aufbau auf.

Tab. 1 Aufbau des Paket 65 TSR nach [SUB26]

Variable	Länge (bit)	Kommentar
NID_Packet	8	Nummer des Pakets
Q_DIR	2	Richtung, in die die Information gilt
L_PACKET	13	Länge des Pakets
Q_SCALE	2	Auflösung der Distanzmessung
NID_TSR	8	Identifikationsnummer der TSR
D_TSR	15	Distanz bis zum Beginn der TSR
L_TSR	15	Länge der TSR
Q_FRONT	1	Festlegung, ob TSR für Spitze oder Ende des Zugs gilt
V_TSR	7	Höchstgeschwindigkeit, die TSR erlaubt

Der grau hinterlegte, erste Teil NID_PACKET bis einschließlich Q_SCALE stellt den Standardkopf eines ETCS-Telegramms dar und ist unabhängig vom weiteren Inhalt. Er wird deshalb nicht weiter beschrieben.

Wird nun die gezeigte Struktur vor dem Hintergrund der Anforderungen des Kapitels 3 der SRS betrachtet, so zeigt sich, dass ein Teil der Anforderungen mit diesem Paket erfüllt werden kann (siehe nachstehende Tabelle).

Tab. 2 Erfüllung der BÜ-bezogenen Anforderungen durch die TSR

BÜ-bezogene Anforderungen	Erfüllt durch TSR
Eindeutige ID des BÜ	Identifikationsnummer der TSR (NID_TSR)
<i>LX start location</i>	Distanz bis zum Beginn der TSR (D_TSR)
<i>LX area</i>	Länge der TSR (L_TSR)
keine Vorgabe	Bezug TSR auf Spitze/Ende des Zugs
<i>LX speed restriction</i>	Höchstgeschwindigkeit der TSR (V_TSR)

Nicht erfüllt sind damit folgende Anforderungen des Kapitels 3:

- ob ein Halt vor dem BÜ zu erfolgen hat
- Definition eines Haltebereichs, falls ein Halt vorgeschrieben ist

Daraus ergibt sich, dass mit Paket 65 TSR nur alle Bedingungen technisch überwacht werden können, wenn kein Halt vor dem BÜ vorzusehen ist. Verglichen mit [SUB26] Abschnitt 5.16 handelt sich um die Variante *Stopping in rear of non protected LX is not required*.

Die TSR (Langsamfahrstelle (Lfst)) ist nicht notwendig, wenn der BÜ ordnungsgemäß gesichert ist. Sobald der BÜ nicht gesichert ist, muss die Geschwindigkeit im Bereich des BÜ herabgesetzt werden und folglich die projektierte TSR überwacht werden.

Damit wird indirekt die Forderung aus Abschnitt 2.2.1 erfüllt, wonach an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten übertragen werden können soll, unter welchen Bedingungen der BÜ passiert werden kann. „Fehlt“ die TSR, so ist der BÜ normal zu passieren, ist sie „vorhanden“, ist der BÜ gestört. Die genannte Forderung ist ebenso in Kapitel 5 der SRS (siehe Abschnitt 2.2.2) enthalten. Die Zustände stehen sich dann gemäß der folgenden Tabelle gegenüber.

Tab. 3 Zuordnung des Zustands des BÜ zum Zustand der TSR

Zustand gemäß Anforderung	Zustand der TSR
<i>LX is protected</i>	„TSR nicht vorhanden“ (Keine Übertragung der TSR)
<i>LX is not protected</i>	„TSR vorhanden“ (Übertragung der TSR)

Sofern der Zustand „TSR vorhanden“ eintritt, wird diese in das MRSP des betroffenen Zuges gemäß der Forderung des Kapitels 5 der SRS einbezogen.

Wird eine TSR für einen BÜ angewendet, so liegt die Verantwortung den Zug zum Stehen zu bringen beim Tf. V. a. falls der BÜ nicht passiert werden kann, ist dieser Umstand von Bedeutung. Das ist kein Unterschied zur Prozedur, die in Abschnitt 2.2.2.3 beschrieben wurde. In dieser Situation greifen die betrieblichen Regelwerke, welche die im Einzelfall notwendigen Reaktionen vorgeben.

Abschnitt 15.16.1 der SRS fordert für die Annäherung an einen nicht gesicherten BÜ, (*LX not protected*) den Tf über den Zustand des BÜ zu informieren, sobald eine restriktivere Überwachung greift. Das bedeutet, bezogen auf die TSR:

Sobald die TSR übertragen wird und damit für den weiteren Fahrtverlauf zu berücksichtigen ist, muss eine Anzeige den Tf darüber informieren.

Mit Paket 65 TSR kann das, wie bereits beschrieben, realisiert werden, da die Geschwindigkeitsbeschränkung am Driver Machine Interface (DMI) angekündigt wird. Soll explizit auf einen BÜ hingewiesen werden, muss die Anzeige mit Paket 72 *Packet for sending plain text messages* (PTM) erfolgen. Mit Paket 72 PTM kann dann eine Anzeige, die sinngemäß den Inhalt *LX not protected* wiedergibt, an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten übertragen werden.

Das Paket weist die in der nachfolgenden Tabelle gezeigte Struktur auf. Die hellgrau hinterlegten Zellen kennzeichnen wiederum den Standard-Paketkopf, die anschließend in grauen Lettern gesetzten Zellen enthalten Variablen mit hier untergeordneter Bedeutung. Die Angabe der Länge der einzelnen Variablen erfolgt in bit.

Tab. 4 Aufbau des Pakets 76 PTM nach [SUB26]

Variable	Länge	Kommentar
NID_Packet	8	Nummer des Pakets
Q_DIR	2	Richtung, in die die Information gilt
L_PACKET	13	Länge des Pakets
Q_SCALE	2	Auflösung der Distanzmessung
Q_TEXTCLASS	2	Kategorie der Textmitteilung (wichtige oder ergänzende Information)
Q_TEXTDISPLAY	1	Variable zur Bestimmung von Aktionen in Zusammenhang mit Textmitteilungen
D_TEXTDISPLAY	15	Distanz zum Punkt, ab dem der Text angezeigt werden soll
M_MODETEXTDISPLAY	4	Betriebsart (Mode) der fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten, in dem der Text angezeigt werden soll (Beginn)
M_LEVELTEXTDISPLAY	3	Level der fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten, in welchem der Text angezeigt werden soll (Beginn)
NID_NTC	8	Nationale System Identität
L_TEXTDISPLAY	15	Länge (Weg), währenddessen der Text angezeigt werden soll (Ende)
T_TEXTDISPLAY	10	Zeit, während der der Text angezeigt werden soll (Ende)
M_MODETEXTDISPLAY	4	Bedingung für das Ende der Anzeige
M_LEVELTEXTDISPLAY	3	Bedingung für das Ende der Anzeige
NID_NTC	8	Nur relevant falls NTC bei M_LEVELTEXTDISPLAY gewählt
Q_TEXTCONFIRM	2	Festlegung, ob Bestätigung der Textmeldung erforderlich
Q_CONFTEXTDISPLAY	1	nur relevant, falls Bestätigung der Textmeldung gefordert
Q_TEXTREPORT	1	nur relevant, falls Bestätigung der Textmeldung gefordert
NID_TEXTMESSAGE	8	nur relevant, falls Tf bestätigen muss
NID_C	10	nur relevant, falls Tf bestätigen muss
NID_RBC	14	nur relevant, falls Tf bestätigen muss
L_TEXT	8	Länge des Textes
X_TEXT(L_TEXT)	8	Textelement

Für die Anwendung in den einzelnen Ländern müssen die jeweiligen Werte der Variablen festgelegt werden. Eine pauschale Aussage kann nicht ohne weiteres gemacht werden. Bei manchen Variablen bleibt jedoch kein Spielraum. Die folgende Aufstellung soll kurz die Variablen kommentieren.

Q_TEXTCLASS	Wegen der potenziellen Gefährdung der Verkehrsteilnehmer ist sinnvollerweise die Kategorie „wichtig“ zu wählen.
Q_TEXTDISPLAY	Die Angabe der Entfernung ist vom Ort der Übertragung (z. B. Balise) und dem Ort der Anzeige der Textmeldung abhängig. Die Distanz hängt somit von den nationalen Projektierungsregeln ab.
M_MODETEXTDISPLAY	Abhängig von den zulässigen Modes (z. B. FS, OS, SH) beim Befahren eines BÜ sind diese zu berücksichtigen. Das gilt sowohl für den Beginn als auch das Ende von BÜ-bezogenen Textmeldungen.
M_LEVELDISPLAY	Die fahrzeugseitigen Komponenten befinden sich je nach Streckenausrüstung in einem bestimmten Level (Bezug zu Ausrüstung der Strecke mit bestimmtem ETCS-Level).
L_TEXTDISPLAY	Vom Startpunkt der Anzeige ab wird der Text über die festgelegte Strecke angezeigt. Das kann während der Einschaltstrecke des BÜ oder bis nach der Befahrung des BÜ sein und hängt von den nationalen Projektierungsregeln ab.
T_TEXTDISPLAY	Wenn die Textanzeige zeitgesteuert erfolgt, kann hiermit die Zeitdauer festgelegt werden. Eine weggesteuerte Textanzeige ist aber besser geeignet (z. B. um ein eventuelles Halten in der Annäherung zu berücksichtigen).
Q_TEXTCONFIRM	Für die Textmeldung kann wegen der Sicherheitsrelevanz in bestimmten Fällen eine Bestätigung notwendig sein.
L_TEXT	Die Variable gibt die Länge des anzuzeigenden Textes an.
Q_TEXT(L_TEXT)	Gibt das Textelement, also das Zeichen aus dem der Text gebildet wird, an.

Eine detaillierte Betrachtung ergibt aus Sicht des Verfassers keinen Sinn, da die länder-spezifischen Unterschiede auf der Grundlage der Recherchen für die vorliegende Arbeit nicht beschrieben werden können.

Alternativ kann auch das Paket *72 Packet for sending fixed text messages* (FTM) verwendet werden. Es unterscheidet sich lediglich durch die Verwendung von Q_TEXT (Länge: 8 bit) anstelle von L_TEXT und Q_TEXT(L_TEXT). Hierbei handelt es sich dann um einen festgelegten, vordefinierten Text.

2.3.3 Level Crossing Information

Das explizit für die Einbindung von Bahnübergängen auf ETCS-Strecken vorgesehene Telegramm ist Paket 88 LXI. Wie bereits erwähnt, erfolgte die Einführung dessen erst mit Veröffentlichung der BL 3. Bei der Vorstellung der länderspezifischen Lösungen (siehe Kapitel 3) wird sich zeigen, dass die Lösung mit einer TSR unter Umständen das Mittel der Wahl sein kann.

Abschnitt 7.4.2.26.1 gibt die nachfolgend aufgezeigte Struktur für Paket 88 LXI an.

Tab. 5 Aufbau des Paket 88 LXI nach [SUB26]

Variable	Länge (bit)	Kommentar
NID_Packet	8	Nummer des Pakets
Q_DIR	2	Richtung, in die die Information gilt
L_PACKET	13	Länge des Pakets
Q_SCALE	2	Auflösung der Distanzmessung
NID_LX	8	Identifikationsnummer des BÜ
D_LX	15	Distanz bis zum Beginn des BÜ
L_LX	15	Länge des BÜ
Q_LXSTATUS	1	Sicherungszustand des BÜ
V_LX	7	Geschwindigkeitsbeschränkung falls BÜ ungesichert
Q_STOPLX	1	Halt vor BÜ erforderlich ja/nein
L_STOPLX	15	Länge des Haltebereichs vor dem BÜ (falls Halt erforderlich)

Der grau hinterlegte, erste Teil NID_PACKET bis einschließlich Q_SCALE stellt wiederum den Standardkopf eines ETCS-Telegramms dar und ist unabhängig vom weiteren Inhalt. Er wird deshalb nicht weiter beschrieben.

Bei der Betrachtung der gezeigten Struktur vor dem Hintergrund der Anforderungen der SRS (siehe Abschnitte 2.2.1 und 2.2.2), zeigt sich, dass hiermit die Anforderungen besser erfüllt werden können. Dies ist der Fall, da mehr Informationen in einem Paket übertragen werden, als mit Paket 65 TSR.

Tab. 6 (siehe nächste Seite) zeigt die in Paket 88 LXI enthaltenen Informationen.

Tab. 6 Zuordnung der BÜ-bezogenen Anforderungen zu den Variablen des Pakets 88

BÜ-bezogene Anforderungen	Erfüllt durch <i>Level Crossing information</i>
Eindeutige ID des BÜ	Identifikationsnummer des BÜ (NID_LX)
<i>LX start location</i>	Distanz bis zum Beginn des BÜ (D_LX)
<i>LX area</i>	Länge des BÜ (L_LX)
status of the LX	Sicherungszustand des BÜ (Q_LXSTATUS)
<i>LX speed restriction</i>	Geschwindigkeitsbeschränkung falls BÜ ungesichert (V_LX)
Stopping in rear of non protected LX is required/not required	Halt vor dem BÜ erforderlich ja/nein (Q_STOPLX)
<i>Stopping Area</i>	Länge des Haltebereichs vor dem BÜ (L_STOPLX)

Es können, im Unterschied zur TSR, auch übertragen werden:

- Status des BÜ
- Halt vor dem BÜ erforderlich ja/nein
- Haltebereich vor der *LX start location*

Es lässt sich vereinfacht feststellen, dass die TSR und ergänzende Pakete als „Hilfskonstrukt“ für die BÜ-Sicherung im Rahmen von ETCS verwendet wurden und werden. Die Einführung des Pakets 88 ermöglicht eine „reguläre“ Lösung. Erlaubt sind aber beide Varianten. Welche eingesetzt wird, hängt vom Einzelfall und den länderspezifischen Gegebenheiten ab.

Die Anzeige, in welchem Sicherungszustand sich der BÜ befindet, erfolgt über das DMI mit einer festgelegten Symbolik, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

**Abb. 6 Symbol *LX not protected* für das DMI aus [ERT14]**

Details zur Anzeige sind für das Verständnis der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken unerheblich. Genaue Angaben zur Verwendung in den einzelnen Ländern können mit den Rechercheergebnissen für die vorliegende Arbeit nicht gemacht werden. Hier bedarf es einer vertieften Recherche. Es gilt aber zu berücksichtigen, dass dies z. B. die Deutsche Bahn AG (DB AG) dies bisher nicht geregelt hat (siehe hierzu [483.0701]).

3 Länderspezifische Lösungen der Einbindung von Bahnübergängen auf ETCS-Strecken

3.1 Vorgehen

Die verschiedenen Umsetzungen ausgewählter Länder sollen in diesem Kapitel vorgestellt werden. Die Darstellung orientiert sich an den verfügbaren Informationen und nationalen Besonderheiten. Letztgenannte können einerseits betrieblicher Natur sein, aber auch infrastrukturelle Gegebenheiten. Eine exakt gleiche Aufbereitung ist u. a. deshalb nicht möglich, da eine Kategorisierung der BÜ nach deutschem Verständnis nur bedingt erfolgen kann. Die bestmögliche Vergleichbarkeit wird aber angestrebt. Zum besseren Verständnis und wegen der besseren Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Varianten erfolgt eine Beschränkung vornehmlich auf einfache Verhältnisse („Standardfälle“). Die Darstellungen und Erklärungen beziehen sich in der Regel auf BÜ an eingleisigen Strecken ohne Spezialfunktionen wie etwa Unwirksamkeitsschaltungen für Fahrten, die nur den Einschaltkontakt, nicht aber den BÜ, befahren. Es wird auch davon ausgegangen, dass die Sicherung eines BÜ in Bezug auf reguläre Zugfahrten im Vordergrund steht. Nicht explizit betrachtet werden z. B. Rangierfahrten, es erfolgt lediglich die Herstellung eines Verknüpfungspunktes bzw. ein Verweis auf die gesonderte Berücksichtigung solcher Bedingungen.

3.2 Deutschland – Deutsche Bahn AG

3.2.1 ETCS-Planungen

Planungen für ETCS-Strecken im Bereich DB AG finden derzeit nur im beschränkten Umfang statt und werden deshalb nur von bestimmten Planern der DB ProjektBau GmbH durchgeführt. Damit soll vermieden werden, dass sich viele unterschiedliche Personen in die Materie einarbeiten müssen. Die Aktivitäten werden hierzu bei der Niederlassung Südost in Dresden gebündelt. Von den Fachautoren erarbeitete Richtlinien liegen bis auf weiteres im Entwurf vor und werden für jedes Projekt einzeln freigegeben. Sie werden stetig weiterentwickelt, da mit ETCS in der Praxis noch Neuland betreten wird und mit jedem Projekt auch neue Erfahrungen und Erkenntnisse gewonnen werden. Diese fließen dann in die Richtlinien ein. Das betrifft auch das Themenfeld BÜ auf ETCS-Strecken. Der Einsatz der neuen ZB erfordert derzeit also noch eine Annäherung an die komplexe Materie und ist mit einem Lernprozess verbunden. Die Informationen zur Situation rund um die ETCS-Planung in Deutschland stammen großteils von Frau Dipl.-Ing. Julia Zimmer, sofern sie nicht den Planungsregelwerken oder zugehörigen Lastenheften (LH) entnommen wurden.

3.2.2 Grundlegendes zur Bahnübergangsicherung

3.2.2.1 Allgemeines

Die Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken ist abhängig von den Vorgaben der betrieblichen Regelwerke. Die ZB übernimmt die Überwachung, ob der Tf die Vorgaben einhält und korrekt handelt. Nur im Falle eines Fehlverhaltens erfolgt ein Eingriff durch die Technik.

Bei der DB AG in Deutschland sind in Bezug auf die Überwachungsart drei Typen von BÜ von besonderem Interesse:

- Überwachung mit Überwachungssignal (ÜS)
- Fernüberwachung (Fü)
- Überwachung mit Hauptsignal (Hp)

Daneben gibt es noch:

- optimierte Einschaltung mit Überwachungssignal (ÜS_{OE})
- optimierte Einschaltung mit Hauptsignal (Hp_{OE}).

Die beiden letztgenannten Fälle werden wegen ihrer speziellen Umstände nicht weiter betrachtet.

Die Kategorisierung nach [MA13] Abschnitt 8.3 unterscheidet noch zwischen Überwachung der Einschaltung (ÜS, Hp) und Überwachung der Einschaltbereitschaft (Fü, ÜS_{OE}, Hp_{OE}). Diese Einteilung ist aber im Laufe der vorliegenden Arbeit nur von untergeordneter Bedeutung.

3.2.2.2 Überwachungssignalgedeckte Bahnübergänge

Für BÜ der Überwachungsart ÜS finden sich zum Teil im Signalebuch [DB301] Modul 1501 Abschnitte 2 und 3 die betrieblichen Anweisungen. Zeigt das im Bremswegabstand der Strecke vor dem BÜ aufgestellte ÜS den Signalbegriff Bü 1, so ist der BÜ ordnungsgemäß gesichert. Das Signalbild kann mittels eines weißen Blink- oder Standlichts realisiert werden und bedeutet:

Der BÜ darf befahren werden.

Es gilt die Streckenhöchstgeschwindigkeit respektive die fahrplanmäßige Höchstgeschwindigkeit des Zuges.

Zeigt das ÜS dagegen das Signalbild Bü 0, bleibt also dunkel, gilt nach [DB301]:

Halt vor dem Bahnübergang! Weiterfahrt nach Sicherung.

Die Festlegungen werden in [DB408] Modul 2671 Abschnitt 2 um die Art der Sicherung ergänzt. Sie ist abhängig vom Einzelfall vorzunehmen und hat zuerst technisch zu erfolgen. Zur Verfügung stehen kann eine Hilfseinschalttaste (HET) oder eine automatische Hilfseinschaltung (Automatik-HET). Im Anschluss daran darf der BÜ befahren werden, wenn der Tf erkennen kann, dass eines der Straßensignale rot blinkt bzw. leuchtet oder die Schrankenbäume gesenkt sind. Wurde bei einem Halt vor dem BÜ festgestellt, dass keine Bedienungseinrichtung vorhanden ist und an den Straßensignalen oder Schranken ist der gesicherte Zustand erkennbar, darf der BÜ befahren werden. Sollten sich die Schranken öffnen so sind Wegebenutzer mit Signal Zp 1 („Pfeifsignal“) zu warnen. Fehlt die technische Sicherung, ist vor dem BÜ anzuhalten und das Signal Zp 1 zu geben. Anschließend ist bis zur Mitte des BÜ mit Schrittgeschwindigkeit zu fahren und dann der Kreuzungsbereich schnellstens zu räumen.

BÜ mit ÜS arbeiten autonom und sind weder in ein Stellwerk (Stw) noch andere Sicherungstechnik der Strecke wie z. B. den Streckenblock eingebunden. Sie werden nach [DB815] Modul 0032 Abschnitt 8 respektive Ril 819.1204 Abschnitt 9 und [819.1310] Abschnitt 8 mit einem 1 000 Hz-Beeinflussungspunkt am ÜS ausgerüstet. Es erfolgt also bisher bereits eine Einbindung in die vorhandene ZB. Deren Möglichkeiten sind im Vergleich zu ETCS jedoch eingeschränkt.

3.2.2.3 Fernüberwachte Bahnübergänge

BÜ der Überwachungsart FÜ weisen nach [MA13] Abschnitt 8.3.3.2 kein ÜS oder Hauptsignal (Hsig) auf, wodurch ein Zug bei Störungen der technischen Sicherung aufgehalten werden kann. Stellt die Anlage durch die Selbstüberwachung fest, dass ein Fehler aufgetreten ist, wird vorsorglich eine Sicherung (Schließen der Schranken) des BÜ vorgenommen. Der zuständige Fahrdienstleiter (Fdl) hat an seinem Arbeitsplatz Melde- und Bedienelemente, es besteht aber keine Verbindung zum Stw. Die Anlage arbeitet also autonom und es liegt am Fdl, bei technischen Störungen geeignete Maßnahmen einzuleiten.

Der Tf erhält keine unmittelbare Meldung über die Störung an einem FÜ-BÜ, sondern wie in [DB408] Modul 0641 Abschnitt 3 beschrieben mittelbar durch Befehl 8 vom Fdl. Damit wird ein Halt vor einem oder mehreren gestörten BÜ angeordnet. Ergänzend ist zum Befahren im Störfall in der Ril der Befehl 12 in Verbindung mit Grund 10 vorgesehen, wodurch eine Befahrung des BÜ mit maximal 20 km/h anzuweisen ist. Zusätzlich kann mit Befehl 12.2 angeordnet werden, dass der Tf das Signal Zp 1 zu geben hat und wie er den BÜ zu befahren hat. Abb. 7 zeigt eine entsprechende Befehlsvorlage.

<p>Befehle 1 - 14 1 Sie dürfen - in den / im Bf / Bft - auf der Abzw / Üst 1.1 Sie müssen bis zum Erkennen der Stellung des nächsten Hauptsignals mit höchstens 40 km/h fahren. 2 Sie dürfen - vorbefahren - weiterfahren nach Vorbeifahrt / TR - am / an / in Signal usw. Bezeichnung / km Bf, Bft, Abzw, Üst, Bk, DkSt 2.1 Sie müssen bis zum Erkennen der Stellung des nächsten Hauptsignals mit höchstens 40 km/h fahren. 3 Sie dürfen aus dem Bf/Bft ausfahren. 3.1 Sie müssen bis zum Erkennen der Stellung des nächsten Hauptsignals mit höchstens 40 km/h fahren. 4 Sie fahren auf dem Gegengleis von bis 5 Sie - fahren / schieben nach - von in Richtung bis und kehren zurück. 5.1 Hinfahrt auf Regelgleis, Rückfahrt auf Gegengleis 5.2 Hinfahrt auf Gegengleis, Rückfahrt auf Regelgleis 6 Sie dürfen vom Gegengleis ab km auf der Abzw/Üst weiterfahren, ab km auf der Abzw/Üst weiterfahren, ab km in den Bf/Bft ein- und ausfahren, ab km in den Bf/Bft einfahren. 6.1 Sie müssen bis zum Erkennen der Stellung des nächsten Hauptsignals mit höchstens 40 km/h fahren. 7 Sie müssen auf dem Gegengleis - vor Signal/No 1 / in Höhe des Esig/Bksig - in km des Bf/Bft / der Abzw/Üst halten. 8 Sie müssen - zwischen Zmst und Zmst - im Bf/Bft / auf Abzw/Üst halten vor BÜ in km /km /km /km /km /km /km Sie dürfen weiterfahren, wenn BÜ gesichert ist.</p>	<p>Vordruck von</p> <p>9 Schalten Sie die LZB von Zmst bis Zmst ab.</p> <p>10 Fahren Sie signalgeführt weiter/ Wählen Sie ETCS-Level/ ETCS-Betriebsart. Sie müssen 2000 m mit höchstens 40 km/h fahren.</p> <p>11 Fahren Sie bis zur Langsamfahrstelle höchstens mit der nach Fahrplan zugelassenen Geschwindigkeit. Beachten Sie niedrigere Geschwindigkeiten gemäß Führeranzeigee und Langsamfahrsignale.</p> <p>12 Sie müssen folgende Geschwindigkeitsbeschränkungen beachten: km/h auf im / auf / zwischen und in / von bis Grund Sicht Bf / Bft / Abzw / Üst Bf / Bft / Abzw / Üst km / Sig km / Sig Nr. auf Sicht auf Sicht auf Sicht</p> <p>12.1 Stellen Sie fest, ob das Gleis befahrbar ist. Melden Sie das Ergebnis an Geben Sie bei Annäherung an den BÜ / RU Signal Zp 1. Räumen Sie den BÜ / RU schnellstens, wenn erstes Fahrzeug Straßenmitte / RU-Mitte erreicht hat.</p> <p>12.3 Schauen Sie nach Oberleitungsschäden. Melden Sie das Ergebnis an</p> <p>12.4 PZB - am sig - in km - ständig wirksam / unwirksam. Warnen Sie Personen an und im Gleis durch Signal Zp 1. Halten Sie an, wenn Personen das Gleis nicht verlassen.</p> <p>12.6 *) gilt nur, wenn der Zug signalgeführt wird.</p> <p>12.7 Geben Sie bei Annäherung an den Bahnsteig Signal Zp 1.</p> <p>13 Sie sind vom Fahren auf Sicht zwischen und entbunden.</p> <p>14</p> <p>Übermittlungscodes: (Ort) (Datum) (Uhr) (Minuten) (Fahrtensteile) erhalten (Name, Triebfahrzeugführer) bei Inld. Übermittlung: <input type="checkbox"/> ZF <input type="checkbox"/> andere</p>
--	--

Abb. 7 Vordruck Befehle 1 – 14 aus [DB408]

3.2.2.4 Hauptsignalgedeckte Bahnübergänge

Befindet sich zwischen dem theoretischen Einschaltpunkt und dem BÜ ein Hsig, wird es gemäß der Beschreibung in [MA13] Abschnitt 8.3.3.1 dazu genutzt, den BÜ zu decken. Bei Auftreten einer Störung am BÜ ist das Fahrwegelement BÜ nicht gesichert und das deckende Hsig kann keinen Fahrtbegriff zeigen. Der Fdl muss dann auf die Verfahren zur ersatzweisen Zustimmung zur Zugfahrt zurückgreifen. Entsprechend der örtlichen Gegebenheiten können dies laut [DB408] Modul 0455 Abschnitt 1 sein:

- Zusatzsignale (Zs 1, Zs 7, Zs 8, TS 3, Sh 1)
- Befehl 1, Befehl 2, Befehl 3 oder Befehl 6
- mündlicher Auftrag bei Zs 12 am Hsig

Daneben kann auch aus anderen Gründen ein solches Vorgehen notwendig werden, wenn etwa das Signal komplett erlischt, oder andere Störungen die Anzeige eines Fahrtbegriffs verhindern. Es kann nicht ohne Weiteres auf den Grund für die ersatzweise Zustimmung zur Fahrt geschlossen werden.

Die verschiedenen Möglichkeiten einzeln zu betrachten, ist nicht sinnvoll, da in Abschnitt 3.2.2.5 gezeigt wird, dass Hp-BÜ auf ETCS-Strecken nicht speziell abgesichert werden. Dennoch müssen für das Befahren des gestörten BÜ dem Tf, wie im Abschnitt 3.2.2.3 bereits beschrieben, bestimmte Befehle erteilt werden.

3.2.2.5 Notwendigkeit der Einbindung auf ETCS-Strecken

Die Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken im Bereich der DB AG wird im *Lastenheft BTSF3 Betrieblich-technische Systemfunktionen für ETCS SRS Baseline 3* [DB14] behandelt. Es wird in der Version 1.5 (Stand 25.06.2014) auszugsweise für die vorliegende Arbeit verwendet. Mittlerweile gibt es einen aktuelleren Stand, dieser lag bei Erstellung der vorliegenden Arbeit weder dem Verfasser noch der DB ProjektBau GmbH in Dresden vor. Laut LH sind Informationen über den Sicherungszustand eines BÜ in Level 0, 1 und 2 von der Strecke auf das Fahrzeug zu übertragen. Das LH wird im Abschnitt 3.2.4 verwendet, um die Hintergründe der Planungsregeln für ETCS L2 zu betrachten. Für ETCS L1 LS wird dagegen in Auszügen das *Lastenheft – Zugbeeinflussungssystem "ETCS signalgeführt"* [DB15] verwendet. Hierbei handelt es sich um das aktuellste Dokument für ETCS L1 LS mit Stand vom 08.05.2015. Darin wird nunmehr der Ausdruck ETCS signalgeführt verwendet. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird hingegen ETCS L1 LS verwendet.

Grundsätzlich erfolgt im gesamten Text die Verwendung der Begriffe nach dem Prinzip der folgenden Tabelle:

Tab. 7 Tabelle der verwendeten Levelbezeichnungen

Begriff im Text	Kommentar
ETCS L1	ETCS Level 1
ETCS L1 LS	ETCS Level 1 Limited Supervision
ETCS L1 FS	ETCS Level 1 Full Supervision
ETCS L2	ETCS Level 2 ohne Unterscheidung mit oder ohne Signale

Die Unterscheidung von ETCS L2 hinsichtlich der Verwendung von Signalen kann anhand der Quellen nicht für alle Beispiele eindeutig vorgenommen werden und wird deshalb nicht berücksichtigt. Des Weiteren ist die Führerraumanzeige mittels DMI in jedem Fall vorhanden, d. h. die Signale stellen lediglich eine Rückfallebene dar. Die Unterscheidung in FS und LS bei ETCS L1 ist streng genommen eine Unterscheidung der Betriebsarten. Trotzdem ist die streckenseitige Ausrüstung nicht unabhängig von der Vorgabe FS oder LS. Aus diesem Grund wird die Unterscheidung auch streckenseitig berücksichtigt. Die Einführung von ETCS L1 LS wurde nachträglich vorgenommen, demzufolge stellt es eine Erweiterung von ETCS L1 dar. ETCS L1 bezeichnet also den „Normalfall“ und ETCS L1 LS einen besonderen Fall, der entsprechend gekennzeichnet wird.

Gesonderte Planungen sind bei Anwendung der beiden Level entsprechend der folgenden Tabelle (Tab. 8) nur für bestimmte BÜ-Arten vorzunehmen.

Tab. 8 BÜ-Planung in Abhängigkeit von ETCS-Level und Überwachungsart des BÜ nach [819.1348] und [819.1344]

ETCS-Level	Überwachungsart des BÜ		
	ÜS	FÜ	Hp
Level 1	X	–	–
Level 2	X	X	–

Hauptsignalgedeckte BÜ sind mit ETCS nicht gesondert zu sichern. Zeigt das deckende Hsig keinen Fahrtbegriff, so greifen die bereits erwähnten Verfahren zur ersatzweisen Zustimmung zur Fahrt.

Die Informationsübertragung mit Balisen ist in [DB14] Abschnitt 5.5.1 sowohl für Level 1 als auch Level 2 vorgeschrieben.

3.2.3 Bahnübergänge auf ETCS L1 LS-Strecken

Bei der Planung von ETCS L1 LS kommt [819.1348] zur Anwendung. Gegenstand des Moduls 1348 sind die *Grundsätze zur Erstellung der Ausführungsplanung PT1 für ETCS signalgeführt*.

Die Ausrüstung mit ETCS L1 LS stellt bei der DB AG die Nachbildung der bisherigen punktförmigen Zugbeeinflussung (PZB) dar. Die induktive Zugsicherung bzw. induktive Zugbeeinflussung (Indusi) mit dem Betriebsprogramm PZB 90 ist u. a. dadurch charakterisiert, dass es vordefinierte Zugkategorien, auf Streckenkategorien abgestimmte Bremswege (Bremstafeln) und vordefinierten Überwachungskurven gibt. Damit ergeben sich für verschiedene Projektierungsaufgaben (z. B. BÜ der Überwachungsart ÜS) Standardplanungsfälle, die eine vereinfachte Planung ermöglichen. Da dies auch für ETCS L1 LS gewünscht ist, sind für die Planungsrichtlinien dazu auch entsprechende Bestrebungen umgesetzt worden. Das setzt voraus, dass die individuellen Bremskurven bzw. Bremswegberechnungen von ETCS an die festen Bremswege angepasst werden. Das geschieht unter Verwendung der Permitted Braking Distance (PBD). Die SRS stellt dafür Paket 52 *Permitted Braking Distance* (Paket 52 PBD) zur Verfügung.

[819.1348] Kapitel 12 beschreibt einen einfachen Fall der BÜ-Sicherung auf ETCS L1 LS-Strecken und sieht für die Ausrüstung eines BÜ die in Abb. 8 dargestellte Projektierung vor.

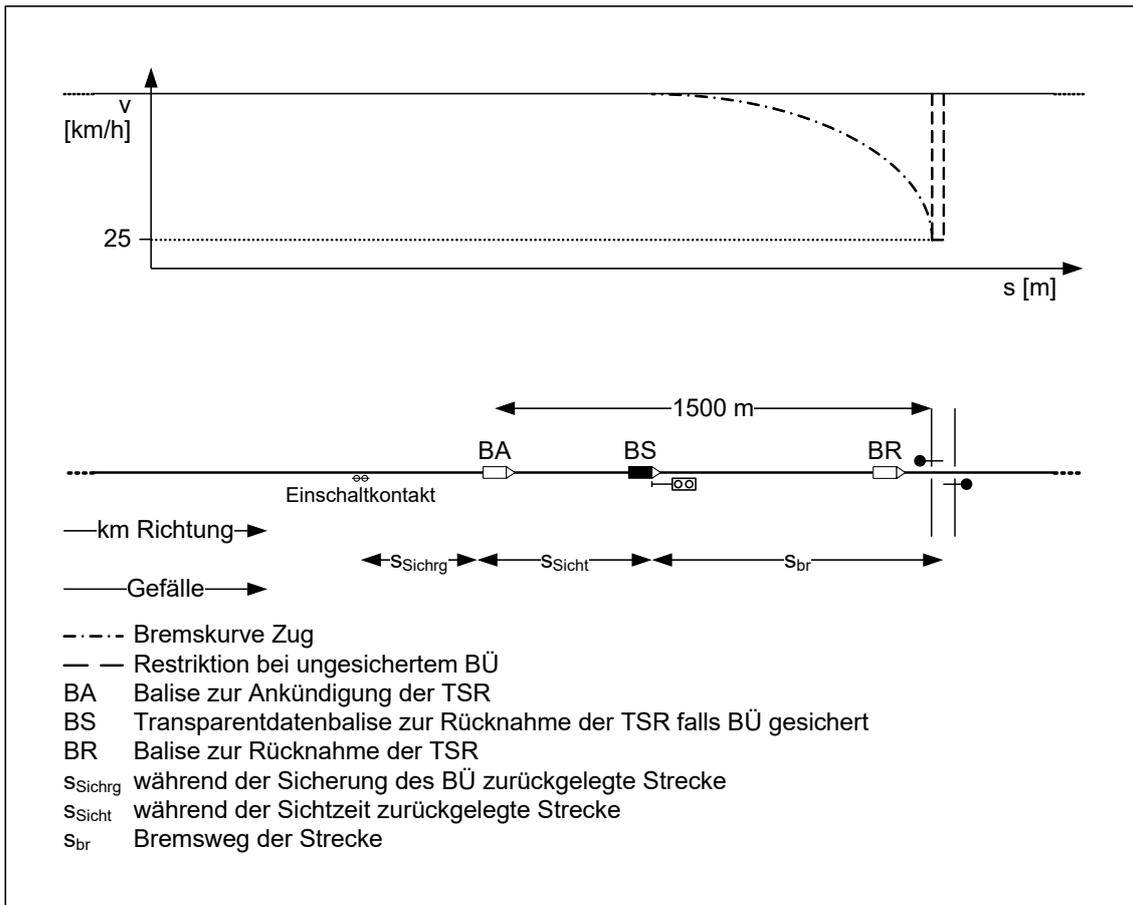


Abb. 8 ÜS-BÜ auf einer ETCS L1 LS Strecke der DB AG nach [819.1348]

Demnach ist 1 500 m vor der Kante des BÜ ein ungesteuerter Datenpunkt (BA) zur Ankündigung vorzusehen. Ein gesteuerter Datenpunkt (BS) ist am Standort des ÜS erforderlich. Wiederum ein ungesteuerter Datenpunkt (BR) ist unmittelbar an der Kante des BÜ für die Rücknahme der Ankündigung zu planen.

Entsprechend dem Signalbild des im Bremswegabstand (s_{br}) zum BÜ angeordneten ÜS wird vom zugehörigen steuerbaren Datenpunkt eine entsprechende Information übertragen. Dabei sind wie bereits beschrieben nach [DB301] Modul 1501 Abschnitt 2 und Abschnitt 3 als Signalbild möglich:

- Bü 1: Der Bahnübergang darf befahren werden.
- Bü 0: Halt vor dem Bahnübergang! Weiterfahrt nach Sicherung.

Im Ersten Fall kann der BÜ ungehindert passiert werden, weder ein Halt noch eine Geschwindigkeitsbeschränkung sind vom Tf durchzuführen und durch die ZB zu überwachen.

Im zweiten Fall muss die ZB das Verhalten des Tf überwachen und dementsprechend ein Telegramm mit geeigneten Werten übertragen werden.

Grundsätzlich gelten die Regeln zur Anordnung der Datenpunkte für alle auf den BÜ zulaufenden Gleise. Bei zweigleisigen Strecken ist der Datenpunkt zur Rücknahme der Ankündigung nur für die Regelfahrrichtung vorzusehen. Bei eingleisigen Strecken musste laut der Aussage von Herrn Dipl.-Ing. Niels Neuberg in der E-Mail vom 05.10.2015 (siehe Anhang A: Besprechungsprotokolle) ein Kriterium gefunden werden wie der Datenpunkt BR angeordnet werden soll. Die Entscheidung fiel auf folgende Festlegung (siehe [819.1348] Abschnitt 12):

„Pro Gleis liegt ein ungesteuerter DP Typ BR unmittelbar vor der Kante des Bahnübergangs; auf eingleisigen Strecken in Richtung des Gefälles [...]“

Als Begründung gibt Herr Dipl.-Ing. Neuberg an, dass es auf eingleisigen Strecken keine Regelfahrrichtung gibt und Geschwindigkeitsbegrenzungen bergauf leichter einzuhalten sind als bergab.

Die Ausrüstung eines eingleisigen BÜ für beide Fahrtrichtungen sieht demnach wie in der folgenden Abbildung aus. Sie gibt im Wesentlichen die Darstellung aus [DB15] Abschnitt 4.3.7 wieder.

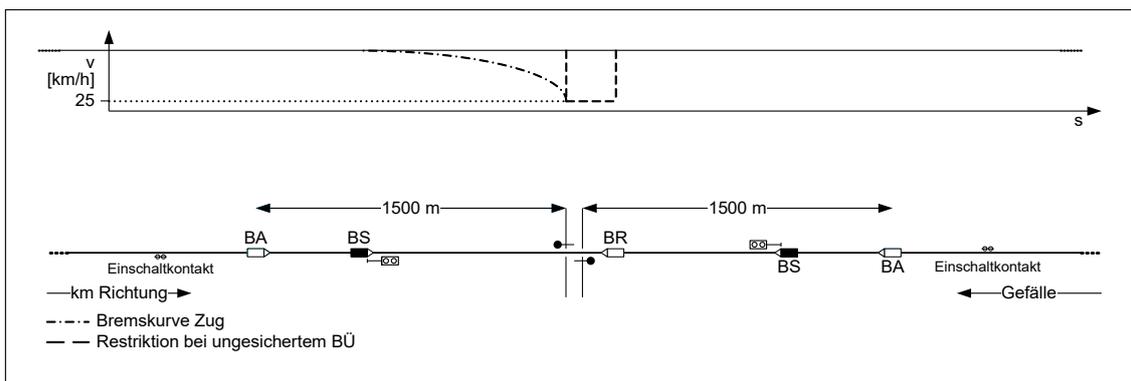


Abb. 9 Ausrüstung eines BÜ auf ETCS L1 LS-Strecken der DB AG für beide Richtungen nach [DB15]

Aus [DB15] können noch andere Erkenntnisse gewonnen werden. Die Ankündigung des BÜ (Datenpunkt BA) stellt die Übermittlung einer Lfst an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten dar, unabhängig vom Sicherungszustand des BÜ. Gemäß den Angaben der DB AG und den Erkenntnissen aus der SRS (siehe Abschnitt 2.3.2) kann darauf geschlossen werden, dass hierfür Paket 65 TSR genutzt wird. Die Werte für die Variablen des Pakets sind, soweit bekannt, in Tab. 9 (siehe nächste Seite) ersichtlich. Grau hinterlegte Tabellenzellen kennzeichnen den Standardkopf eines Pakets.

Tab. 9 Paket 65 TSR zur BÜ-Absicherung auf ETCS L1 LS der DB AG in Anlehnung an [SUB26]

Variable	Wert	Einheit	Kommentar
NID_Packet	65	-	Nummer des Pakets
Q_DIR	-	-	Richtung, in die die Information gilt
L_PACKET	71	bit	Länge des Pakets
Q_SCALE	-	-	Auflösung der Distanzmessung
NID_TSR			Identifikationsnummer der TSR
D_TSR	1 500	m	Distanz bis zum Beginn der TSR
L_TSR	10	m	Länge der TSR
Q_FRONT	1	-	TSR bezogen auf Spitze des Zugs
V_TSR	25	km/h	Höchstgeschwindigkeit die TSR erlaubt

Der Datenpunkt BA ist 1 500 m vor dem BÜ angeordnet, die Distanz (D_TSR) ist jedoch auf 1 500 m festgelegt worden. Begründet wird das Vorgehen damit, dass die Auswirkungen des rechnerischen Ortungsfehlers minimiert werden sollen. Bei einer Distanz von 1 500 m werden in [DB15] Abschnitt 4.3.7 80 m angegeben. Trotzdem kann dabei nicht ausgeschlossen werden, dass wegen des Ortungsfehlers unerwünschte, vorzeitige Zwangsbremungen ausgelöst werden. Die Überwachung läuft im Hintergrund ab und ist auf eine Reaktion zur sicheren Seite hin ausgelegt. Nach Befahren des halben BÜ mit der Spitze des Zugs ist es gewünscht, wieder beschleunigen zu können. Folglich muss wegen der genannten Ortungsfehlerproblematik die Aufhebung durch den Datenpunkt BR explizit erfolgen.

Da die TSR vorsorglich übertragen wurde ist es gewährleistet, dass die Reaktion bei Ausbleiben der Information über den Sicherungszustand des BÜ zur sicheren Seite hin erfolgt. Ist der BÜ ordnungsgemäß gesichert und die Technik registriert das, so gilt:

- ÜS zeigt Signalbild BÜ 1
- BÜ kann ohne Einschränkungen passiert werden

In diesem Fall kann die TSR zurückgenommen werden. Das geschieht mittels des schaltbaren Datenpunkts BS. Eine Lineside Electronic Unit (LEU) greift dazu das Signalbild des ÜS ab und steuert die Ausgabe des Datenpunkts. Bei BÜ 1 wird die TSR zurückgenommen, bei BÜ 0 bleibt sie bestehen und ein leeres Telegramm wird übertragen. Bei ETCS L1 LS wendet die DB AG damit eine TSR, wie in Abschnitt 2.3.2 beschrieben, an.

Besonders hervorzuheben ist die abweichende Überwachungsgeschwindigkeit bei einem gestörten BÜ. Laut [DB15] Abschnitt 4.3.7 wurden hier 25 km/h in Anlehnung an

die RS gewählt. [DB408] Modul 0671 Abschnitt 2 fordert ein Befahren mit Schrittgeschwindigkeit bis das erste Fahrzeug die Mitte des BÜ erreicht hat (siehe Abschnitt 3.2.2.2).

Sofern der BÜ nicht gesichert ist, muss ein Anhalten eines Zuges vor dem BÜ gewährleistet werden. Da das ÜS im Bremswegabstand vor einem BÜ steht, ist das bisher in Verbindung mit den Prinzipien der Indusi mit dem Betriebsprogramm PZB 90 umgesetzt. Jedem Zug wird entsprechend der Zugkategorie und Zugeigenschaften eine fahrplanmäßige Höchstgeschwindigkeit zugewiesen. Es kann davon ausgegangen werden, dass der vorhandene Bremsweg an Signalen ausreicht. Die individuelle Bremswegberechnung durch die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten könnte dazu führen, dass ein Zug zu schnell verkehrt und nicht rechtzeitig zum Stehen gebracht werden kann. Deshalb muss nach [DB14] Abschnitt 5.5.1 über die PBD hier eine Korrektur der zulässigen Höchstgeschwindigkeit vorgenommen werden. Das LH ist aber nicht mehr auf dem aktuellsten Stand, weshalb eine Darstellung der Vorgehensweise als nicht sinnvoll erachtet wird. Im Auszug des LH für ETCS L1 LS [DB15] Abschnitt 4.3.7 finden sich keine Angaben zu einer Verwendung der PBD. Es ist aber wahrscheinlich, dass die Problematik berücksichtigt werden muss.

Es werden in der Richtlinie auch besondere Fälle berücksichtigt. Sie werden an dieser Stelle nur genannt, nicht jedoch genau erklärt. Das betrifft:

- ÜS unmittelbar vor der Kante des BÜ und ÜS mit Wiederholer, für die keine Datenpunkte vorzusehen sind.
- Fahrwegverzweigungen zwischen Datenpunkt BA oder BS und BÜ, für die ein aufhebender Datenpunkt BR im vom BÜ wegführenden Zweig erforderlich ist.

Andere Sonderfälle wie etwa verkürzte Bremswegabstände, BÜ mit bedienerbewirkter Einschaltung direkt an Haltepunkten etc. werden in der Richtlinie nicht behandelt. Eine Aussage zu deren Einbindung auf ETCS L1 LS-Strecken kann nicht gemacht werden.

3.2.4 Bahnübergänge auf ETCS L2-Strecken

3.2.4.1 Ermittlung von Anfang und Ende des Bahnübergangs

Planungen von ETCS L2-Strecken im Verantwortungsbereich der DB AG sind auf Grundlage von [819.1344], Modul 1344 *Grundsätze zur Erstellung der Ausführungsplanung PT1 für ETCS Level 2* vorzunehmen. Analog zur Situation bei ETCS L1 LS ist auch die Richtlinie für ETCS L2 im Entwurfsstadium. Hier wird allerdings auf den Entwurf vom 29.09.2014 zurückgegriffen.

Bei ETCS L2 sind neben BÜ mit ÜS auch solche mit Fernüberwachung gesondert zu behandeln (siehe Abschnitt 3.1.1.4).

Für bestimmte Längenangaben ist nicht die Mitte des BÜ maßgebend, sondern die Punkte BÜ Anfang und BÜ Ende. Die Planungsrichtlinie beschreibt hierzu ein Vorgehen zur Bestimmung beider. In der nachstehenden Abbildung, ist ein Beispiel für die Ermittlung gezeigt.

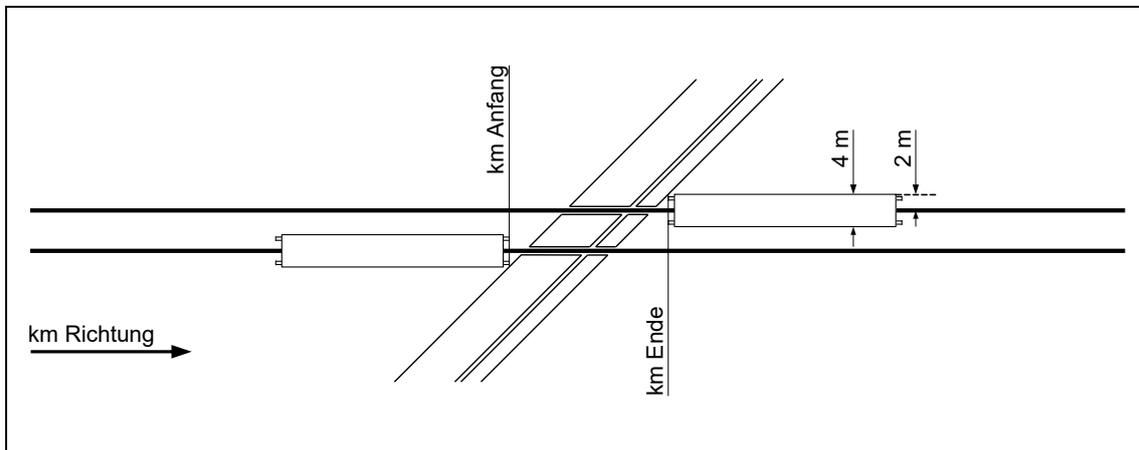


Abb. 10 Ermittlung von Anfang und Ende eines Bahnübergangs – vereinfachte Darstellung nach [819.1344] *Abbildung 10: Ermittlung von Anfang und Ende des Bahnübergangs*

Der erste Punkt des Straßenverkehrsraumes, den ein Schienenfahrzeug in Kilometrierungsrichtung erreicht (km Anfang), ist der BÜ Anfang. Der Punkt des Straßenverkehrsraumes den ein Schienenfahrzeug in Fahrtrichtung entgegen der Kilometrierung zuerst erreicht (km Ende), ist hingegen das BÜ Ende. Der Kilometerwert mit der größten Ausdehnung ist anzugeben, egal, ob es sich dabei um die Straßenfahrbahn (links) oder einen Fuß- bzw. Radweg (rechts) handelt.

Der Lichtraum des Schienenfahrzeugs besitzt eine Breite von 4 m, demnach sind von der Gleisachse 2 m Breite je nach Fall links oder rechts bei der Ermittlung der beiden Punkte zu berücksichtigen.

3.2.4.2 Bahnübergänge mit Überwachungssignal

Zuerst werden BÜ mit ÜS betrachtet. Gestützt auf [819.1344] Abschnitt 5.5 ergibt sich prinzipiell der Aufbau wie in der nachstehenden Abbildung gezeigt.

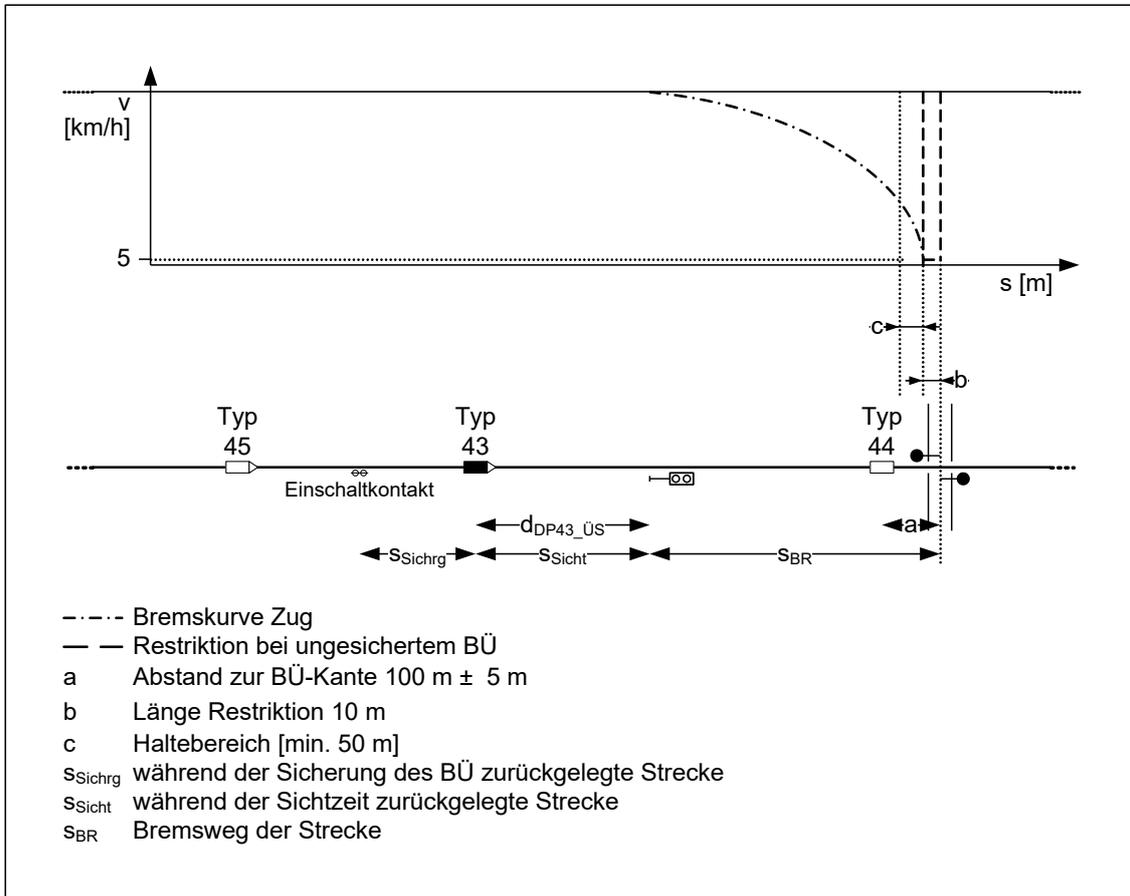


Abb. 11 ÜS-BÜ auf einer ETCS L2-Strecke der DB AG nach [819.1344] und [DB14]

Der Datenpunkt Typ 45 (*DP für Einschaltstrecke BÜ mit ÜS oder FÜ, Typ 45*) überträgt an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten die Information, dass sich das Fahrzeug innerhalb der Einschaltstrecke befindet. Er muss sich noch vor dem Einschaltkontakt des BÜ befinden. Dem Tf wird eine Textmeldung am DMI angezeigt. Nach [819.1344] Modul 1344 Abschnitt 5.1 kommt dafür Paket 72 PTM zur Anwendung. Im Abschnitt 2.3.2 wurde dessen Aufbau bereits kurz beschrieben. Weitergehende Informationen dazu sind in [DB14] Abschnitt 5.5.1 zu finden und werden später beschrieben. Der Datenpunkt Typ 45 besteht aus zwei ungesteuerten Balisen (Festdatenbalisen).

Bei der Positionierung müssen verschiedenen Bedingungen berücksichtigt werden:

1. keine Fahrwegverzweigung zwischen Datenpunkt und Einschaltpunkt
2. Anordnung des Datenpunkts nach dem Einstiegssignal bzw. hinter dem Levelwechsel bei BÜ nach Einstiegen in ETCS L2
3. keine Hsig oder Lichtsperrsignale, an denen Zugfahrstraßen beginnen oder enden zwischen Datenpunkt und BÜ
4. Distanz Datenpunkt – Einschaltpunkt bemessen nach dem Weg, den der schnellste Zug während 1,5 s zurücklegt
5. Distanzmaximum von 1 800 m zwischen Datenpunkt und Einschaltpunkt
6. Datenpunkt frühestens am rückgelegenen Hsig
7. Balisenpositionierung nicht in Bahnhofsgleisen, in denen Zugfahrten beginnen können
8. nach Möglichkeit Nutzung vorhandener Datenpunkte
9. Übertragung von Textmeldungen für BÜ-BÜ-Ketten zusammen oder in einem separaten Datenpunkt vor jedem BÜ für den nachfolgenden BÜ der Kette
10. Sonderbedingungen im Zusammenhang mit Einstiegen in ETCS L2

Nicht genauer betrachtet werden die Bedingungen 2 und 3 für den Einstieg in ETCS L2. Bei Bedingung 3 gilt es dennoch zu ergänzen, dass sie im Ausnahmefall verletzt werden kann. Dann muss im ETCS-Übersichtsplan und in der Melde- und Kommandoanschaltung Signale (Muka Signale) eine Dokumentation dieser Abweichung erfolgen. In der Folge ist ein Einstieg in ETCS L2 ist an diesem Signal/diesen Signalen nicht möglich.

Bedingung 7 hingegen wird auf den Bereich zwischen Ausfahrtsignal (Asig) und Bahnhofsende beschränkt. Sofern auch eine Ausnutzung der Verlegetoleranz nicht zur Einhaltung genügt, hat eine Abstimmung mit dem Fachautor der Ril zu erfolgen.

Für Bedingung 8 wird konkretisiert, dass zu diesem Zweck der letzte in Fahrtrichtung vor dem Einschaltpunkt liegende Datenpunkt, welcher aus zwei Balisen besteht, zu verwenden ist.

Die Sonderbedingungen bezogen auf den Einstieg in ETCS L2 nach Bedingung 10 werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht näher betrachtet, da es sich nicht um einen Standardfall handelt.

Der Datenpunkt Typ 43 (*DP für BÜ mit ÜS (Baseline 3), Typ 43*) übernimmt die Kernfunktion „Sicherung des BÜ“.

Er ist steuerbar und unter Einhaltung folgender Bedingungen bei Anwendung von BL 3 oder höher zu planen:

1. Im Abstand $d_{DP43_ÜS}$ vor dem ÜS vorzusehen
 - a. Distanz $d_{DP43_ÜS}$ soll dem Sichtabstand für das ÜS entsprechen
 - b. Abstand $d_{DP43_ÜS}$ so bemessen, dass für den schnellsten Zug gilt:
 - i. alle durch das ÜS gedeckte BÜ eingeschaltet und gesichert
 - ii. die LEU des Datenpunkts hat diesen Zustand sicher verarbeitet
2. Der Abstand $d_{DP43_ÜS}$ beträgt mindestens 1 m
3. Ein Datenpunkt je BÜ oder BÜ-BÜ-Kette
4. Einhaltung des Mindestabstands $d_{Einstiegssig_Typ43}$ zwischen einem Hsig oder Lichtsperrsignal an dem Zugfahrstraßen beginnen oder enden
5. Balisenpositionierung nicht in Bahnhofsgleisen, in denen Zugfahrten beginnen können
6. Sonderbedingungen im Zusammenhang mit Einstiegen in ETCS L2

Bedingung 1.a erfordert die Einhaltung des Sichtabstandes, welcher in Ril 815 spezifiziert wird. Die Planungsrichtlinie für ETCS L2 verweist auf die Ril 815, da der Sichtabstand zuerst für die Planung der technischen Sicherung von Bedeutung ist und dafür festgelegt wurde.

Bedingung 1.b dagegen ist abhängig von der Charakteristik der Bahnübergangssicherungsanlage (BÜSA) und der verwendeten LEU. Die BÜSA kann eine der verschiedenen in Deutschland gebräuchlichen Arten der technischen BÜ-Sicherung sein. Daraus ergeben sich unterschiedlich Zeiten für die Sicherung. Der Zeitbedarf für die Verarbeitung der Zustände respektive Zustandsänderungen der technischen Sicherung des BÜ variiert herstellerabhängig, je nach verwendeter LEU. Aus den beiden Zeiten ergibt sich eine Zeitspanne, die mit der höchsten, gefahrenen Geschwindigkeit umgerechnet den maßgeblichen Weg ergibt, den der schnellste Zug während der Sicherung des BÜ und der Signalverarbeitung durch die LEU zurücklegt.

Die Bedingung 2 wird für BÜ-BÜ-Ketten um den Hinweis ergänzt, dass bei Ausfall mindestens eines BÜ für jeden BÜ eine separate Lfst durch den Datenpunkt übertragen werden muss. Hierzu sind Paket 65 TSR und Paket 88 LXI vorgesehen.

Bei Verletzung der Bedingung 4 muss nach [819.1344] sowohl im ETCS-Übersichtsplan als auch in der Muka Signale eine Dokumentation erfolgen, dass kein Einstieg nach ETCS L2 an diesem Signal/diesen Signalen erfolgen darf.

Bedingung 5 wird wiederum, wie schon beim Datenpunkt Typ 45, differenziert auf den Bereich zwischen A_{sig} und Ende des Bahnhofs. Allerdings wird die Möglichkeit geboten, eine Verletzung der Bedingung dadurch zu korrigieren, dass Datenpunkte im minimalen Abstand (d_{min_DP}) wiederholt werden. Zusätzlich dazu müssen beide Datenpunkte Typ 43 mit je einem Datenpunkt Typ 9 ergänzt werden. Dieser Datenpunkt soll laut [819.1344] Abschnitt 5.3 bei beginnenden Zugfahrten Zwangsbremungen verhindern. Das kann, wie es weiter heißt, dann geschehen, wenn sich ein Fahrzeug mit der Balisenantenne über einer Balise oder zwischen den Balisen einer Balisengruppe (BG) befindet. Wie bereits bei Datenpunkt Typ 45 werden auch für Typ 43 die Sonderbedingungen bei Einstieg nach ETCS L2 in der vorliegenden Arbeit nicht betrachtet.

Der dritte Datenpunkt vom Typ 44 (*Ortungs-DP für BÜ mit ÜS, Typ 44*) dient der Begrenzung des Ortungsfehlers bei aktivem Linking und ist 100 m (± 5 m) vor dem BÜ zu planen. Im Falle von BÜ-BÜ-Ketten ist vor jedem BÜ ein solcher Datenpunkt, bestehend aus einer einzelnen Festdatenbalise notwendig.

Nach der Beschreibung der Anordnung der verschiedenen Balisen können basierend auf [DB14] Abschnitt 5.5.1 noch weitere Details betrachtet werden. Für die Sicherung von ÜS-BÜ auf ETCS-Strecken gibt es fünf Bedingungen:

1. Anzeige der Einschaltstrecke
2. Einhaltung des Bremsweges
3. Anhalten des Zuges bei gestörtem/ungesichertem BÜ
4. Anzeige „BÜ gestört“ bei gestörtem/ungesichertem BÜ
5. Absicherung gegen Balisenfehler

Bedingung 1, die Anzeige der Einschaltstrecke, muss wie bereits zu Beginn des Abschnitts 3.2.4.2 beschrieben über eine Textmeldung (TM) „Einschaltstrecke“ am DMI erfolgen. Damit die Anzeige im Bereich vom Einschaltkontakt bis zur Mitte des BÜ angezeigt werden kann, soll die TM frühestens am vorgelegenen H_{sig} und spätestens am Einschaltkontakt übertragen werden. Die TM darf nicht mehrfach aufgeblendet werden, was besonders bei BÜ-BÜ-Ketten eine bestimmte Projektierung erfordert. Die TM können für BÜ-BÜ-Ketten alle zusammen am ersten BÜ übertragen werden oder jeweils an einem BÜ für den darauffolgenden BÜ in der Kette. Unabhängig davon hat die Anzeige für einen BÜ jeweils in der Mitte des vorhergehenden zu beginnen. Die TM sollen in allen Betriebsarten (FS, OS, Staff Responsible (SR), Trip (TR), Unfitted (UN)) gelesen werden.

Vorgeschlagen wird in [DB14] Abschnitt 5.5.1 für die TM „Einschaltstrecke“ der Wortlaut gemäß der nachstehenden Tabelle.

Tab. 10 Vorschlag für die TM „Einschaltstrecke“ nach [DB14]

Fall	Anzeige
einzelner BÜ	Einschaltstrecke BÜ km 21,4
BÜ-BÜ-Kette 1. BÜ:	Einschaltstrecke BÜ km 21,1; 3 BÜ
2. BÜ:	Einschaltstrecke BÜ km 21,4; 2 BÜ“
3. BÜ:	Einschaltstrecke BÜ km 21,6

Die Übertragung erfolgt nach [819.1344] Abschnitt 5.5.1 mit Paket 72 PTM.

Bedingung 2 zur Einhaltung des Bremswegs erfordert eine umfassendere Projektierung, die in [DB14] Abschnitt 5.5.1 beschrieben wird. Die Planungsgrundlage für die technische Sicherung von BÜ beruht bisher auf der Festlegung fester Bremswege. Aus diesem Grund steht das ÜS in einem definierten Abstand, dem Bremswegabstand, vor dem BÜ. Dieser Wert, gemessen von der Mitte des BÜ, ist für alle Züge einheitlich. Solange die Indusi mit dem Betriebsprogramm PZB 90 mit ihren vordefinierten Bremskurven verwendet wird, ist das kein Problem. Der Einsatz von ETCS hat zur Folge, dass die festen Bremswegabstände im Widerspruch zu den durch die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten berechneten, individuellen Bremswegen stehen. Um zu verhindern, dass Züge nach einer Zwangsbremmung am ÜS nicht im vorhandenen Bremsweg bis zum BÜ zum Stehen kommen, wird Paket 52 *Permitted Braking Distance* genutzt. Als PBD wird der vorhandene Bremsweg (zwischen ÜS und BÜ) festgelegt und in der Folge die Höchstgeschwindigkeit der Züge gegebenenfalls entsprechend begrenzt. Die Übertragung der PBD an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten erfolgt bei ETCS L2 zusammen mit der MA vom Radio Block Centre (RBC). Bei BÜ-BÜ-Ketten sind wiederum je BÜ separate Planungen erforderlich, d. h. z. B. je BÜ eine gesonderte PBD und im Hinblick auf die Übertragung auf das Fahrzeug eine besondere Vorgehensweise. Das wird jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht genauer betrachtet.

Bedingung 3 muss unter Berücksichtigung der BÜ-Einbindung betrachtet werden. Die Absicherung eines ÜS-BÜ erfolgt mit Paket 88 LXI, im Gegensatz zu ETCS L1 LS, bei dem Paket 65 TSR verwendet wird (siehe Abschnitt 3.2.3). Die Sicherung wirkt in den Betriebsarten FS, OS, SR und UN, bei SH hingegen muss eine manuelle Sicherung des BÜ durch den Tf vorgenommen werden (siehe [DB14] Abschnitt 5.5.1). Die folgende Tabelle zeigt die Bestimmung der Werte der Variablen des Pakets 88. Es wird ein gestörter BÜ ($Q_LXSTATUS = 1$) angenommen.

Tab. 11 Regeln zur Ermittlung der Werte für die Variablen des Pakets 88 nach [DB14]

Variable	Beschreibung in [DB14]
NID_LX	Lokal eindeutig, d. h. in der näheren Umgebung nicht noch einmal verwendet
D_LX	Abstand von Balise bis 10 m vor Mitte des BÜ
L_LX	Länge des BÜ 10 m
Q_LXSTATUS	1 (<i>LX is not protected</i> , BÜ nicht gesichert)
V_LX	Geschwindigkeit von 5 km/h beim Befahren des ungesicherten BÜ
Q_STOPLX	1 (Halt vor dem ungesicherten BÜ, Signalbild BÜ 0 am ÜS)
L_STOPLX	Minimum 50 m; Berechnung aus Distanz BÜ-Beginn – HET zuzüglich 20 m

Paket 88 LXI muss für BÜ-BÜ-Ketten für jeden BÜ separat übertragen werden und einen eigenen, lokal eindeutigen Wert für die Variable NID_LX besitzen. Damit wird eine Überschreibung der Informationen wie in Abschnitt 2.2.1 beschrieben vermieden.

Neben Paket 88 LXI muss gleichzeitig eine TSR übertragen werden, um Fahrten, die die Balise in den Modes Staff Responsible (SR) und Unfitted (UN) überfahren oder zwischen der Balise und dem BÜ in die Modes wechseln, zu überwachen. In den genannten Betriebsarten kann die *LX information* nicht ausgewertet werden. Die TSR muss dann, wie nachfolgend gezeigt geplant werden.

Tab. 12 Regeln zur Ermittlung der Werte für die Variablen des Pakets 65 nach [DB14]

Variable	Beschreibung in [DB14]
D_TSR	Abstand von Balise bis 10 m vor Mitte des BÜ
L_TSR	Länge der TSR am BÜ 10 m
Q_FRONT	1, TSR auf Spitze des Zugs bezogen
V_TSR	Geschwindigkeit von 5 km/h beim Befahren des ungesicherten BÜ

Bedingung 5, die Absicherung gegen Balisenfehler, wird durch Linking umgesetzt. In den Betriebsarten FS und OS ist die Balise mit der LXI in die Linkliste der MA aufzunehmen und die Reaktion „Wechsel in die Betriebsart TR“ zu kommandieren, falls sie nicht korrekt gelesen wird.

Mit Paket 88 LXI kann auch eine Anzeige des Zustands *LX not protected* vorgenommen werden. Ob und wie das mit dem vorgesehenen Symbol aus [ERT14] (siehe Abb. 6 im Abschnitt 2.3.3) auf dem DMI erfolgt, kann auch dem LH nicht entnommen werden.

Eine hierzu durchgeführte Recherche blieb leider ergebnislos, d. h. es könnten nur Vermutungen über die Anzeige angestellt werden. Für die mit ETCS ausgerüsteten Neubau-strecken des Hochgeschwindigkeitsverkehrs spielt das Symbol ohnehin keine Rolle. Auf derartigen Strecken gibt es keine BÜ und es besteht auch keine Notwendig eine BÜ-Störung anzuzeigen. Aus diesem Grund enthält [483.0701] keine entsprechenden Angaben.

3.2.4.3 Fernüberwachte Bahnübergänge

Für BÜ der Überwachungsart FÜ sind analog zu BÜ mit ÜS bestimmte Balisen vorzu-sehen. Dabei wird aber lediglich ein Datenpunkt des Typs 45 geplant. Ein gesonderter Datenpunkt Typ 44 zur Kalibrierung der Odometrie ist nicht zu planen. Zieht man die Abbildung für BÜ mit ÜS heran, so ergibt sich durch den Wegfall nicht benötigter Ele-mente die Ausrüstung bei FÜ-BÜ entsprechend der folgenden Abbildung.

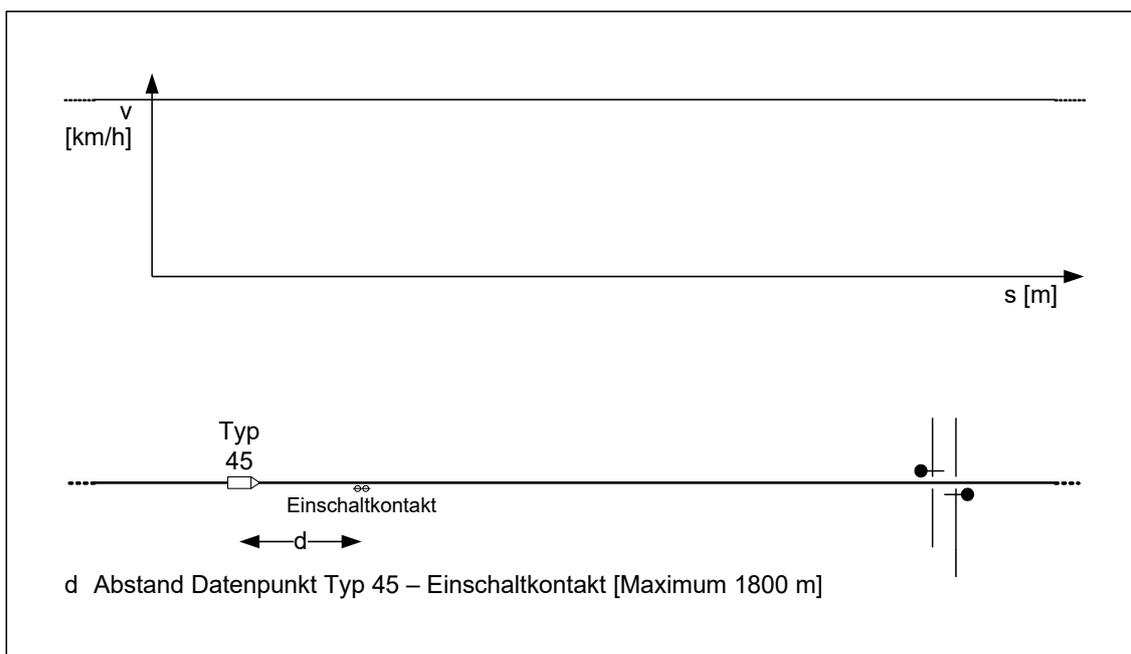


Abb. 12 FÜ-BÜ auf ETCS L2-Strecken der DB AG

Dem Tf wird bei FÜ-BÜ bei Annäherung an den BÜ eine Textmeldung angezeigt, die ihn darüber informiert, dass er sich in der Einschaltstrecke eines BÜ befindet. Die Text-anzeige wird analog zu ÜS-BÜ (siehe Abschnitt 0) realisiert, ist doch der gleiche Da-tenpunkt (Typ 45) wie bei ÜS-BÜ zu planen. Der Ausfall der Bahnübergangssiche-rungsanlage (BÜSA) hat die in Abschnitt 3.2.2.3 beschriebene Reaktion der Technik respektive des zuständigen Fdl zur Folge. Wie beschrieben kann der Tf vor dem Passie-ren des BÜ nur mittelbar Informationen über den Zustand des BÜ erhalten.

In diesem Fall kommt keine der im Abschnitt 2.3 beschriebenen Absicherungen des BÜ mittels ETCS zum Einsatz. Hier besteht eine bereits vor der Einführung von ETCS angewendete Lösung zur Fehleroffenbarung und Absicherung des BÜ im Störfall.

3.3 Systemführerschaft ETCS Schweiz

3.3.1 Grundlegendes zu ETCS in der Schweiz

Die im Zusammenhang mit dem Einsatz von ETCS als ZB in der Schweiz auftretenden Fragen, werden national einheitlich geregelt. Das Bundesamt für Verkehr (BAV) als nationale Aufsichtsbehörde für den Eisenbahnverkehr hat hierzu die Schweizerischen Bundesbahnen mit der Ausarbeitung entsprechender Regelwerke beauftragt. Die im Rahmen der sogenannten Systemführerschaft ETCS Schweiz (SF ETCS CH) von der Division Infrastruktur (I), Geschäftsbereich Anlagen und Technologie (AT), Geschäftseinheit Zugbeeinflussung (ZBF) erarbeiteten Dokumente zur streckenseitigen ETCS-Ausrüstung sind auf der Internetseite des BAV zugänglich.¹ Im Weiteren werden ebendiese Regelungen verwendet.

Besonderer Beachtung bedarf die rechtliche Situation, da die Schweiz als souveräner Staat außerhalb der Europäischen Union (EU) nicht automatisch an die Festlegungen der Organe und Institutionen der EU gebunden ist. Dort, wo es als sinnvoll und nötig erachtet wird, werden Entscheidungen der EU übernommen, gegebenenfalls angepasst und umgesetzt. Der automatische Rechtsnachzug existiert nicht. Die Anerkennung und Umsetzung der Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität oder die Einführung von ERTMS/ETCS stellen Beispiele dafür dar.

Zum besseren Verständnis werden nationale Vorschriften in Bezug auf BÜ im folgenden Abschnitt dargelegt. In Ergänzung dazu wird anhand der Fahrdienstvorschriften [FDV15] auch auf die vorgeschriebenen Verhaltensweisen bei gestörten BÜ eingegangen. Die aktuellste Version von [FDV15] (Stand vom 01. Juli 2015) kann von der Internetseite des BAV² heruntergeladen werden. Besondere Begrifflichkeiten sind im Verzeichnis terminologischer Besonderheiten erläutert.

3.3.2 Grundlegendes zur Bahnübergangssicherung

3.3.2.1 Rechtliche Grundlagen

Als oberstes Regelwerk gilt in der Schweiz die Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung, EBV, [EBV14]) vom 23. November 1983 in der aktuellen Fassung vom 01. November 2014. Sie ist vergleichbar mit dem Allgemeinen

¹ <http://www.bav.admin.ch/grundlagen/03708/03819/03821/index.html?lang=de>

² <http://www.bav.admin.ch/grundlagen/03514/03533/03649/index.html?lang=de>

Eisenbahngesetz in Deutschland und enthält prinzipielle Regelungen im Bereich der Eisenbahn. Die aktuelle Version von [EBV14] kann ebenfalls von der Internetseite des BAV³ heruntergeladen werden. Im 6. Abschnitt werden Vorgaben zur *Sicherung und Signalisation von Bahnübergängen* getroffen. Das Wichtigste in diesem Zusammenhang, lässt sich wie folgt zusammenfassen:

BÜ sind auf freier Strecke und in Bahnhöfen bis zu einer Streckenhöchstgeschwindigkeit von 160 km/h zulässig.

BÜ sind entweder aufzuheben oder mit einer technischen Sicherung auszurüsten.

Die Art und Weise der Sicherung hängt von der Belastung (schiene- und straßenseitig) sowie den gefahrenen Geschwindigkeiten (schiene- und straßenseitig) im Bereich des BÜ ab.

Ausnahmen von der Vorschrift zur technischen Sicherung sind in bestimmten Fällen möglich.

Anlagen zur BÜ-Sicherung müssen die Bestimmungen des 7. Abschnitt: *Sicherungsanlagen und Telematikanwendungen* der EBV erfüllen.

Die Rahmenbedingungen bei BÜ sind demnach mit der Lage in Deutschland vergleichbar. Detailliertere Beschreibungen der Anforderungen bis hin zu Regelzeichnungen für Schranken, Blinklichtsignale etc. werden zur Konkretisierung von [EBV14] in den Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV, [AB14]) vorgenommen. Der aktuelle Stand der AB-EBV vom 01. Juli 2014 kann – analog zu EBV und Regelwerken der SF ETCS CH– von der Internetseite des BAV⁴ heruntergeladen werden.

Nach [AB14] Art. 39.3c Ziffer 2.1.2 für BÜ mit *Bahnüberganganlagen*⁵ (also technische Einrichtungen zur BÜ-Sicherung, Anm. d. V.) wird bestimmt, dass diese mit einer ZB zu sichern sind, sofern Sie nicht eine fehlersichere Sperrung des BÜ für die Straßenverkehrsteilnehmer gewährleisten. Daraus ergibt sich eine Sicherungspflicht für *Bahnüberganganlagen* unabhängig von der eingesetzten ZB und letztlich auch beim Einsatz von ETCS.

Die verschiedenen, vorkommenden Arten der BÜ sollen anhand der Überwachungsarten kategorisiert werden. Die Einteilung orientiert sich dabei an den deutschen Grundsätzen nach [MA13] Abschnitt 8.3.3 und erfolgt anhand der Erkenntnisse aus den Planungsregeln für ETCS L1 LS.

³ <http://www.bav.admin.ch/grundlagen/03514/03533/03614/index.html?lang=de>

⁴ <http://www.bav.admin.ch/grundlagen/03514/03533/03614/index.html?lang=de>

⁵ Eine Erklärung hierzu findet sich im Verzeichnis terminologischer Besonderheiten.

Darin werden genannt:

- BÜ mit Streckengerät mit Kontrolllicht oder ohne Kontrolllicht
- BÜ mit Deckungssignal
- BÜ mit Sicherung durch *Fahrstrassen-abhängiges Hauptsignal*

Sie werden getrennt voneinander betrachtet, da erstens unterschiedliche Abhängigkeiten der einzelnen Varianten zu anderen Sicherungsanlagen der Strecke bestehen und andererseits bestimmte Besonderheiten berücksichtigt werden müssen.

3.3.2.2 Bahnübergänge mit Streckengerät mit oder ohne Kontrolllicht

Bei derartigen BÜ wird ein Streckengerät zur Sicherung der Bahnüberganganlage verwendet. Es kommt folglich eine autonom arbeitende Anlage zur technischen Sicherung eines BÜ zur Anwendung. Ist ein Kontrolllicht vorhanden, so entspricht dies einem ÜS-BÜ. Eine Fahrerlaubnis wird erst nach erfolgter Sicherung mit dem Blinken des orangen Kontrolllichts, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, erteilt.

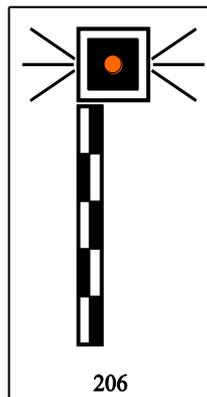


Abb. 13 Kontrolllicht zur Bahnüberganganlage gibt die Fahrerlaubnis [FDV15]

Im Störfall wird keine Fahrerlaubnis erteilt.

Sofern mehrere *Bahnüberganganlagen* durch ein Kontrolllicht überwacht werden, kann eine Zusatztafel auf die Anzahl der *Bahnüberganganlagen* hinweisen. Nach deutschem Verständnis handelt es sich um eine BÜ-BÜ-Kette.

BÜ mit Streckengerät können auch ohne Kontrolllicht ausgeführt sein. In diesem Fall sind nach [AB14] AB 39.3f Ziffer 2 b diese BÜ mit einer fehlersicheren Sperrung zu betreiben. Es ist dann nicht erforderlich eine Fahrt erst zuzulassen, wenn der BÜ gesichert ist, da der BÜ bei Störungen die Schranken schließt oder fehlersicher die Störung für den Straßenverkehr anzeigt. Es wird in [AB14] aber durch AB 39.3f Ziffer 4.3 eine automatische Störungsmeldung für solche Bahnüberganganlagen gefordert. Hintergrund ist die Störungsbehebung. Hier kann also der Vergleich zu Fü-BÜ gezogen wer-

den. Eine Sicherung durch die ZB ist nicht zwingend vorgeschrieben (siehe Abschnitt 3.3.2).

3.3.2.3 Bahnübergänge mit Deckungssignal

In diesem Fall wird eine Fahrterlaubnis durch ein deckendes Hsig gegeben, sofern der BÜ ordnungsgemäß gesichert ist. Ist der BÜ gestört, so kann kein Fahrtbegriff am Hsig gezeigt werden. *Halt* zeigende Deckungssignale gelten betrieblich laut [CHL1L] Abschnitt 16.1.1 (ID16.1.1.2) als *Halt* zeigende Signale. Aus diesem Grund greifen im Störfall die Regeln zur ersatzweisen Zustimmung zur Zugfahrt wie bei einem Hsig.

3.3.2.4 Bahnübergänge gesichert durch *Fahrstrassen-abhängiges Hauptsignal*

Im Unterschied zu BÜ mit Deckungssignal müssen noch weitere Fahrwegelemente (z. B. Weichen) gesichert werden. Es ergeben sich auch andere Regeln zur Planung. Ansonsten kann der Vergleich zu einem BÜ mit Deckungssignal gezogen werden.

3.3.2.5 Vorgehen bei gestörten Bahnübergängen

Bei gestörten *Bahnüberganganlagen* gibt [FDV15] Teil R 300.9 Kapitel 7 Anweisungen zum Vorgehen. Es erfolgt eine Unterscheidung im Verfahren zwischen BÜ mit und ohne örtliche Überwachung. Für BÜ mit örtlicher Überwachung gilt:

Vor der Fahrt durch den Abschnitt mit der gestörten Bahnüberganganlage muss der Fahrdienstleiter den Mitarbeiter, der den BÜ bewacht über die bevorstehende Fahrt unterrichten. Erst wenn der Fdl die Mitteilung erhalten hat, dass der BÜ gesichert ist, darf er die Zustimmung zur Fahrt erteilen. Der Lf muss vom Fdl über den gestörten BÜ verständigt werden und den Erhalt dieser Meldung quittieren. Hat die Fahrt auf Sicht zu erfolgen, so entfällt die Verständigung zwischen Fdl und Lf.

Hat der BÜ keine örtliche Bewachung, so hat der Fdl den Lf mit einer der drei folgenden Methoden zu informieren:

1. protokollpflichtig mit dem Befehl *Bahnüberganganlage ausser Betrieb*
2. mit Hilfssignal
3. mit Hilfssignal L mit Zusatzsignalisierung bei gestörter Bahnüberganganlage

Für den protokollpflichtigen Befehl *Bahnüberganganlage ausser Betrieb* ist in [FDV15] im Teil R 300.10 Abschnitt 3.1 die folgende Vorlage (siehe Abb. 14) zu finden.

Schweizerische Eisenbahnen Chemins de fer suisses Ferrovie svizzere		Sammelformular Befehle		(Befehle 1-7)	
		Formulaire d'ordres		(Ordres 1-7)	
		Formulario d'ordini		(Ordini 1-7)	
Datum Date Data		Zug/Rangierbewegung auf die Strecke Train/Mouvement de manœuvre en pleine voie Treno/movimento di manovra sulla tratta			
1 <input type="checkbox"/>	Vorbeifahrt an Halt zeigenden Signalen Franchissement de signaux présentant l'image d'arrêt Passaggio a segnali su posizione di fermata	Signalbezeichnung Désignation du signal Denominaz.segnale	in/zwischen à / entre a / fra	in/zwischen à / entre a / fra	
	Einfahrtsignal Signal d'entrée Segnale d'entrata				
	Ausfahrtsignal Signal de sortie Segnale d'uscita				
	Gleisabschnittsignal Signal de voie Segnale di settore di binario				
	Deckungs-/Blocksignal Signal de protection/de bloc Segnale di protezione/di blocco				
	Nothalt auf Arbeitsstellen Arrêt de secours sur les chantiers Fermata d'emergenza nelle aree di lavoro				
2 <input type="checkbox"/>	Fahrt auf Sicht aufgehoben Marche à vue supprimée Corsa a vista annullata	zwischen entre fra	und et e		
3 <input type="checkbox"/>	Einfahrt in das besetzte Gleis Entrée sur voie occupée Entrata sul binario occupato	in à a			
4 <input type="checkbox"/>	Anhalten in Arrêt à Fermare a	vor devant davanti			
	durchfahren in passer sans arrêt à transitare a				
5 <input type="checkbox"/>	Bahnüberganganlage ausser Betrieb Installation de passage à niveau hors service Passaggio a livello fuori servizio	km	Bahnübergang örtlich bewacht? Passage à niveau gardé sur place? Passaggio a livello sorvegli. sul posto?		
	in / zwischen à / entre a / fra		<input type="checkbox"/> ja oui sì	<input type="checkbox"/> nein non no	
	in / zwischen à / entre a / fra		<input type="checkbox"/> ja oui sì	<input type="checkbox"/> nein non no	
Grund / Bemerkungen Motif / observations Motivo / osservazioni					
<input checked="" type="checkbox"/> Zutreffendes ankreuzen / Marquer d'une croix ce qui convient / Crociare ciò che necessita					
Bahnhof Gare Stazione	Datum / Zeit Date / Heure Data / Ora	Fahrdienstleiter Chef-circulation Capomovimento	Lokführer Mécanicien Macchinista		

Abb. 14 Formularvorlage aus [FDV15]

Im Abschnitt 8.2.2 von [FDV15] werden für die Methoden 2 und 3 Festlegungen getroffen. Für das Hilfssignal werden für das Signalsystem L die beiden Signalbilder der nachstehenden Abbildung festgelegt.

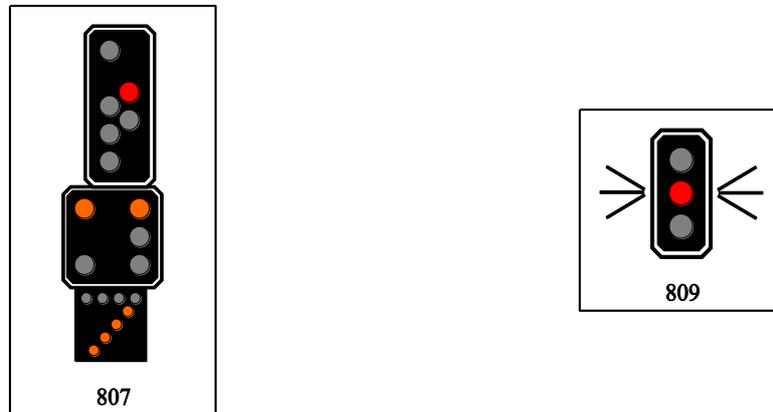


Abb. 15 Signalbilder „Hilfssignal“ des Signalsystems L [FDV15]

Der Signalbegriff (Bild 807) gibt dem Lf die Zustimmung zur Vorbeifahrt am *Halt* zeigenden oder unbeleuchteten Hsig und ordnet *Fahrt auf Sicht* an. Der zweite Signalbegriff (Bild 809) gibt die Zustimmung zur Vorbeifahrt am rot blinkenden Hsig und ordnet ebenfalls *Fahrt auf Sicht* an. Beiden gemeinsam ist, dass am nächsten Hsig *Halt* oder am nächsten Vorsignal *Warnung* zu erwarten ist. Das Hilfssignal befindet sich am selben Standort wie das Hsig, für das es gilt.

Das Hilfssignal des Signalsystems N zeigt das folgende Signalbild.

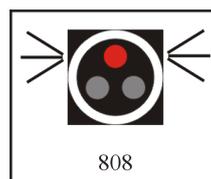


Abb. 16 Signalbild „Hilfssignal“ des Signalsystems N [FDV15]

Bild 808 gibt analog zu Bild 809 die Zustimmung zur Vorbeifahrt am rot blinkenden Hsig und ordnet *Fahrt auf Sicht* an. Gleich ist auch, dass am nächsten Hsig *Halt* und am nächsten Vorsignal *Warnung* zu erwarten ist. Im Unterschied zu Bild 809 folgt beim Bild 808 nach einer Merktafel für Streckengeschwindigkeit kein *Halt* zeigendes Hsig. Das ist im Weiteren nicht von Bedeutung.

Möglichkeit 3 besteht, wenn der BÜ durch ein Hsig gedeckt ist. Dann kann der nachfolgend gezeigte Signalbegriff vorhanden sein.

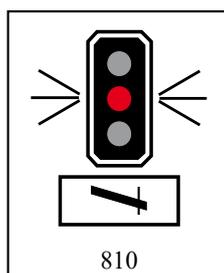


Abb. 17 Signalbild „Hilfssignal Signalsystem L mit Zusatzsignalisierung bei gestörter Bahnüberganganlage“ [FDV15]

Mit dem Signalbegriff wird die Zustimmung zur Vorbeifahrt am rot blinkenden Hsig und dem Befahren der gestörten Bahnüberganganlage gegeben. Zudem kann der Lf damit erkennen, dass die anderen Fahrstraßenelemente und der Streckenblock, des durch das Signal gedeckten Abschnitts, normal funktionieren. Werden mehr als eine Bahnüberganganlage durch das Signal gedeckt, so kann eine Zusatzsignalisierung die Zahl angeben. Unter Umständen geht dem Signal ein Vorsignal (Signalbegriff *Warnung*) voraus.

Hat die Fahrt auf Sicht zu erfolgen, entfällt wiederum die protokollpflichtige Verständigung (Möglichkeit 1).

Entdeckt der Lf eine BÜ-Störung, die ihm nicht gemeldet wurde so hat er anzuhalten und den Fdl über die Störung zu informieren.

Ist der BÜ örtlich bewacht darf er mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit befahren werden. Andernfalls hat der Lokführer gemäß der nachstehenden Schritte zu verfahren:

1. Geschwindigkeitsreduktion auf Schritttempo, falls nötig ist anzuhalten
2. Abgeben von Achtungssignalen und Befahren des BÜ mit dem vordersten Fahrzeug
3. Beschleunigen auf die zulässige Geschwindigkeit, wenn das erste Fahrzeug den BÜ befahren hat

Das Vorgehen bei gestörtem BÜ hängt nicht davon ab, welche der drei Varianten der Bahnüberganganlage zur Anwendung kommt, stattdessen müssen Annahmen getroffen werden, wie in der Regel bei gestörten *Bahnüberganganlagen* vorzugehen ist. Das heißt, es muss entschieden werden, ob BÜ mit oder ohne örtliche Bewachung für die Sicherung durch ETCS relevant sind.

Wird davon ausgegangen, dass eine örtliche Bewachung darauf zurückzuführen ist, dass ein Mitarbeiter vor Ort ist, muss er eine Aufgabe im Zusammenhang mit dem Bahnbetrieb erfüllen. Da in vielen Fällen Personal vor Ort durch die Rationalisierung eingespart wurde und viele Aufgaben aus Betriebszentralen automatisiert vorgenommen werden,

handelt es sich bei örtlicher Bewachung um die Ausnahme. Ein weiterer Abzug des Personals aus der Fläche und Ersatz durch andere Lösungen ist zukünftig zu erwarten. Bahnübergänge ohne Überwachung sind aus dieser Überlegung heraus als überwiegend anzusehen. Diese Annahme führt dazu, dass ein Befahren von BÜ nach dem Verfahren für gestörte BÜ ohne örtliche Bewachung als häufiger zu betrachten ist. Es wird damit als relevant bei der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken angesehen.

3.3.3 Bahnübergänge auf ETCS L1 LS-Strecken

3.3.3.1 ETCS L1 LS in der Schweiz

ETCS L1 LS wird bis Ende 2017 flächendeckend in der Schweiz eingeführt und löst die bisher verwendeten Systeme (z. B. Integra-Signum) vollständig ab. Andere ZB werden dann nur noch in bestimmten Fällen eingesetzt. Dies betrifft:

- Meterspur- und Spezialspurbahnen
- nicht interoperable Normalspurbahnen
- explizit benannte Ausnahmen und Bestandsschutz

Alle anderen Strecken – und damit auch die dort vorhandenen BÜ mit technischer Sicherung müssen ab dem genannten Zeitpunkt mit ETCS ausgerüstet sein. Die dazu veröffentlichten Planungsregeln enthalten für die drei genannten Arten von BÜ Festlegungen.

3.3.3.2 Bahnübergänge mit Streckengerät

Bei der Sicherung eines BÜ mit einem Streckengerät handelt es sich um eine autonom arbeitende Anlage ohne Verbindung zu einem Stellwerk. Erfolgt die Überwachung der Sicherung des BÜ über das Kontrolllicht (siehe Abschnitt 3.3.2.2) handelt es sich nach deutschem Verständnis um eine Überwachung mit Überwachungssignal (ÜS). Ist kein Kontrolllicht vorhanden, so ist das deutsche Pendant ein BÜ der Überwachungsart Fü. Dennoch werden bei der Projektierung keine Unterschiede zwischen beiden Varianten gemacht.

Es wird in der vorliegenden Arbeit in beiden Fällen von einer zugbewirkten Einschaltung ausgegangen. Weder eine bediener- noch eine fahrstraßenbewirkte Einschaltung ergeben Sinn. Bei ersterer müsste der Zug vorher anhalten, was nur bei örtlicher Nähe des BÜ zu einem Halt oder einer Rangierfahrt zu erwarten ist. Bei fahrstraßenbewirkter Einschaltung ist anzunehmen, dass der BÜ durch ein *Fahrstrassen-abhängiges Hsig* gesichert ist. Es kann sich dann nicht um eine Bahnüberganganlage mit Streckengerät handeln. Die zugbewirkte Einschaltung erfolgt derart, dass bei störungsfrei arbeitender Technik der BÜ in behinderungsfreier Fahrt passiert werden kann. Ansonsten muss sichergestellt werden, dass es zu keinen Konflikten zwischen Schienen- und Straßenver-

kehr kommt. Das erfordert auf jeden Fall eine Geschwindigkeitsreduktion (siehe Abschnitt 3.3.2.5), die wegen der Fehlbarkeit des Menschen (d. h. des Lf) durch die ZB überwacht werden muss.

Die Einbindung des BÜ mit Streckengerät auf einer ETCS L1 LS-Strecke erfolgt gesondert und unabhängig von anderen Sicherungsanlagen der Strecke.

Dabei sind nach [CHL1L] Abschnitt 16.1.1 folgende prinzipielle Konventionen zu projektieren:

- Unter ETCS L1 LS spezifisch zu überwachende Zustände
 - BÜ offen
 - BÜ gestört
- Überwachung einer Lfst von 5 km/h mit der Länge 1 m in der Mitte des BÜ
- Überwachung mit zwei Paketen
 - Paket 65 TSR
 - Paket 76 FTM
- Inhalt des Pakets 76: „BUe ausser Betrieb“

Neben diesen Informationen, die bei allen Varianten von BÜ mit Streckengerät zu projektieren sind, gilt es zu berücksichtigen:

1. Befindet sich der BÜ mit Streckengerät innerhalb eines *Warnung/Halt-überwachten Streckenabschnitts*, muss die Neigung mit dem Paket 21 *Gradient Profil* (GP) bis zur Bahnüberganganlage projektiert werden.
2. Befindet sich der BÜ mit Streckengerät innerhalb eines *v-überwachten Streckenabschnittes*, muss die Neigung nicht projektiert werden.

Begründet wird diese Festlegung damit, dass in einem *Warnung/Halt-überwachten Streckenabschnitt* die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten keine Neigungsinformationen haben, um eine Berechnung der Bremskurve durchführen zu können. In einem *v-überwachten Streckenabschnitt* muss den fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten diese Information mit der MA für den aktuellen Abschnitt, in dem auch der BÜ liegt, übermittelt worden sein. Andernfalls kann keine *v-Überwachung* erfolgen.

In der nachstehenden Tabelle (siehe nächste Seite) wird eine Zusammenfassung der notwendigen Pakete vorgenommen.

Tab. 13 Notwendige Pakete unterschieden nach *v-überwachten* und *Warnung/Halt-überwachten Streckenabschnitten*

BÜ mit Streckengerät in <i>v-überwachtem Streckenabschnitt</i>	BÜ mit Streckengerät in <i>Warnung/Halt-überwachtem Streckenabschnitt</i>
Paket 65 TSR Paket 76 FTM	Paket 65 TSR Paket 76 FTM Paket 21 GP

Die notwendigen Projektierungen zu den einzelnen Paketen werden nur kurz dargestellt und gehen v. a. bei Paket 76 FTM und Paket 21 GP nicht detailliert auf die einzelnen Variablen ein.

Für Paket 65 TSR ergeben sich die Werte entsprechend der nachfolgenden Tabelle.

Tab. 14 Werte für Variablen des Pakets 65 TSR in Anlehnung an [SUB26]

Variable	Wert	Einheit	Kommentar
NID_Packet	65	–	Nummer des Pakets
Q_DIR	01	–	Richtung, in die die Information gilt
L_PACKET	71	bit	Länge des Pakets
Q_SCALE	1	m	Auflösung der Distanzmessung
NID_TSR	100 [126]	–	Identifikationsnummer der TSR
D_TSR	0 [32 767]	m	Distanz bis zum Beginn der TSR
L_TSR	1	m	Länge der TSR
Q_FRONT	1	–	TSR auf Spitze des Zugs bezogen
V_TSR	5	km/h	Höchstgeschwindigkeit die TSR erlaubt

Für die Variablen NID_TSR und D_TSR sind Wertebereiche festgelegt. Werte in [] geben Maximalwerte an.

Neben der Übertragung der TSR ist die Textmeldung „BUe ausser Betrieb“ mit Paket 76 FTM zu übertragen. Diese wird abgestimmt auf die eingestellte Anzeigesprache, die der Lf gewählt hat. Dafür sind insgesamt vier Texte vorgesehen:

- Deutsch: „BUe ausser Betrieb“
- Französisch: „PN hors service“
- Italienisch: „PL fuori servizio“
- Englisch: „Level crossing not protected“

Der Aufbau des Pakets 76 FTM wurde bereits in Abschnitt 2.3.2 kurz beschrieben. Eine detaillierte Beschreibung ist aus Sicht des Verfassers wegen des Umfangs des Pakets nicht sinnvoll.

Der mit Paket 21 GP bei BÜ in *Warnung/Halt-überwachten Streckenabschnitten* übertragene Wert für die Neigung ist nach einer festgelegten Methode gemäß [CHL1L] Abschnitt 16.1.2 (ID 16.1.2.7) zu berechnen. Die Voraussetzungen dafür werden in der nachfolgenden Abbildung gezeigt.

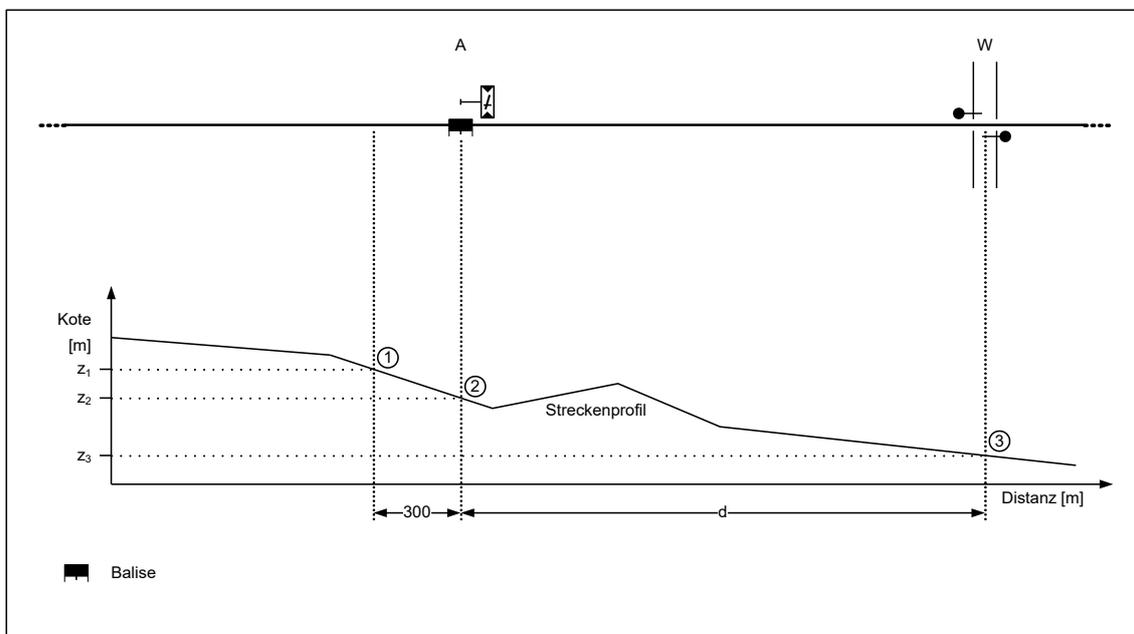


Abb. 18 Neigungsberechnung der Projektierungsregeln ETCS L1 LS nach [CHL1L]

Dabei werden zwei verschiedene Neigungen in Promille (‰) berechnet:

- i_1 zwischen den Punkten 1 und 3
- i_2 zwischen den Punkten 2 und 3

Anschließend wird das Minimum der beiden Werte bestimmt, welches für die Übertragung an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten zu projektieren ist.

Die zu verwenden Formeln aus [CHL1L] Abschnitt 16.1.2 (ID 16.1.2.7) lauten:

$$i_1 = \frac{(z_3 - z_1) * 1000}{300 + d} \text{ in } \text{‰} \quad (1)$$

$$i_2 = \frac{(z_3 - z_2) * 1000}{d} \text{ in } \text{‰} \quad (2)$$

Übersteigt die Distanz d eine Länge von 1 800 m, so ist die Neigung für den ganzen Abschnitt vom Ende her zu berechnen. Die Neigung wird zur sicheren Seite hin, also für Gefälle auf ganze Zahlen auf-, für Steigungen hingegen auf ganze Zahlen abgerundet.

Aus der Skizze zur Neigungsberechnung ist auch die Lage der Balise am Punkt A erkennbar. Eine Bestimmung des Abstands A – W kann mit den frei verfügbaren Dokumenten nicht vorgenommen werden. Die Grundlagen der Bestimmung sind in R RTE 25931 *Bahnübergang Basisdokumentation (RTE/VSS)*, herausgegeben vom Verband öffentlicher Verkehr, zu finden. Über die verfügbaren RTE zum 01. August 2015 gibt [VO0815] Auskunft. Eine detaillierte Betrachtung der Neigungsberechnung ist für das Verständnis der prinzipiellen Vorgehensweise zur Einbindung von BÜ unerheblich und unterbleibt deswegen.

3.3.3.3 Bahnübergänge mit Hauptsignaldeckung

BÜ können auch Hsig gedeckt respektive gesichert werden. Nach deutscher Sichtweise entspricht das der Überwachungsart Hp. Arbeitet die Technik störungsfrei, so ist der Signalbegriff *Freie Fahrt* von der Strecke an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten zu übertragen. Die Zustände „BUe gestört“ und „BUe offen“ sind am Hsig mit der Übertragung des Begriffs *Halt* von der Strecke zum Fahrzeug abzusichern. Am zugehörigen Vorsignal muss in diesem Fall der Begriff *Warnung* übertragen.

Bei der ersatzweisen Zustimmung zur Fahrt mit einem beleuchteten Hilfssignal ist den fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten der Begriff *Halt* ohne Lfst (Paket 65 TSR) und ohne TM (Paket 76 FTM) zu übertragen. Hier greifen die Planungsregeln für Hsig (Kapitel 6 *Signalabhängiger Zugbeeinflussungspunkt nur mit Warnung/Halt-Überwachung*), die die Projektierung folgender Pakete beschreiben:

- Paket 12 *Level 1 Movement Authority*
- Paket 21 *Gradient Profile*
- Paket 27 *International Static Speed Profile*
- Paket 80 *Mode Profile*

Falls der im gestörten Abschnitt liegende BÜ nicht gesichert und ohne örtliche Bewachung ist, besagt [FDV15], dass eine Verständigung über den BÜ-Zustand entfällt, wenn wegen einer Störung ein Zug mit *Fahrt auf Sicht* zu fahren hat ([FDV15] Abschnitt 7.1.3). Als Grund denkbar ist die Tatsache, dass wegen der Fahrt auf Sicht bis zu nächsten Hsig der Zug rechtzeitig vor dem Kreuzungsbereich angehalten werden kann. Ein Konflikt zwischen Schienen- und Straßenverkehr kann somit vermieden werden. Berücksichtigt werden muss die Festlegung zum Befahren von BÜ im gestörten Zustand (siehe Abschnitt 3.3.2.5). Eine auf den BÜ zugeschnittene ETCS-Projektierung erfolgt nicht.

3.3.3.4 Bahnübergänge gesichert durch *Fahrstrassen-abhängiges Hauptsignal*

Eine Absicherung des BÜ mit einem *Fahrstrassen-abhängigen Hauptsignal* kann mit der deutschen Überwachungsart Hp verglichen werden. Bei dieser Form der Sicherung eines BÜ muss keine gesonderte Überwachung durch ETCS L1 LS vorgesehen werden. Die Projektierung hat deshalb so zu erfolgen, dass bei beleuchtetem Hilfssignal weder eine Lfst (Paket 65 TSR) noch eine TM (Paket 76 FTM) an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten übertragen werden. Sofern das Hsig keinen Fahrtbegriff zeigt, können gemäß der Begründung seitens SF ETCS CH verschiedene Ursachen vorliegen. Verwiesen sei in diesem Zusammenhang wiederum auf [FDV15] Abschnitt 7.1.4, welche bei Fahrt auf Sicht keine Meldung über einen gestörten BÜ vorschreiben, sofern es sich um einen BÜ ohne örtliche Bewachung handelt.

Ein beispielhafter Fall könnte demnach folgendermaßen aussehen:

Ein Zug soll aus einem Bahnhof ausfahren. In der Ausfahrstraße liegt ein BÜ. Die Fahrstraße (Fstr) ist korrekt eingestellt und überwacht; der BÜ ist ordnungsgemäß technisch gesichert. Dennoch zeigt das Hsig (Asig) *Halt*. Die Haltstellung wird durch defekte Signallampen verursacht. Da technisch nur das restriktivere Signalbild *Halt* angezeigt werden kann, muss dem Zug im Einklang mit [FDV15] die ersatzweise Zustimmung zur Fahrt gegeben werden.

In diesem Fall stellt das Stellwerk sicher, dass die Fstr befahren werden kann und der BÜ technisch gesichert ist. Da weder der Zustand „BÜ offen“, noch der Zustand „BÜ gestört“ vorliegt, wären für diese Fälle erarbeitete Meldungen und Reaktionen

der ZB falsch. Eine Anpassung der zu übertragenden Pakete kann aber nur begrenzt erfolgen. Die LEU greift bei ETCS L1 LS das Signalbild ab und gibt es als entsprechenden Telegramminhalt an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten weiter. Hier wird im einfachsten Fall nur unterschieden zwischen *Halt* und *Fahrt*. Somit kann die LEU dann nur zwei verschiedene Telegramme senden. Die ersatzweise Zustimmung zur Fahrt kann aber aus mehreren Gründen notwendig werden.

3.3.4 Bahnübergänge auf ETCS L2-Strecken

Die Planungsregeln für ETCS L2 sind in folgende zwei Bereiche aufgeteilt:

- Hochgeschwindigkeitsstrecken (HGS)
- konventioneller Geschwindigkeitsbereich (KGB)

Auf HGS gilt für die Höchstgeschwindigkeit $v_{\max} > 160$ km/h und damit sind BÜ, wie in Abschnitt 3.3.2 beschrieben, nicht zulässig. Aus diesem Grund ist im Zusammenhang mit BÜ der Bereich *Planungsregeln ETCS Level 2 KGB* ([CHL2K]) relevant.

Nach derzeitigem Stand existieren für die Einbindung von BÜ auf ETCS L2-Strecken des KGB in der Schweiz nur unvollständige Planungsregeln. Es wird in [CHL2K] Abschnitt 1.5 darauf hingewiesen, dass es noch offene Themenblöcke gibt. Als Beispiel werden hier BÜ genannt. Trotzdem wurden bestimmte Grundsätze bereits festgelegt und übergangsweise Bestimmungen festgelegt. Die Sicherung muss demnach nachstehende Forderungen berücksichtigen:

- BÜ im Bereich von ETCS L2 müssen vollständig in eStw integriert sein
- Signalisierung der BÜ nach auf den Anwendungsfall abgestimmten, festgesetzten Regeln
- Planung des *Anstosses zum Schliessen der Barrieren* nach Übergangsregelung bis eine generische Regel in Kraft tritt

Eine vollständige Integration von BÜ in eStw wird dem Dokument aus zweierlei Gründen vorgeschrieben:

1. Unter ETCS L2 darf eine MA nur dann erteilt werden, wenn alle Fahrwegelemente den notwendigen Zustand erreicht haben.
2. Es existiert keine absolute Fahrwegbegrenzung. Bei einer autonomen Steuerung von Bahnübergängen ist das eine notwendige Bedingung.

Nummer eins bedeutet, dass die MA erst erteilt werden darf, wenn sowohl der zu befahrende BÜ als auch andere Fahrwegelemente eine Fahrt zulassen. Der BÜ muss demnach den Kreuzungsbereich für den Straßenverkehr sperren. Als anderes Fahrwegelement kann z. B. ein Streckenabschnitt herangezogen werden, dessen Gleisfreimeldung den

Zustand frei detektiert und ausgibt. Ebenso können aber auch im Fahrweg liegende Weichen vorkommen, die in der erforderlichen Lage verschlossen, festgelegt und frei sein müssen.

Nummer zwei bezieht sich auf die Tatsache, dass der relative Bremswegabstand von den Zugcharakteristika abhängt. In die individuelle Berechnung fließen u. a. Bremsgewicht, Bremskraft und Gefälle der Strecke ein. Daraus ergeben sich unterschiedlich Werte für die Länge des Bremswegs, die die Festlegung eines allgemeinen Bremswegs unmöglich machen. Die Zuweisung der MA basiert z. B. auf dem freien Fahrweg und dem Bremsweg des Zuges und geschieht zentral vom RBC. Eine Zuweisung einer MA von autonomen, streckenseitigen Elementen ist aus Gründen der Sicherheitslogik damit ausgeschlossen. Es muss also eine Rückmeldung über den Zustand des BÜ an das Stellwerk erfolgen. Mit dieser Information generiert das RBC eine MA, die dann an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten übertragen werden kann. Das Stellwerk stellt gewissermaßen eine Zwischenstation für die Information über den BÜ auf dem Weg von der Bahnüberganganlage zum RBC dar. Die Bahnüberganganlage kann zwar eine eigene Logik besitzen, diese muss aber über eine Verbindung in die Abhängigkeit zum Stellwerk gebracht werden.

Die BÜ-Signalisierung sieht für ETCS L2 ein Fahrstraßenziel vor und ein Fahrstraßenziel nach dem BÜ vor. Die folgende Abbildung (siehe Abb. 19 nächste Seite) zeigt das Prinzip der Aufstellung.

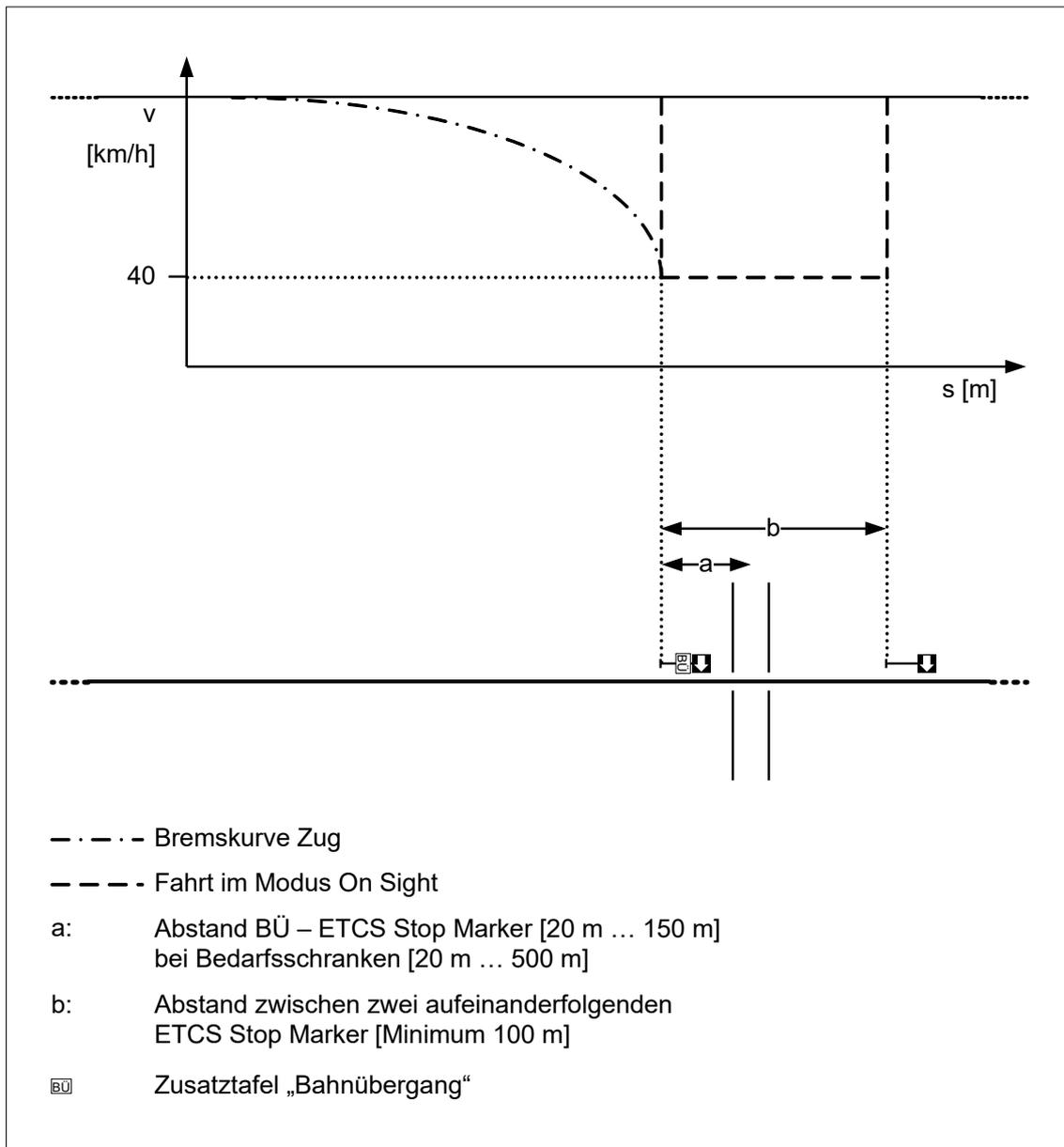


Abb. 19 Signalisierung von BÜ nach [CHL2K]

Das letzte Fahrstraßenziel vor einem BÜ muss ein ETCS-Signal (ETCS Stop Marker) sein. Es ist mit einem Abstand von mindestens 20 m und höchstens 150 m vor dem BÜ zu positionieren. Zur Ankündigung der Absicherung eines oder mehrere BÜ muss eine Zusatztafel „Bahnübergang“ angebracht werden, die angibt wie viele BÜ vor dem nächsten Fahrstraßenziel vorhanden sind.

Das Fahrstraßenziel nach dem BÜ soll möglichst direkt hinter dem BÜ respektive dem letzten BÜ angeordnet werden.

Insgesamt soll laut Begründung der Planungsrichtlinien, die im Störfall auf Sicht zu befahrenden Strecke (Betriebsart OS) möglichst kurz gehalten werden, um die Be-

hinderungen des Betriebs auf ein Mindestmaß zu beschränken. Darum gelten die Beschränkung der Distanz für den ETCS Stop Marker vor dem BÜ auf maximal 150 m und die Empfehlung der Ausnutzung der Minimaldistanz zwischen aufeinanderfolgenden ETCS Stop Markern von 100 m. Die technisch überwachte v_{\max} in der Betriebsart OS beträgt laut [FDV15] Teil R 300.7 Abschnitt 4.2.4 40 km/h.

Die Abstandsregelung „[...] mindestens 20 m [...]“ in [CHL2K] Abschnitt 6.6 wird als Sicherheitsreserve zur Vermeidung von unklaren Situation und Gefährdungen des Straßenverkehrs bezeichnet.

Die ETCS Stop Marker sind für eine Betriebsführung im Störfall ohne reguläre MA unerlässlich. Durch die Zusatztafel „Bahnübergang“ wird dem Lf mitgeteilt, dass der BÜ bei einer eingestellten *Notzugfahrstrasse* als nicht gesichert anzusehen ist.

Für Bedarfsschranken gelten 500 m für den Abstand des ETCS Stop Markers vor dem BÜ, da davon ausgegangen wird, dass sich die Benutzer der potenziellen Gefährdungen bewusst sind.

Das Fehlen einer generischen Regel *Anstoss zum Schliessen der Barrieren* wird dadurch kompensiert, dass nach [CHL2K] Abschnitt 6.6 als Übergangsregelung die Prinzipien der Außensignalisierung verwendet werden sollen. Somit werden vorerst feste Anstoßpunkte geplant und feste Bremswege berücksichtigt. Wie die Realisierung in diesem Punkt zukünftig erfolgt ist mit der Weiterentwicklung der Planungsrichtlinien festzulegen. Im Hinblick auf die Hochrüstung des ETCS L1 LS-Netzes auf ETCS L2 muss hier auch eine praktisch anwendbare Möglichkeit zur Berücksichtigung der BÜ gegeben sein.

3.4 Ungarn – Magyar Államvasutak Zrt.

Bei der Betrachtung der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken in Ungarn gilt es den Ausrüstungsstand besonders zu berücksichtigen. Durch die Kombination der Informationen von [MO04] und [SCH15] lässt sich die Entwicklung nachvollziehen. Mit einer Pilotstrecke Budapest – Hegyeshalom wurde mit dem Jahr 2005 ETCS L1 FS in Ungarn im Netz der Magyar Államvasutak Zrt. (MÁV) eingeführt. Da auch die Österreichischen Bundesbahnen in Verlängerung der genannten Strecke von der ungarischen Grenze bis Wien ETCS L1 FS eingeführt haben, kann der Betrieb auf dieser Linie grenzüberschreiten durchgeführt werden. Im Zuge der Erstausrüstung einer Eisenbahnstrecke mit ETCS wurden in Ungarn auch Lösungen für die Sicherung von BÜ erarbeitet. Es folgten weitere Strecken mit ETCS L1 FS. Ab 2013 erfolgte nach [SCH15] eine Vergabe der Ausrüstung verschiedener ungarischer Strecken mit ETCS L2. Hierbei zeigte sich ebenfalls die Notwendigkeit, vorhandene BÜ zu berücksichtigen. Aufbauend auf den Lösungen und Erkenntnissen in Planung und

Betrieb von ETCS L1 FS wurden dann die Lösungen für die Einbindung unter ETCS L2 entwickelt. Dass dabei die grundlegenden Prinzipien beibehalten werden, wird in den entsprechenden Abschnitten beschrieben. Die unterschiedlichen Möglichkeiten und Notwendigkeiten bei ETCS L1 FS und ETCS L2 wurden dennoch berücksichtigt.

Die Beschreibungen für Ungarn beruhen teilweise auf einem Gespräch mit Herrn Dipl.-Ing. György Sélley. Es handelt sich dabei um Informationen aus Gesprächen seinerseits mit verschiedenen ungarischen Fachleuten, u. a. Herrn Jóvér Balázs vom Technologiezentrum der Generaldirektion für Infrastrukturmanagement. Sofern auf [MO04] oder [SCH15] zurückgegriffen wird, ist das explizit gekennzeichnet.

3.4.1 Grundlegendes zur Bahnübergangssicherung

3.4.1.1 Allgemeines

BÜ werden in Ungarn sowohl technisch als auch nichttechnisch gesichert. Für die vorliegende Arbeit von Interesse sind technisch gesicherte BÜ. Die straßenseitige Signalisierung erfolgt abgestuft, wie auch in Deutschland. In jedem Fall befindet sich für den Straßenverkehr ein Signalschirm mit zwei roten Optiken und einer darunter angeordneten weißen Optik. Der Signalschirm hat die Form eines auf der Spitze stehenden Dreiecks. Sofern die Anlage im Grundzustand ist und sich kein Zug nähert, signalisiert ein weißes Blinklicht die Betriebsbereitschaft der Anlage. Nach dem Anstoß zur Einschaltung wird der Straßenverkehr durch ein Wechselblinken der roten Optiken gewarnt. Zusätzlich können noch Halbschranken installiert werden.

Derzeit bestehen noch BÜ ohne Blinklichter mit Vollschranken, die aber nicht mehr neu errichtet werden dürfen. Sie bleiben im Weiteren unberücksichtigt.

Die Überwachung der technischen Sicherung besitzt bestimmte Besonderheiten, die in Deutschland nicht bekannt sind. Analog der deutschen Vorleuchtzeit wird eine Zeitspanne überwacht. In dieser Zeitspanne muss das Wechselblinken nach dem Einschalten mindestens andauern. Zusätzlich dazu wird die Stellung der Schranken ausgewertet und der Schrankenbaum auf Vollständigkeit hin überwacht. Diese Überwachung nutzt den Stromkreis der im Schrankenbaum verbauten roten Lichter. Wird der Stromkreis unterbrochen, geht die Anlage in den Stöorzustand.

Bei der technischen Sicherung wird in leichte und schwerwiegende Beeinträchtigungen unterschieden. Eine leichte Beeinträchtigung entspricht nach deutschem Verständnis einem Fehler der technischen Sicherung, da die Anlage zwar nicht einwandfrei funktioniert, der BÜ aber dennoch gesichert werden kann. Ein solcher Fall tritt ein, wenn z. B. eine der zwei roten Lampen ausfällt und das Wechselblinken nicht korrekt angezeigt werden kann oder wenn z. B. eine Schranke beim Schließvorgang nur einen Winkel von

12,5° erreicht. Kann die Anlage den BÜ nicht sichern, liegt eine schwerwiegende Beeinträchtigung vor. Sie ist gemäß deutschem Verständnis dann gestört. Im Falle eines Fehlers darf der BÜ mit maximal 120 km/h befahren werden, bei einer Störung jedoch nur mit 15 km/h.

Für die weitere Betrachtung der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken der MÁV muss die Unterscheidung der BÜ berücksichtigt werden. Es wird für die ETCS-Anwendung unterschieden in:

- BÜ auf der Strecke
- BÜ in der Nähe eines Bahnhofs („hauptsignalüberwacht“)
- BÜ im Bahnhof („hauptsignalabhängig“)

Die BÜ werden nachfolgend der Einteilung entsprechend kurz beschrieben. Es ist dabei zu beachten, dass diese Einteilung vor dem Hintergrund der ETCS-Ausrüstung erfolgt. Besonders klar wird das im Fall der BÜ in Bahnhofsnähe.

3.4.1.2 Bahnübergänge auf der Strecke

Die Anlage zur technischen BÜ-Sicherung steht nicht in Abhängigkeit zu weiterer Sicherungstechnik der Strecke. Der BÜ kann von einem Hsig gedeckt werden, dass nur zu diesem Zweck 30 m vor dem BÜ aufgestellt wird. Daneben gibt es noch weitere Möglichkeiten, die dem Verfasser aber nicht bekannt sind. Sie bleiben deshalb unberücksichtigt. Die Einschaltung der Sicherung erfolgt fahrzeugbewirkt über separate Einschaltkontakte.

3.4.1.3 Bahnübergänge in Bahnhofsnähe

BÜ, die in Bahnhofsnähe liegen werden als „hauptsignalüberwacht“ bezeichnet. Sie sind nicht mit BÜ der Überwachungsart Hp nach [MA13] gleichzusetzen. Sofern der BÜ gestört, ist läuft die Fstr ein und wird verschlossen, das deckende Asig kann aber nicht auf Fahrt gestellt werden. Es liegt also eine gesicherte Fstr vor, die Zustimmung zur Fahrt muss aber mittels Ersatzsignal⁶ oder Befehl erfolgen. BÜ dieser Kategorie sind eigentlich Strecken-BÜ, ihre Einschaltung liegt aber im Bereich des Bahnhofs. Gemäß Herrn Dipl.-Ing. György Sélley besteht hier eine Ähnlichkeit zu Hp/ÜS-Anlagen im Streckennetz der DB AG.

6 Eine Unterscheidung nach [DB301] in Zs 1 und Zs 7 wie in Deutschland wird nicht vorgenommen.

3.4.1.4 Bahnübergänge im Bahnhof

Befindet sich ein BÜ zwischen den Einfahrsignalen (Esig) eines Bahnhofs, so wird er als „hauptsignalabhängig“ bezeichnet. In diesem Fall kann der Vergleich mit einem deutschen BÜ der Überwachungsart Hp gezogen werden. Ist der BÜ nicht ordnungsgemäß gesichert, läuft die Fstr nicht vollständig ein.

3.4.2 Bahnübergänge auf ETCS L1 FS-Strecken

3.4.2.1 Grundsätzliches Vorgehen zur Einbindung von Bahnübergängen

Wie zu Beginn in Abschnitt 3.4 beschrieben, wurde die Einbindung von BÜ zuerst für ETCS L1 FS-Strecken entwickelt. Das soll im Folgenden für die drei verschiedenen Arten von BÜ genauer betrachtet werden. Allen gemeinsam ist jedoch die Einbindung mittels TSR. Damit erfolgt die Einbindung von BÜ der MÁV in Ungarn gemäß der Vorgehensweise in Abschnitt 2.3.2. Es werden die nachfolgend genannten drei Zustände unterschieden:

1. „gesichert und v_{\max} “
2. „gesichert und keine v_{\max} “
3. „ nicht gesichert“

Bei Zustand 1 ist der BÜ ordnungsgemäß gesichert und kann ohne Einschränkungen befahren werden. Tritt jedoch ein Fehler auf, so ist Zustand 2 erreicht. Dann ist z. B. eine der beiden roten Lampen ausgefallen oder ein Schrankenbaum hat lediglich einen Winkel von $12,5^\circ$ erreicht (siehe Abschnitt 3.4.1). Der BÜ darf dann noch mit einer Geschwindigkeit von maximal 120 km/h befahren werden. Zur technischen Überwachung dessen wird eine TSR übertragen. Tritt jedoch Zustand 3 ein, so ist der BÜ gestört und darf mit maximal 15 km/h passiert werden. Die technische Überwachung der betrieblichen Vorgabe erfolgt ebenso mit einer TSR.

Angaben über eine eventuelle Anzeige des Zustands des BÜ liegen dem Verfasser nicht vor.

3.4.2.2 Bahnübergänge auf der Strecke

BÜ auf der Strecke besitzen, wie bereits beschrieben, ein ÜS. Die LEU greift das Signalbild ab und gibt über die angeschlossene Balise ein dazu passendes Telegramm aus. Ist der BÜ im Zustand 3 „nicht gesichert“, wird Paket 65 TSR übertragen.

Stellt man die Situation in einer Skizze dar, ergibt sich folgendes Bild:

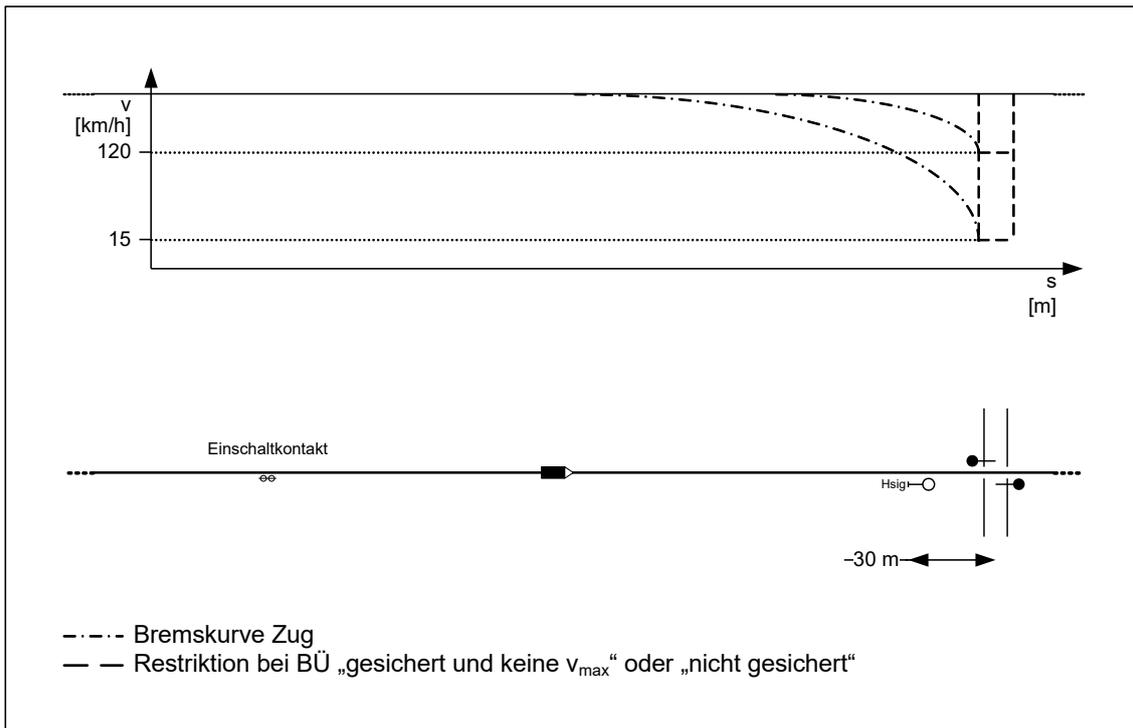


Abb. 20 MÁV ETCS L1 FS – Einbindung eines BÜ auf der Strecke

Die Balise respektive BG zur Übertragung der Restriktion muss aus Sicht des Verfassers in ausreichendem Abstand verlegt werden, damit der Zug rechtzeitig abgebremst werden kann. Eine Verlegung am ÜS kurz vor dem BÜ wäre nicht möglich, da dann kein ausreichender Bremsweg vorhanden wäre.

Für Zustand 1 „gesichert und v_{max} “, also bei ordnungsgemäß arbeitender technischer Sicherung, wird keine Restriktion übertragen.

Die Werte für die einzelnen Variablen werden, soweit bekannt, in der nachfolgenden Tabelle gezeigt.

Tab. 15 Werte für Variablen des Pakets 65 TSR bei Strecken-BÜ in Anlehnung an [SUB26]

Variable	Wert	Einheit	Kommentar
NID_Packet	65	–	Nummer des Pakets
Q_DIR	–	–	Richtung, in die die Information gilt
L_PACKET	71	bit	Länge des Pakets
Q_SCALE	–	–	Auflösung der Distanzmessung
NID_TSR	–	–	Identifikationsnummer der TSR
D_TSR	–	–	Distanz bis zum Beginn der TSR
L_TSR	8 [14]	M	Länge der TSR
Q_FRONT	1	–	TSR auf Spitze des Zugs bezogen
V_TSR	15	km/h	Höchstgeschwindigkeit die TSR erlaubt

Bei allen mit einem Strich (–) gekennzeichneten Felder kann keine verbindliche Aussage getätigt werden. Für die Identifikationsnummer NID_TSR zur Absicherung von BÜ gibt es in Ungarn, anders als etwa in der Schweiz (siehe Abschnitt 3.3.3.2), keinen speziellen Wertebereich. Bei der Planung wird der Wert für D_TSR individuell in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten bestimmt. Die Werte für L_TSR in obenstehender Tabelle bezeichnen das Minimum und in [] das Maximum.

Sofern der BÜ den Zustand 2 „gesichert und keine v_{\max} “ erreicht, wird für denselben BÜ ebenfalls Paket 65 TSR übertragen, der einzige Unterschied ist dann, dass für V_TSR der Wert auf 120 km/h festgesetzt ist.

3.4.2.3 Bahnübergänge in Bahnhofsnähe

Für BÜ dieser Kategorie kann bezüglich ETCS L1 FS mangels eindeutiger Angaben keine Beschreibung erfolgen. Es kann lediglich vermutet werden, dass die Einbindung analog zu BÜ auf der Strecke mit bestimmten Anpassungen erfolgt. Das betrifft v. a. die Verlegung der BG zur Übertragung der TSR für einen vom Bahnhof auf den BÜ zufahrenden Zug. In Abschnitt 3.4.3.3 wird für diesen Fall bei ETCS L2 gezeigt, dass hier keine Balisen im Weichenbereich verlegt werden sollten. Deshalb wird die TSR vom RBC über das Global System for Mobile Communications (GSM-R) an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten übertragen. Bei ETCS L1 FS kann aus Sicht des Verfassers, sofern Balisen im Weichenbereich vermieden werden sollen, eine Verschiebung aus dem Weichenbereich in die Bahnhofsgleise vorgenommen werden. Damit nimmt die

Distanz der BG zum BÜ zu und die Schließzeit verlängert sich. Eine Übertragung der TSR vom RBC wie bei ETCS L2 (siehe Abschnitt 3.4.3.3) kann wegen der Gegebenheiten bei ETCS L1 FS nicht angenommen werden. Das grundsätzliche Prinzip der Einbindung des BÜ unter Verwendung einer TSR bleibt bestehen.

3.4.2.4 Bahnübergänge im Bahnhof

[MO04] Abschnitt 4 geht nur indirekt auf die Einbindung von BÜ auf ETCS L1 FS-Strecken ein. Die Verwendung der TSR mit 15 km/h oder 120 km/h wird nicht beschrieben, wenngleich das der Fall ist (siehe Abschnitt 3.4.2). Es kann unter zu Hilfenahme der Abbildung von [MO04] jedoch die Positionierung der BG zur Übertragung der TSR dargestellt werden. Für die Einfahrt ergibt sich dann die Situation, wie in Abb. 21 dargestellt.

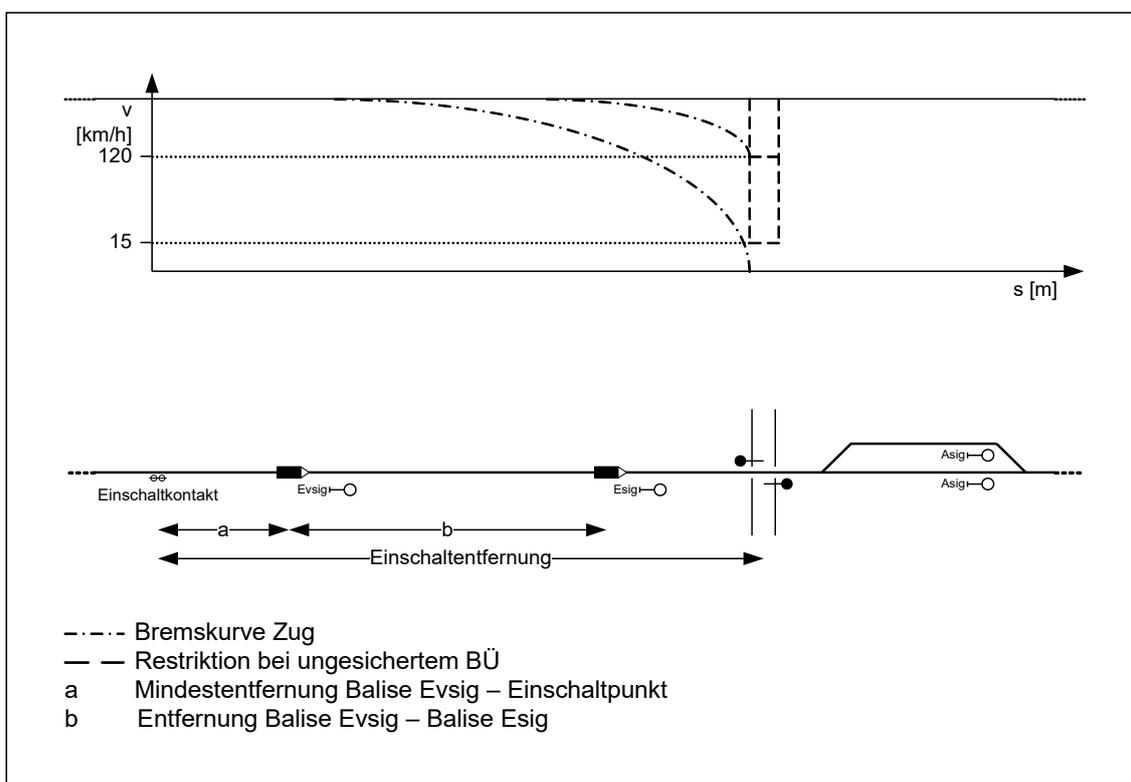


Abb. 21 MÁV ETCS L1 FS – Einbindung eines BÜ im Bahnhof Teil 1 nach [MO04]

Dabei muss laut [MO04] gewährleistet sein, dass die Reaktionszeit des Stellwerks und der LEU im Falle der nicht ordnungsgemäßen Sicherung des BÜ verstrichen ist, bevor der Zug die Balise am Vorsignal überfährt. Dort wird die Information über den Zustand des BÜ, d. h. die gegebenenfalls notwendige TSR, an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten übertragen. Die Überwachung des BÜ erfolgt mit dem Esig des Bahnhofs.

Für die Streckenausrüstung von Alcatel Austria wird in [MO04] angegeben, dass die Reaktionszeit von Stellwerk und LEU insgesamt bei 10 s liegt. Zusammen mit der für die Beispielstrecke angegebenen Geschwindigkeit von 120 km/h ergeben sich 333 m. Diese Wegstrecke muss mindestens zwischen dem Einschaltkontakt und dem Einfahrsvorsignal vorhanden sein (siehe Abbildung Abb. 21, Bemaßung a).

In [MO04] wird erwähnt, dass es möglich sein muss einen Zug im Falle des Versagens der technischen Sicherung noch vor dem BÜ zum Stehen zu bringen. Aus diesem Grund kann eine Verschiebung der BG und des Einschaltkontakts in Richtung freie Strecke nötig sein kann. Das ist aber im Einzelfall abzustimmen und die BG liegt dann nicht direkt am Einfahrsvorsignal.

Für die Gegenrichtung, also die Ausfahrt, wird die Situation folgendermaßen dargestellt.

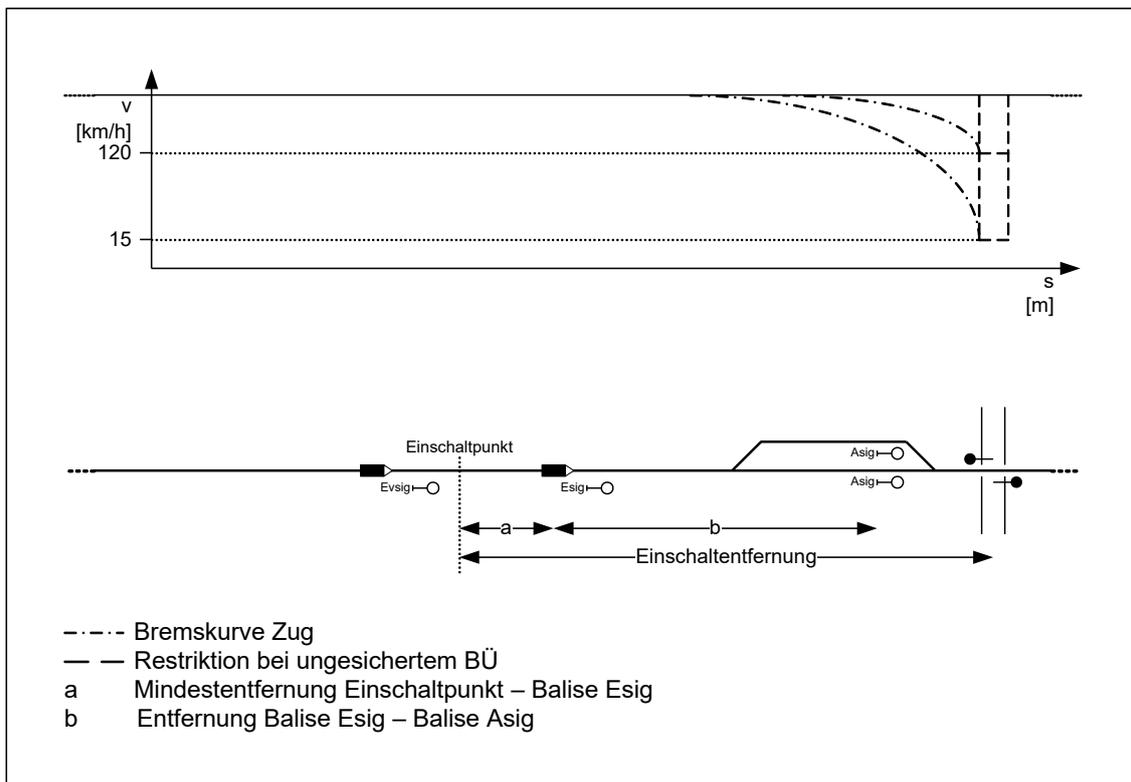


Abb. 22 MÁV ETCS L1 FS – Einbindung eines BÜ im Bahnhof Teil 2 nach [MO04]

Die zuletzt für die Efstr genannte Problematik tritt hier nicht auf. Die Einschaltung des BÜ erfolgt über die Belegung des letzten Gfm-Abschnitts vor dem Esig. Die Darstellung in [MO04] gibt jedoch einen Einschaltpunkt an. Er kann als Beginn des Gfm-Abschnitts gedeutet werden. Außerdem wird als Ausnahme der Bahnhof Pankasz beschrieben. Dort ist zwischen Esig und Asig nicht ausreichend Platz vorhanden, um einen Zug bis zum Stillstand abzubremesen. Aus diesem Grund wird eine separate Infill-

balise zwischen Einschaltpunkt und BG des Esig verlegt. Eine Nutzung der BG am Vsig zur Informationsübertragung in Bezug auf den Sicherungszustand des BÜ wurde verworfen. Ein solches Vorgehen hätte wegen der notwendigen Verschiebung des Einschaltpunktes die Schließzeit verlängert.

Als eine von vier Besonderheiten im Rahmen der Einführung von ETCS L1 FS bei der MÁV wird eine Forderung der Verkehrsbehörde beschrieben. [MO04] gibt an, dass einem Zug in der Annäherung mitgeteilt werden können muss, dass der BÜ beim Schließvorgang defekt wurde. Als Kriterium für den gestörten Zustand gilt, dass die Schranke innerhalb von 16 s nicht mindestens den Winkel von 12,5° erreicht hat (siehe auch Abschnitt 3.4.1). Hier wird als Lösung wiederum eine entsprechende Balisenposition zur Informationsübertragung angeführt. Dabei kann sowohl eine Stillstandsbremung und als auch ein Abbremsen auf 15 km/h (TSR) angewendet werden. Eine genauere Beschreibung wird nicht vorgenommen, lediglich eine Verlängerung der Schließzeiten als Konsequenz angegeben.

3.4.3 Bahnübergänge auf ETCS L2-Strecken

3.4.3.1 Allgemeines

Zu Beginn wurde in Abschnitt 3.4 bereits beschrieben, dass die Vorgehensweise für die Einbindung von BÜ auf ETCS L1 FS-Strecken auf ETCS L2-Strecken übernommen wurde. Es werden deshalb soweit möglich nur die Unterschiede zu ETCS L1 FS dargestellt.

3.4.3.2 Bahnübergänge auf der Strecke

Die in Abschnitt 3.4.2.1 beschriebene ungarische Methode der Einbindung von Bahnübergängen mittels TSR und Balisen zur Übertragung wird auch auf ETCS L2-Strecken angewendet. Es gibt hier keine Unterschiede, da auch die Übertragung mit Balisen, angesteuert durch eine LEU, beibehalten wird.

3.4.3.3 Bahnübergänge in Bahnhofsnähe

Wegen der Nähe zu einem Bahnhof müssten die Balisen für die Einbindung des BÜ in dieser Konstellation im Weichenbereich verlegt werden. Aus diesem Grund ist für die Annäherung an den BÜ aus Richtung des Bahnhofs die Übertragung von Restriktionen vom RBC an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten über GSM-R gewählt worden. Lediglich für die Annäherung von der Strecke wird die Übertragung über Balisen beibehalten und Meldungen über eine eventuelle TSR von der LEU abhängig vom Signalbild geschaltet. Zur Veranschaulichung wird die Situation in der folgenden Abbildung (siehe nächste Seite) für beide Fahrrichtungen dargestellt.

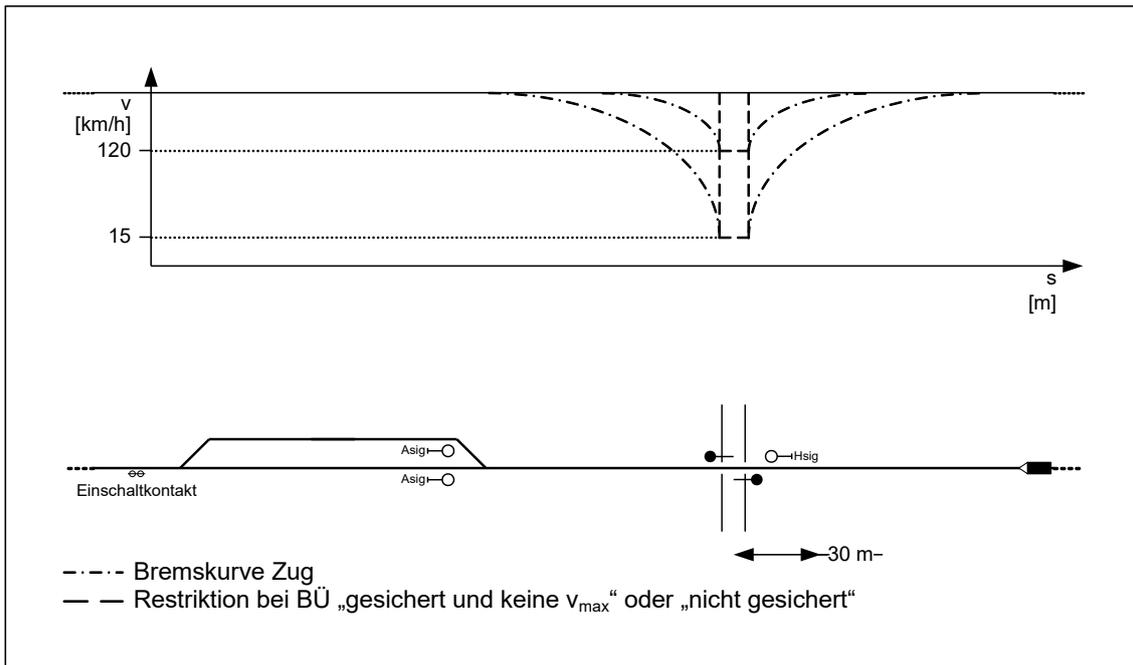


Abb. 23 MÁV ETCS L2 – Einbindung eines BÜ in Bahnhofsnahe in beiden Fahrrichtungen

Für eine Fahrt aus dem Bahnhof heraus gibt das RBC nach der Fahrstraßeneinstellung unabhängig vom Sicherungszustand eine TSR für den Zustand 3 „nicht gesichert“ aus. Sie wird analog zu Tab. 15 gleichzeitig mit der Übertragung einer MA, die über den BÜ hinweg reicht, übertragen. Im Regelfall erfolgt das in der Betriebsart FS, im Falle eines Ersatzsignals hingegen in der Betriebsart OS. Erreicht der BÜ den Zustand 2 „gesichert und keine v_{max} “ wird die TSR mit $v = 15$ km/h durch eine TSR mit $v = 120$ km/h ersetzt. Die Übertragung der Restriktion erfolgt für die Zustände 2 und 3 mit Paket 65 TSR.

Erreicht der BÜ den Zustand 1 „gesichert und v_{max} “ so kann die TSR zurückgenommen werden. Der Wegfall der TSR kann entweder mit Paket 66 TSRR übertragen werden oder mit einer neuen TSR, für die $v = 500$ km/h gilt, vom RBC überschrieben werden.

3.4.3.4 Bahnübergänge im Bahnhof

Befindet sich ein BÜ zwischen den Esig eines Bahnhofs, so werden sämtliche Meldungen in Bezug auf den Sicherungszustand vom RBC über GSM-R an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten übertragen. Für den Zustand „nicht gesichert“ handelt es sich, wie bereits für ETCS L1 FS in Abschnitt 3.2.3 beschrieben, um eine TSR mit $v = 15$ km/h und für den Zustand „gesichert und keine v_{max} “ um eine TSR mit $v = 120$ km/h. Die Rücknahme einer TSR erfolgt ebenfalls durch das RBC.

3.5 Dänemark – Banedanmark

Das staatliche dänische Eisenbahnnetz wird von Banedanmark betrieben. Bis zum Jahre 2021 wird nach [BDS21] das gesamte Netz auf ETCS umgerüstet und sämtliche Sicherungstechnik erneuert. Die Entscheidung dazu fiel nach einer Untersuchung über die wirtschaftlichste Umstellung der Technik in Dänemark. Es wurde festgestellt, dass die komplette Erneuerung sämtlicher Teile ohne Berücksichtigung des Alters insgesamt wirtschaftlicher ist als die, im Eisenbahnbereich häufig angewandte, schrittweise Migration.

Neben der Erneuerung der Technik werden u. a. auch eine Verbesserung der Pünktlichkeit, Leistungsfähigkeit oder die Reduzierung von Reisezeiten durch den netzweiten Einsatz von ETCS L2 ohne Signale angestrebt. Die Vergabe der Aufträge zur Ausrüstung erfolgte in den drei Teilen Dänemark West, Dänemark Ost und der Kopenhagener S-Bahn. Für letztere wird ein Communication Based Train Control-System (CBTC-System) eingeführt. Die Vergabe der Aufträge erfolgte an verschiedene Firmen, d. h. die Ausrüstung und Prinzipien im Teil West können sich von jenen im Teil Ost unterscheiden.

Die Informationen zur Situation in Dänemark entstammen einem Gespräch mit Herrn Dipl.-Ing. Klaus Koop, Projektleiter der ICS AG. Er zeichnete zunächst als Systemarchitekt verantwortlich für die Spezifikation der BÜ-Anforderungen. Neben den Anforderungen der BÜ-Technik selber umfasst das auch die Einbindung der BÜ in die weitere Leit- und Sicherungstechnik (LST). Mittlerweile ist er zuständig für die Spezifizierung bzw. die Prüfung bestehender Spezifikationen und Testfälle für Stellwerke im Rahmen des Auftrags für DK West (Jütland); Ausrüster ist hier Thales.

3.5.1 Grundlegendes zur Bahnübergangssicherung

Im dänischen Streckennetz werden im Regelfall bis zu 120 km/h gefahren; in Ausnahmefällen 180 km/h. Generell wird auf der Schnellfahrstrecke von Flensburg Richtung Schweden versucht, die höhengleiche Kreuzung mit Straßen zu vermeiden. Im Abschnitt zwischen Fehmarn und Ringsted ist nach [BDR15] eine v_{\max} von 200 km/h, im weiteren Verlauf bis København nach [BDC15] von bis zu 250 km/h vorgesehen.

Sind BÜ vorhanden, so wird generell eine technische Sicherung vorgenommen, sowohl für Kreuzungen mit Straßen, als auch für Reisenden- und Mitarbeiterübergänge. Diese unterscheiden sich aber in der Art und Weise der Sicherung. Nicht technisch gesichert werden sogenannte Private Crossings. Das sind Übergänge, die nur durch einzelne Personen genutzt werden, z. B. als Zufahrten für Bauern zu ihrem Feld. In diesem Fall muss vor dem Überqueren der zuständige Fdl telefonisch informiert werden. Er gibt

dann die Überquerung frei. Das Augenmerk liegt im Weiteren auf der Beschreibung der Einbindung von BÜ für Straßen. Die Sicherung von Reisendenübergängen (RÜ) wird nur kurz beschrieben.

Die straßenseitige Signalisierung eines BÜ besteht aus mindestens zwei Blinklichtern je Richtung und Schranken. Das können sowohl Halbschranken als auch ein Vollabschluss mit induktiver Gefahrraumfreimeldung sein. Die Situation ist also mit deutschen Verhältnissen vergleichbar. Bisher werden auch hier Signale zur Deckung verwendet, teilweise analog zum deutschen ÜS, teilweise auch Hp, zukünftig dagegen werden diese verschwinden. Beim Einsatz von ETCS sind sie nicht mehr vorgesehen.

Die Anlagen zur technischen Sicherung arbeiten momentan teilweise autonom, teilweise mit Einbindung in ein Stellwerk (Stw). Nach der Einführung von ETCS wird das in den Teilen Ost und West unterschiedlich sein, da sie im Westen dann nicht mehr autonom sind.

Besondere Aufmerksamkeit verdient die Bedienung des BÜ an einer lokalen Bedieneinheit, nach deutschem Verständnis eine HET. Sie wird in Dänemark neu als *Local Activation Unit* (LAU) bezeichnet und bietet die nachstehenden Funktionalitäten.

- manuelle, gleisweise Einschaltung des BÜ über einen Einschalter je Gleis
- Öffnung des BÜ ohne Berücksichtigung weiterer Bedingungen
- vollständige Ausschaltung der technischen Sicherung
- teilweise Ausschaltung, d. h. isoliertes Deaktivieren der Schranken
- permanente Schaltung zweier Zustände
 - aktiviert
 - deaktiviert

Für den Einsatz von ETCS wird die gesamte Technik zur Sicherung des BÜ ausgetauscht, die straßenseitige Signalisierung und die lokale Bedieneinheit bleiben weiterhin bestehen.

3.5.2 Bahnübergänge auf ETCS L2-Strecken

BÜ werden in Dänemark grundsätzlich technisch gesichert. Mit dem Einsatz von ETCS L2 arbeiten diese im Teil West nicht mehr autonom, sondern stehen in Abhängigkeit zu einem Stw. Vom BÜ können die folgenden zwei Zustände an das Stw gemeldet werden.

- BÜ gesichert
- BÜ nicht gesichert

Bei der Beschreibung der Maßnahmen zur Intervention bei nicht gesichertem BÜ spielt der prinzipielle Ablauf der regulären BÜ-Sicherung unter ETCS L2 eine Rolle. Zum besseren Verständnis ist in der nachfolgenden Abbildung der prinzipielle Ablauf dargestellt.

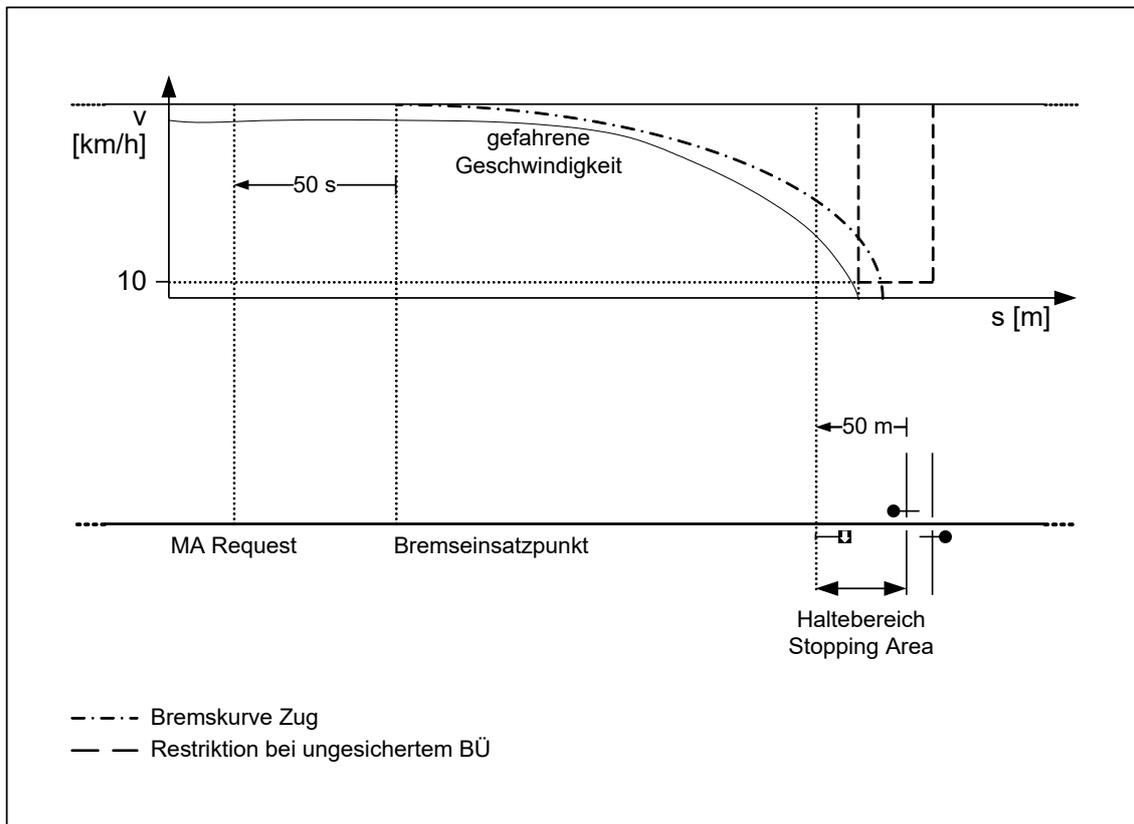


Abb. 24 Einbindung von BÜ auf ETCS L2-Strecken in Dänemark West

Die Einschaltung erfolgt im Regelfall ohne Komponenten im Gleis wie z. B. Schienenkontakte oder ähnliches. Stattdessen werden folgende Kriterien herangezogen:

1. Fstr über den BÜ besteht
2. Bestimmung der voraussichtlichen Ankunft am BÜ aus dem Fahrplan durch das dispositiven System/die Zuglenkung
3. MA Request 50 s vor Beginn der Bremskurve

Daraus wird durch die Zuglenkung ein Einschaltauftrag generiert, der die Sicherung anstößt. Es handelt sich also um eine dynamisch optimierte Einschaltung.

Bei der Übertragung der MA wird, unabhängig vom Zustand des BÜ gleichzeitig Paket 88 LXI übertragen. Die Festlegung einzelner Variablen werden – soweit bekannt – in der folgenden Tabelle (siehe nächste Seite) dargestellt.

Tab. 16 Werte für die Variablen des Pakets 88 LXI in Dänemark

Variable	Beschreibung
NID_LX	kein Wert bekannt
D_LX	kein Wert bekannt
L_LX	kein Wert bekannt
Q_LXSTATUS	1 (<i>LX is not protected</i> , BÜ nicht gesichert)
V_LX	Geschwindigkeit von 10 km/h beim Befahren des ungesicherten BÜ
Q_STOPLX	1 (Halt vor dem ungesicherten BÜ)
L_STOPLX	vom BÜ bis 50 m vor dem BÜ

Damit wird der Zug bei Ausfall der technischen Sicherung oder dem Ausfall der Funkverbindung in jedem Fall vor dem BÜ zum Stillstand gebracht. Das folgte dem Fail-Safe-Prinzip, also einem Ausfall zur sicheren Seite hin.

Der Halt vor dem BÜ hat einerseits den Zweck, dass der Tf kontrollieren kann, ob der BÜ gesichert ist, andererseits ist eine Bedienung der LAU vorgesehen. In der bisherigen Konfiguration stehen direkt am BÜ Signale, an denen der Zug zum Stehen kommt. Sie werden wegen des langen Bremswegs über zugehörige Vsig angekündigt. Es kann anschließend die LAU bedient und der BÜ entsprechend der Vorschriften für den Störfall passiert werden. Ist der Halt erfolgt wird zukünftig das Befahren des BÜ mit $v_{\max} = 10$ km/h durch ETCS überwacht. Nach dem BÜ kann wieder auf die zulässige Geschwindigkeit der MA beschleunigt werden. Das Vorgehen entspricht somit der Prozedur aus Abschnitt 2.2.2.2.

Mit der räumlichen Ausdehnung des Haltebereichs vor dem BÜ korrespondiert die Forderung, dass 50 m vor dem BÜ eine Fstr beginnen muss.

Sofern keine Störung vorliegt, der BÜ also ordnungsgemäß gesichert ist, werden die Restriktionen zurückgenommen. Hierfür kann mit Paket 88 LXI der Zustand BÜ gesichert (*LX protected*) übertragen werden.

In bestimmten Fällen kann aber ein abweichendes Vorgehen notwendig werden. Zum einen ist das der Fall, wenn in örtlicher Nähe zum BÜ ein Verkehrs- oder Betriebshalt des Zuges notwendig ist. Die beschriebene Einschaltung wird dann nicht vorgenommen, um unnötig lange Schließzeiten des BÜ zu vermeiden. Andererseits kann bei Ausfall des dispositiven Systems das beschriebene Verfahren nicht genutzt werden, der Zugverkehr wird dann in der bisher üblichen Weise mit Fdl, die die Weichen stellen, abgewickelt. Die Einschaltung erfolgt in der Rückfallebene über die Gleisfreimeldung (Gfm).

Die Kriterien dazu lauten:

1. Fstr über den BÜ besteht
2. bestimmter Gfm-Abschnitt vor dem BÜ wechselt im Zustand von frei auf belegt

Der Gfm-Abschnitt vor dem BÜ ist in der Projektierung bestimmt worden und löst die technische Sicherung des BÜ mit einer festgelegten Verzögerung aus. Wird die Fstr über den BÜ jedoch erst eingestellt, wenn der maßgebliche Gfm-Abschnitt bereits belegt ist, so erfolgt die technische Sicherung des BÜ unverzüglich, d. h. ohne die projektierte Verzögerung.

Zudem existieren noch Sonderfälle wie BÜ-BÜ-Ketten, bei denen an das Stw die Meldung BÜ gesichert erst übertragen wird, wenn alle BÜ einer Kette den Zustand gesichert erreicht haben. Ist nur ein BÜ nicht gesichert, so wird als Zustand *BÜ nicht gesichert* für alle BÜ übertragen. Hintergrund ist, dass nicht je BÜ eine neue MA übertragen werden soll.

Bereits genannt wurde, dass es technisch gesicherte BÜ für Reisende und Mitarbeiter gibt. Bei den Reisendenübergängen erfolgt die Sicherung in zwei wesentlichen Punkten unterschiedlich:

1. Verwendung des Pakets 65 TSR
2. Überprüfung der Einschaltbereitschaft anstelle der Sicherung

Zusätzlich zur TSR wird eine Textmeldung übertragen, die über den Zustand BÜ nicht gesichert informiert. Die TSR begrenzt die zulässige Geschwindigkeit auf 40 km/h. Zudem weichen RÜ wegen der Sicherung mit einer Akustik und einer Optik auf beiden Seiten des Gleises und dem Fehlen einer LAU ab. Angesichts der Unterschiede zwischen RÜ und einem BÜ bei der Kreuzung mit einer Straße ist dies zu erwarten. Die Einschaltung erfolgt aufgrund einer Fstr über den RÜ, eine Gleisbelegungsinformation und eventuell einer definierten Verzögerungszeit.

Die TSR ist nicht explizit für eine BÜ-Einbindung ausgelegt, wird aber in manchen Ländern, wie beschrieben, dazu verwendet. Die Überprüfung der Einschaltbereitschaft kann als unsicherer betrachtet werden, da im Falle einer Störung unter Umständen der Zug den Reisendübergang mit nicht verminderter Geschwindigkeit befährt. Das ist der Fall, wenn folgender Ablauf eintritt:

1. Übertragung TSR
2. Anlage meldet Einschaltbereitschaft
3. TSR wird zurückgenommen
4. Anlage geht in den Zustand BÜ gestört über

Dann erhalten die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten keine Information darüber, dass eine Störung an der Anlage zur technischen Sicherung vorliegt.

Die Sicherung von Mitarbeiterübergängen wird in der vorliegenden Arbeit nicht betrachtet.

4 Vergleich der unterschiedlichen Lösungen

4.1 Vorgehen

Bei der Vorstellung der verschiedenen Varianten der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken hat sich gezeigt, dass in den einzelnen Ländern abweichende Umsetzungen existieren. Trotz der gleichen Grundlage, der SRS, sind durch Ausnutzung der Spielräume Unterschiede von Land zu Land vorhanden. Sie beruhen auf den Unterschieden in den zu Grunde liegenden Regelwerken respektive betrieblichen Besonderheiten. In diesem Kapitel soll eine Kategorisierung und Gegenüberstellung vorgenommen werden, die einen Überblick über die vorgestellten Varianten erleichtert. Als Orientierungshilfe dient die Einteilung nach Abschnitt 8.3 in [MA13].

4.2 Sicherungsarten

Eine Einteilung der BÜ nach der straßenseitigen Signalisierung des BÜ und der Abspernung des Gefahrenraums erscheint aus Sicht des Verfassers nicht sinnvoll. Zum einen ist das der Gesetzgebung des jeweiligen Staates unterworfen und in der Regel nicht ETCS-spezifisch. Es ist aber denkbar, dass im Zuge einer Umstellung der ZB auf ETCS eine Veränderung an der BÜ-Sicherung vorgenommen wird. Zum anderen werden bei der DB AG und bei der MÁV lediglich die vorhandenen BÜ mit einer neuen ZB ausgerüstet. Damit besteht eine Trennung in der Projektierung zwischen regulärer BÜ-Planung und der anschließenden ETCS-Ausrüstung.

Für die Schweiz wird im Zuge der Streckenausrüstung mit ETCS L1 LS lediglich die ZB auf ETCS umgestellt und entsprechende Telegramminhalte übertragen. Erst mit der Einführung von ETCS L2 KGB wird eine grundlegende Veränderung erfolgen. Bis auf die Tatsache, dass BÜ dann vollständig in eStw integriert werden müssen, sind aber noch keine Details zum späteren Vorgehen erarbeitet bzw. bekannt. Hier gilt eine Übergangsregelung, die besagt, dass die Einschaltpunkte gemäß der bisherigen Planungsregeln zu erfolgen hat.

Auch in Dänemark bleibt die Sicherung für den Straßenverkehr gleich. Ausgetauscht wird das Innere, die Technik der BÜSA. Sie ist für den Straßenverkehrsteilnehmer nicht direkt von Bedeutung. Nur indirekt kann über das Verhalten der Steuerung ein Bezug zum Straßenverkehr hergestellt werden. Die Vorgänge der Sicherung werden dabei nicht verändert, es wird lediglich eine optimierte Einschaltung mit der Einführung von ETCS L2 vorgenommen.

4.3 Einschaltarten

Bei der Vorstellung der Einbindung von BÜ im Abschnitt 3 wurde nur bedingt Bezug genommen auf die Einschaltart. Nach [MA13] Abschnitt 8.3.2 existieren folgende Arten:

- bedienerbewirkt
- fahrstraßenbewirkt
- fahrzeugbewirkt

Außer unter besonderen Umständen wird die bedienerbewirkte Einschaltung einer BÜSA nicht verwendet. Diese ist für eine behinderungsfreie Fahrt nicht zweckdienlich und wird entweder als hilfswise Sicherung (vgl. HET/Automatik-HET im Abschnitt 3.2, LAU im Abschnitt 3.5) oder bei Rangierfahrten angewandt. Die fahrstraßenbewirkte Einschaltung ist im Zusammenhang mit der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken der gezeigten Beispiele nicht relevant. Vereinzelt wurde für die vorliegende Arbeit die Annahme getroffen, dass die fahrzeugbewirkte Einschaltung als reguläre Einschaltung verwendet wird. Die fahrzeugbewirkte Einschaltung kann auf verschiedene Arten realisiert werden und ist als Sammelbegriff zu verstehen. Es lässt sich für die betrachteten Fälle demnach Tab. 17 (siehe nächste Seite) bilden.

Tab. 17 Einschaltart nach ETCS-Level und Land

Land	Fall	ETCS-Level		
		L1 LS	L1 FS	L2
Deutschland	ÜS	fahrzeugbewirkt	–	fahrzeugbewirkt
	Fü	–	–	fahrzeugbewirkt
Schweiz	ÜS	fahrzeugbewirkt	–	?
	Fü	fahrzeugbewirkt	–	?
	Hp	?	–	?
	Hp _{Fstr}	?	–	?
Ungarn	Strecke	–	fahrzeugbewirkt	fahrzeugbewirkt
	Nähe Bahnhof		?	?
	Bahnhof	–	bedienerbewirkt	bedienerbewirkt
Dänemark	BÜ	–	–	dynamisch optimiert
	RÜ	–	–	Fstr/Gfm

Legende:

- kommt nicht vor
- ? keine verbindliche Aussage möglich
- Hp_{Fstr} *Fahrstrassen-abhängiges Hauptsignal*
- Fstr/Gfm Einschaltung wenn eine Fstr über den RÜ besteht und die Gfm eine Belegmeldung ausgibt

Der aus mehreren Kriterien gebildete Einschaltanstoß in Dänemark beruht auf einer Fstr über den BÜ, dem Fahrplan und Daten aus dem operativen System. Er kann also weder als fahrzeugbewirkt, noch als fahrstraßenbewirkt angesehen werden. Es handelt sich, wegen der Optimierung mit mehreren Kriterien, um eine eigenständige Kategorie. Sie wird mit ETCS L2 in Dänemark eingeführt und nutzt die Möglichkeiten der neuen ZB und einer zentralisierten Betriebsführung aus. Als neue Benennung dieser Einschaltart wird vom Verfasser dynamisch optimiert vorgeschlagen.

Im Gegensatz dazu werden in Deutschland, der Schweiz und Ungarn Gleisschaltmittel oder Elemente der Gfm genutzt. Der Einschaltanstoß wird also durch Ortungskomponenten im Gleis generiert.

4.4 Überwachungsarten

Bereits bei der Erläuterung der Grundlagen zur BÜ-Sicherung in Deutschland (siehe Abschnitt 3.2.2) wurden die drei wichtigsten Überwachungsarten in Deutschland ÜS, FÜ und Hp genannt. Überträgt man diese Einteilung nach [MA13] auf die Beispiele Schweiz, Ungarn und Dänemark, so ergibt sich in Abhängigkeit vom ETCS-Level eine Einteilung wie in Tab. 18. Bei der Vorstellung der jeweiligen technischen BÜ-Sicherung im Abschnitt 3 wurden die Kategorien bereits angedeutet. Bei der Vorstellung der Grundlagen zu BÜ in der Schweiz (siehe Abschnitt 3.3.2) wurde bereits darauf hingewiesen, dass BÜ mit Streckengerät mit Kontrolllicht deutschen ÜS-BÜ gleichgestellt werden können und BÜ mit Streckengerät ohne Kontrolllicht deutschen FÜ-BÜ entsprechen.

Tab. 18 Überwachungsart nach ETCS-Level und Land

Land	Fall	ETCS-Level		
		L1 LS	L1 FS	L2
Deutschland		ÜS	–	ÜS, FÜ
Schweiz		ÜS, Hp, Hp _{Fstr} , FÜ	–	?
Ungarn	Strecke	–	ÜS	ÜS
	Nähe Bahnhof	–	Hp/ÜS	Hp/ÜS
	Bahnhof	–	Hp	Hp
Dänemark	BÜ	–	–	RBC _{LXI}
	RÜ	–	–	RBC _{TSR}

Legende:

–	kommt nicht vor
?	keine verbindliche Aussage möglich
FÜ	Fernüberwachung, d. h. keine Signalisierung für Tf, Störungsmeldung an anderer Stelle
Hp	BÜ hauptsignalgedeckt
Hp/ÜS	Kombination der Überwachungsarten Hp und ÜS fahrrichtungsselektiv
Hp _{Fstr}	<i>Fahrstrassen-abhängiges Hauptsignal</i>
RBC _{LXI}	Sicherung durch RBC bzw. DMI-Anzeige
RBC _{TSR}	Sicherung durch RBC bzw. DMI-Anzeige
ÜS	Sicherung durch Überwachungssignal (spezielles BÜ-Signal)

Die Kategorie RBC_{LXI} stammt nicht aus [MA13] sondern wird zur Beschreibung der neuen Überwachung verwendet. In diesem Fall wird dem RBC der Sicherungszustand von der BÜSA gemeldet und entweder über Paket 88 LXI dem Passieren des BÜ zugestimmt oder nicht. Für die Kategorie RBC_{TSR} gilt das ebenso, lediglich mit dem Unterschied, dass Paket 65 TSR statt Paket 88 LXI verwendet wird.

Mit der Überwachungsart hängt auch die Unterscheidung zwischen Überwachung der Einschaltung und Überwachung der Einschaltbereitschaft zusammen. Die erste Variante prüft, ob die technische Sicherung alle Kriterien des Zustands „BÜ gesichert“ erreicht hat. Bei der zweiten Variante wird lediglich geprüft, ob ein Einschalten möglich ist. Es sind zusätzlich Redundanzen eingebaut. Die Situation stellt sich wie folgt dar:

Tab. 19 Überwachung der Funktion

Land	Fall	Überwachung	
		Einschaltung	Einschaltbereitschaft
Deutschland	ÜS	X	–
	FÜ	–	X
Schweiz	ÜS	X	–
	Hp	X	–
	Fü	–	X
Ungarn	Strecke	X	–
	Nähe Bahnhof	X	–
	Bahnhof	X	–
Dänemark	BÜ	X	–
	RÜ	–	X

Legende: X trifft zu
 – trifft nicht zu

Mit der Überwachungsart hängt zu gewissen Teilen auch die Autonomie der Anlage zusammen. ÜS-BÜ arbeiten vollständig autonom, Hp-BÜ sind dagegen in weitere LST der Strecke oder ein Stw eingebunden. In beiden Fällen ergibt sich eine Abhängigkeit. Einen Überblick über die Autonomie, soweit dem Verfasser der vorliegenden Arbeit bekannt, gibt Tab. 20 (siehe nächste Seite).

Tab. 20 Anlagen kategorisiert nach Autonomie

Land	Fall	Einbindung in LST nach ETCS-Level		
		L1 LS	L1 FS	L2
Deutschland	ÜS	keine	–	keine
	FÜ	–	–	keine
Schweiz	ÜS	keine	–	?
	Hp	Stw	–	Stw
	Fü	keine	–	?
Ungarn	Strecke	–	keine	keine
	Nähe Bahnhof	–	?	teilweise
	Bahnhof	–	Stw	Stw
Dänemark	BÜ	–	–	Stw und ZL
	RÜ	–	–	Stw

Legende:

–	kommt nicht vor
?	keine verbindliche Aussage möglich
keine	autonome Anlage
Stw	Einbindung in das zuständige Stw
Strbk	Streckenblock
teilweise	Einbindung abhängig von Betrachtungsrichtung
ZL	Zuglenkung

Die Einbindung in Stw und die Verknüpfung mit der ZL in Dänemark wird für die dynamisch optimierte Einschaltung des BÜ verwendet (siehe Abschnitt 3.5.2). RÜ sind wie BÜ ebenfalls in ESTW eingebunden und nicht autonom, wenngleich sie nicht exakt gleich aktiviert werden.

4.5 Prozedur des Passierens eines gestörten BÜ

Zu Beginn wurde in Abschnitt 2.2.2 gezeigt, dass im Wesentlichen zwei Varianten für das Passieren eines BÜ existieren. Entweder ist vor dem BÜ anzuhalten und bestimmte Handlungen auszuführen oder aber ein Halt ist nicht zwingend erforderlich. Stellt man die vorgestellten Beispiele gegenüber, so ergibt sich die Übersicht gemäß Tab. 21. Darin wird lediglich berücksichtigt, welche betrieblichen Festlegungen gelten. Bei der Anwendung einer TSR unter ETCS kann keine Überwachung eines Halts vorgenommen werden.

Tab. 21 Betrieblich vorgeschriebene Prozedur des Passierens eines gestörten BÜ

Land	Fall	ETCS-Level		
		L1 LS	L1 FS	L2
Deutschland	ÜS	HALT/ v_{red}	–	HALT/ v_{red}
	Fü	–	–	Fdl
Schweiz	ÜS	HALT/ v_{red}	–	
	Hp	HALT/ v_{red}	–	
	Hp _{Fstr}		–	
	Fü	HALT/ v_{red}	–	
Ungarn	Strecke	–	?	?
	Nähe Bahnhof	–	?	?
	Bahnhof	–	?	?
Dänemark	BÜ	–	–	HALT/ v_{red}
	RÜ	–	–	v_{red}

Legende:

–	kommt nicht vor
?	keine verbindliche Aussage möglich
Fdl	Reaktion des Fdl notwendig
HALT	Halt vor dem BÜ notwendig
Hp _{Fstr}	<i>Fahrstrassen-abhängiges Hauptsignal</i>
v_{red}	Passieren mit reduzierte Geschwindigkeit

Unabhängig von einem Halt vor dem BÜ muss in jedem Fall der BÜ, also in jedem Land, mit reduzierter Geschwindigkeit befahren werden. Wiederum unterscheiden sich die Lösungen bei den Werten für verschiedene Variablen. Einerseits die erlaubte Geschwindigkeit dabei, andererseits die räumliche Ausdehnung der Restriktion. Für die technisch überwachte Geschwindigkeit stellt sich die Situation entsprechend der Tabelle dar. Betrieblich können jedoch andere Geschwindigkeiten vorgesehen werden.

Tab. 22 Geschwindigkeitsrestriktion – technisch überwacht

Land	Geschwindigkeitsrestriktion nach Level in [km/h]		
	L1 LS	L1 FS	L2
Deutschland	25	–	5
Schweiz	5	–	40
Ungarn	–	15 oder 120	15 oder 120
Dänemark	–	–	10 (RÜ: 40)

Legende: – kommt nicht vor

Interessant ist der Umstand, dass sich Unterschiede bei der technisch überwachten Geschwindigkeit teilweise sogar innerhalb eines Landes ergeben. Dies liegt z. T. an den je nach ETCS-Level unterschiedlichen Vorgehensweisen, für den Bereich der DB AG aber vermutlich auch am Entwurfsstadium der Planungsregelwerke.

Neben den Unterschieden in der Höchstgeschwindigkeit variiert die Länge der Überwachung der jeweiligen Restriktion.

Tab. 23 Geschwindigkeitsrestriktion – Ausdehnung der technischen Überwachung

Land	Länge der Geschwindigkeitsrestriktion nach Level in [m]		
	L1 LS	L1 FS	L2
Deutschland	10	–	10
Schweiz	1	–	variabel
Ungarn	–	8 bis 14	8 bis 14
Dänemark	–	–	?

Legende: – kommt nicht vor
 ? keine verbindliche Aussage möglich
 variabel abhängig von den Standorten der ETCS Stop Marker

4.6 Sicherungsmöglichkeiten

Bei der Vorstellung der Grundlagen der SRS wurden zwei Pakete beschrieben, die für die Einbindung von BÜ verwendet werden können. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass zuerst nur Paket 65 TSR zur Verfügung stand. Seit BL 3 kann das, speziell BÜ eingeführte Paket 88 LXI, zur BÜ-Sicherung genutzt werden. Alle vor BL 3 entwickelten Lösungen können folglich nur eine TSR verwenden. Erst für die Streckenausrüstungen, die die SRS Version 3.0.0 oder höher verwenden ist, LXI nutzbar. Theoretisch

können deshalb in einem Land, abhängig von der streckenseitigen Ausrüstung, beide Lösungen vorkommen. Die Darstellung in dieser Arbeit erfolgt auf Grundlage der Recherche, d. h. den dabei aktuellen und bekannten Vorgaben.

Tab. 24 Verwendung von Paketen zur BÜ-Sicherung

Land	Fall	ETCS-Level		
		L1 LS	L1 FS	L2
Deutschland	ÜS	Paket 65 TSR	–	Paket 88 LXI (Paket 65 TSR) Paket 72 PTM
	FÜ	–	–	Paket 72 PTM
Schweiz	ÜS, FÜ (Ü _v)	Paket 65 TSR Paket 76 FTM	–	–
	ÜS, FÜ (Ü _{w/H})	Paket 65 TSR Paket 76 FTM Paket 21 GP	–	–
	Hp	BÜ/ETCS	–	?
	Hp _{Fstr}	BÜ/ETCS	–	?
Ungarn	Strecke	–	Paket 65 TSR	Paket 65 TSR
	Nähe Bahnhof	–	Paket 65 TSR	Paket 65 TSR
	Bahnhof	–	Paket 65 TSR	Paket 65 TSR
Dänemark	BÜ	–	–	Paket 88 LXI
	RÜ	–	–	Paket 65 TSR <i>Paket 76 FTM</i>

Legende:

–	kommt nicht vor
?	keine Aussage möglich
BÜ/ETCS	nicht spezifisch für die Kombination BÜ und ETCS
Hp _{Fstr}	<i>Fahrstrassen-abhängiges Hauptsignal</i>
(Paket)	Zusätzliches Paket zur Absicherung einer weiteren Betriebsart/weiterer Betriebsarten
<i>Paket</i>	Vermutung des Verfassers
Ü _v	v-überwachter Abschnitt
Ü _{w/H}	Warnung/Halt-überwachter Abschnitt

Für Deutschland wird zwar bei ETCS L2 Paket 88 LXI verwendet, es wird für die Betriebsmodus SH aber zusätzlich eine TSR projektiert. Für die TM „Einschaltstrecke“, die sowohl bei ÜS-BÜ als auch FÜ-BÜ projektiert werden muss, wird Paket 72 PTM verwendet.

In der Schweiz werden Hp-BÜ nicht mit einem bestimmten Paket abgesichert. Stattdessen wird *Halt* übertragen, damit der ungesicherte BÜ nicht einfach befahren wird. Die verwendeten Pakete beziehen sich auf die Projektierung von Hsig und sind nicht BÜ-spezifisch.

Für Dänemark bestehen noch die Ausnahmen Mitarbeiterübergang und Private Crossing, die aber als Sonderfälle angesehen werden und deshalb als nicht relevant eingestuft werden.

Bei Ungarn ist die Verwendung der TSR darauf zurückzuführen, dass ursprünglich nur diese Möglichkeit zur Verfügung stand. Damit wurde die Umsetzung für ETCS L1 entwickelt und später auf ETCS L2 übertragen. Eine Änderung auf LXI ist nicht vorgenommen worden, obwohl mittlerweile mit BL 3 diese Variante verfügbar ist.

4.7 Resümee des Vergleichs

Bei der vergleichenden Betrachtung aller vorgestellten Lösungen zur Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken tritt eine Zweiteilung in Erscheinung. Einerseits gibt die SRS zwei Prozeduren (Passieren ohne Halt und Passieren mit Halt) vor, andererseits können BÜ mit zwei Paketen überwacht werden. Paket 65 TSR kann dabei technisch keinen Halt überwachen. Paket 88 LXI kann dies, ist aber erst ab BL 3 einsetzbar.

Auch zeigen sich Abweichungen bei den überwachten Geschwindigkeitsrestriktionen beim Passieren eines gestörten BÜ. Die Spannweite reicht von 5 km/h bis zu 25 km/h respektive 40 km/h bei Fahrten im Modus OS. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in jedem Land andere Festlegungen getroffen werden. Für Deutschland ist auch keine endgültige und einheitliche Vorgehensweise zu erkennen, da die Planungsrichtlinien im Entwurfsstadium sind und weiteren Änderungen unterworfen sein werden.

Eine absolut identische Vorgehensweise wäre nur zu erreichen, sofern die SRS eine strikte Vorgabe beinhalteten. Das ist derzeit nicht der Fall.

Nicht betrachtet werden in der vorliegenden Arbeit die Besonderheiten der straßenseitigen Signalisierung der einzelnen Länder. Lediglich die Unterschiede in der Autonomie der BÜSA werden betrachtet. Auch hier gibt es unterschiedliche Varianten, teilweise auch eine große Bandbreite innerhalb eines Landes. Damit einhergehen auch Unterschiede in der Überwachung der Funktion. Neben der Überwachung der Einschaltung wird vereinzelt die Einschaltbereitschaft überwacht. Nicht zu vergessen ist, dass die

Unterschiede in der Überwachungsart bei der Einbindung in ETCS ebenfalls in Erscheinung treten. Grund hierfür sind andere Bedürfnisse bei der Überwachung.

Eines der größten Hindernisse für ein einheitliches Vorgehen sind insgesamt betrachtet die historisch gewachsenen Unterschiede der betrieblichen Verfahren und der technischen Sicherung von BÜ. Nationale Besonderheiten wurden bei der Konzeption von ETCS derart berücksichtigt, dass viele Variablen und nationale Werte (national values) eine Anpassung an die Bedürfnisse erlauben. Auch nach der Einführung von ETCS werden die Unterschiede in diesen Punkten vermutlich bestehen bleiben. Das liegt daran, dass die verschiedenen Eisenbahnunternehmen keine radikalen Veränderungen ihrer Betriebsverfahren vornehmen. Selbst wenn dies, wie in Dänemark, der Fall wäre, so gäbe es keine Garantie, dass dies europaweit einheitlich geschähe. Die technische Kompatibilität ist mit der Einführung von ETCS lösbar. Das gelingt aber nur insoweit, wie der Betrieb vereinheitlicht wird. Das ist der entscheidende Punkt, mit dem letztlich eine Vereinheitlichung und damit Vereinfachung erfolgen könnte. Eine konsequente Umsetzung radikaler Veränderung dürfte vorerst an nationalen Widerständen scheitern.

Die Einführung des Pakets 88 LXI mit BL 3 zeigt zudem, dass ETCS nicht bis zu Ende gedacht ist. Auch in Zukunft ist mit weiteren Neuerungen zu rechnen. Neben dem genannten Paket wurden nachträglich ETCS L1 LS und Reversing als neue Betriebsarten eingeführt. Deren Notwendigkeit zeigte sich bei der Anwendung. Im Gegensatz zu der Vielzahl historisch gewachsener, nationaler Altsysteme ist ETCS noch neu.

5 Untersuchung der Umsetzbarkeit auf einer Laboranlage des Integrierten Eisenbahnlabors

5.1 Anlass und Vorgehen

Neben der theoretischen Behandlung der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken soll, wie bereits eingangs erwähnt (siehe Abschnitt 1.2), die Eignung des EBL und des SIL als Teile des Integrierten Eisenbahnlabors (IEL) für eine physische Umsetzung geprüft werden. Das theoretisch vermittelte Wissen könnte dann durch eine beispielhafte, praktische Anwendung gefestigt bzw. vertieft werden. Vor der Umsetzung ist eine Analyse notwendig, welche Rahmenbedingungen für eine Planung vorherrschen müssen. Diese Untersuchung beschränkt sich auf die Ausrüstung nach den Regeln der DB AG, denn die Lehre an der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ ist vornehmlich auf Deutschland ausgerichtet.

5.2 Eignungsprüfung des Eisenbahnbetriebslabors

5.2.1 Beschreibung des Eisenbahnbetriebslabors

Bevor Überlegungen zur Veranschaulichung einer Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken im EBL vorgenommen werden können, wird die Anlage kurz vorgestellt. Dabei werden allgemeine Grundlagen der Anlage, technische Gegebenheiten und der Einsatz in der Lehre berücksichtigt. Diese sind für die anschließende Prüfung von Bedeutung. Daneben spielen didaktische und praktische Überlegungen, in Bezug auf das Umfeld in dem die Anlage betrieben wird, eine Rolle. Der Verfasser greift in diesem Teil der Arbeit zu großen Teilen auf Wissen aus seiner Tätigkeit als Tutor im EBL zurück.

Das EBL stellt eine Laboranlage zur Simulation des Eisenbahnbetriebs dar. Neben betrieblichen und sicherungstechnischen Prozessen ist eine Abbildung von Bahnbetriebsprozessen und deren Steuerung möglich. Die Darstellung der Anlagen und Betriebsmittel (Gleise der Bahnhöfe und Strecken, Teile der Signale, Rollmaterial etc.) erfolgt mit Modellbahntechnik der Nenngröße H0 im Maßstab 1:87. Der verwendete Längenmaßstab ist davon abweichend auf 1:200 festgelegt. Damit wird, trotz der begrenzten räumlichen Möglichkeiten, die Umsetzung größerer Streckenlängen machbar. Die Anlage wird durch den folgenden Gleisplan (Abb. 25, siehe nächste Seite) schematisch dargestellt.

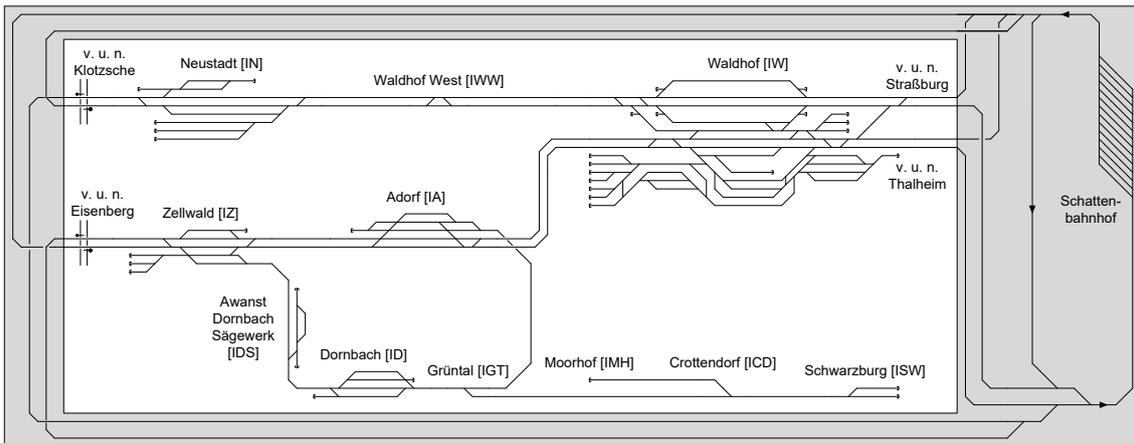


Abb. 25 Schematischer Gleisplan des EBL

Jede Betriebsstelle besitzt für die Bedienung der Fahrweegelemente ein Stw. Die Bauarten unterscheiden sich von Betriebsstelle zu Betriebsstelle. Das Spektrum reicht vom Schlüsselwerk als älteste und technisch einfachste Form bis hin zum ESTW als modernste und technisch komplexeste Form. Außer dem Stw im Bahnhof Waldhof handelt es sich dabei um originale Stellwerkstechnik.

Beim eingesetzten Rollmaterial handelt es sich um handelsübliche Modelle verschiedener Hersteller, die bestimmten Modifikationen wie etwa dem Einbau einer Digitalsteuerung unterzogen wurden. Es kommen von Regionalverkehrsfahrzeugen bis hin zu Fahrzeugen für den Hochgeschwindigkeitsverkehr verschiedene Triebfahrzeuge zum Einsatz.

Die Anlage wird durch mehrere Rechner gesteuert, die zum Informationsaustausch untereinander in Verbindung stehen. Die Struktur des Rechnernetzwerks der Anlagensteuerung ist in Abb. 26 dargestellt. Die Informationen zur Architektur der Anlagensteuerung entstammen einem Gespräch mit Herrn Frank Schubert, technischer Mitarbeiter des EBL.

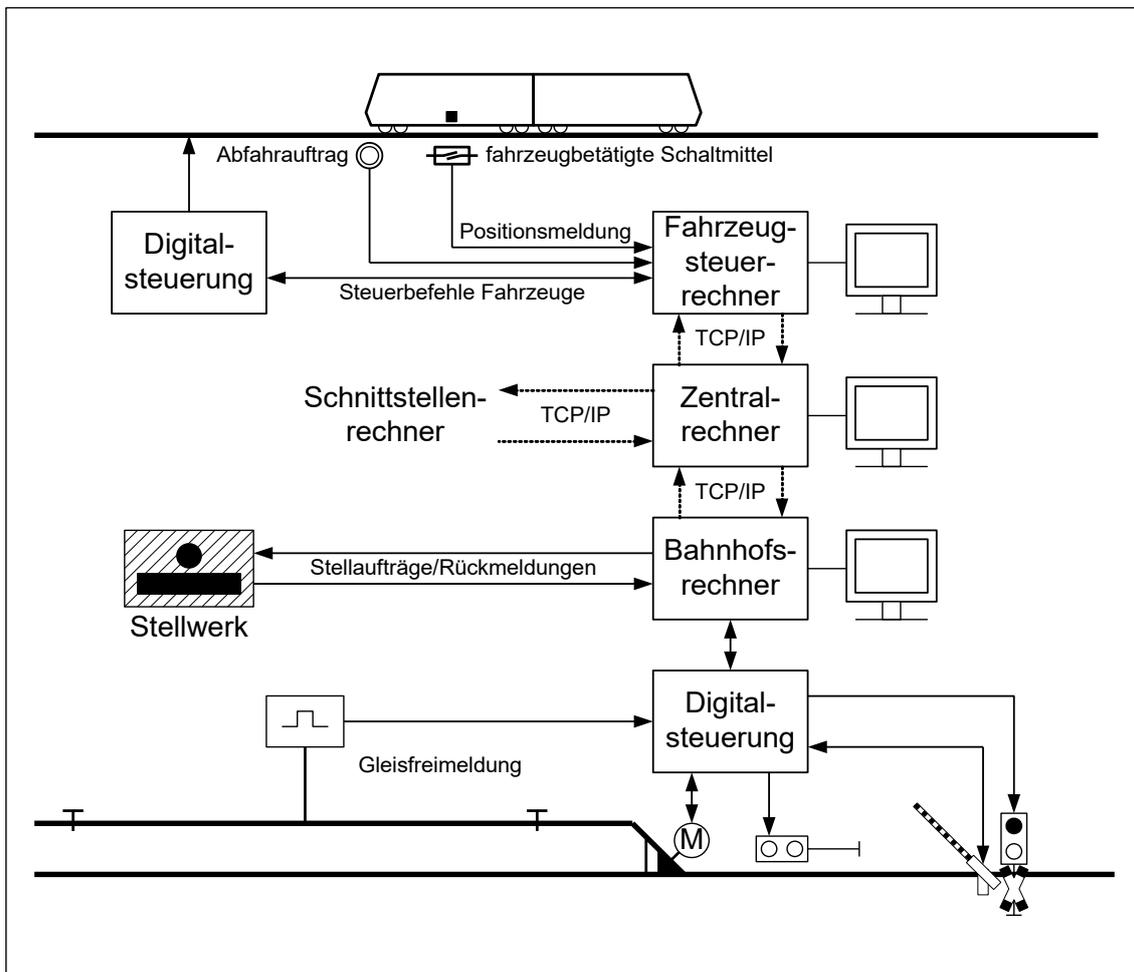


Abb. 26 Architektur der Anlagensteuerung des EBL

Von Interesse für die weitere Untersuchung sind die Teile Fahrzeugsteuerung und Steuerung der Fahrwegelemente. Beide sind nach dem gleichen Prinzip aufgebaut: Ein Steuerrechner mit einer Software verarbeitet Eingangssignale und generiert daraus Ausgangssignale. Zum Teil sind dafür feste, in der Software hinterlegte Werte notwendig. Die Kommunikation sowohl mit den Fahrzeugen als auch den streckenseitigen Elementen erfolgt über die Selectrix-Steuerung (digitale Modellbahnsteuerung). Für die Kommunikation zwischen den Stw und dem jeweiligen Bahnhofsrechner werden analoge in digitale Signale oder umgekehrt verwandelt.

Licht- und Formsignale werden wie Fahrzeuge nur befehligt, Weichen oder BÜ-Schranken geben zusätzlich eine Rückmeldung. Hierfür wird die Stellung des Antriebsmotors ausgewertet.

Die Fahrbefehle des Fahrzeugsteuerrechners berücksichtigen für jedes Fahrzeug verschiedene, individuelle Kriterien.

Das können z. B. sein:

- Zustimmung zur Zugfahrt (z. B. über Signale)
- Fahrplandaten
- Abfahrauftrag (bei Personenzügen)
- Geschwindigkeitsrestriktionen (z. B. Streckenhöchstgeschwindigkeit)
- Verhalten der ZB (PZB oder LZB)
- Fahrdynamik (Zugcharakteristika)

Es ergibt sich ein realitätsnahes Fahrverhalten, allerdings ohne Berücksichtigung anderer Faktoren wie z. B. Witterungseinflüssen oder individuellen Fahrweisen verschiedener Tf.

Zwar lässt sich somit fast jegliches Verhalten programmieren, im Unterschied zur realen ETCS-Anwendung ist die Intelligenz aber nicht auf dem Fahrzeug installiert. Sie ist stattdessen stationär auf die verschiedenen Rechner verteilt. Die Fahrzeuge erhalten nur digitale Fahrbefehle, die sie ausführen. Dieser Unterschied ist in den Eigenschaften der Modellbahntechnik begründet.

Für den Lehrbetrieb der Anlage werden auf den einzelnen Dienststellen ein oder mehrere Dienstposten besetzt. Das können sein:

- Fahrdienstleiter
- Weichenwärter
- Blockwärter
- Zugmelder
- Rangierer

Teilweise übernimmt eine Person mehrere Aufgaben. Die Aufgabe des Zugmelders kann bei Einsatz einer Zugnummernmeldeanlage, wie das im Bahnhof Neustadt der Fall ist, entfallen.

Zur Betreuung steht je Dienststelle eine Personen zur Verfügung. Zu den Aufgaben gehören Einweisung in die Aufgaben und Technik sowie die Beantwortung von Fragen. Gegebenenfalls kann sie auch in das Geschehen eingreifen.

5.2.2 Technische Aspekte

Aus der Beschreibung der Anlage lässt sich ableiten, dass die Steuerung letztlich softwarebasiert erfolgt. Das bedeutet, dass mit entsprechenden Kenntnissen neue Anwendungen umgesetzt werden können. Für eine Realisierung eines BÜ sind abgestimmt auf die Ausrüstung entsprechende Funktionalitäten vorzusehen.

Der Trennung in Fahrzeugsteuerung und streckenseitige Steuerung hat bei der Implementierung einer Einbindung eines BÜ auf einer ETCS-Strecke gewisse Auswirkungen.

Die Steuerung des BÜ muss streckenseitig erfolgen, also über die Digitalsteuerung an einen Bahnhofsrechner angeschlossen werden. Da es grundsätzlich eine Sache der Programmierung ist, kann das Verhalten einer BÜSA vorbildgetreu nachgebildet werden. Zuerst muss eine BÜ-Planung, unabhängig von ETCS erfolgen. Anschließend können die physischen Komponenten entsprechend den Erfordernissen des Modellbahn- und Längenmaßstabs installiert werden. Gegebenenfalls muss die BÜ-Planung zur Abstimmung auf die örtlichen Verhältnisse angepasst werden. In der Software müssen neben der ordnungsgemäßen Sicherung ein oder mehrere Störszenarien der BÜSA hinterlegt werden. Damit wird der Ablauf gemäß Abschnitt 3.2 notwendig. Dieser wiederum muss in der Programmierung der Fahrzeugsteuerung, d. h. der Software des Fahrzeugsteuerrechners, berücksichtigt werden.

Vom Grundsatz her gibt es aus technischer Sicht keine Einschränkungen, da die Programmierung entsprechende Möglichkeiten bietet, sowohl für die streckenseitige Steuerung als auch die Fahrzeugsteuerung. Die bereits vorhandenen BÜ konnten mit den gegebenen technischen Möglichkeiten realisiert werden und können als praxiserprobt angesehen werden.

In einer separaten, fallspezifischen Untersuchung müssen im Voraus verschiedene Details geklärt werden. Die folgende, beispielhafte Auflistung ist nicht abschließend.

- Soll ein Fahrzeug bei ETCS L1 LS nur auf die TSR hin abgebremst werden oder auch der betrieblich vorgeschriebenen Ablauf mit Halt, ersatzweiser Sicherung und der anschließend Weiterfahrt?
- Welcher Ablauf nach dem Halt vor dem BÜ ist bei ETCS L2 mit der Absicherung durch Paket 88 LXI zu implementieren?
- Gibt es eine HET oder Automatik-HET-Funktion und wie wird diese bedient?
- Wie sieht die Benutzerschnittstelle für die Bedienung eines Störszenarios aus?
- Wie sehen die Einzelheiten eines Störszenarios aus?

Die Entscheidung hierüber muss aus didaktischen und praktischen Überlegungen erfolgen.

5.2.3 Didaktische Aspekte

Neben der Prüfung der technischen Machbarkeit, gilt es aber auch die Einsatzmöglichkeiten in der Lehre zu berücksichtigen. Das EBL dient hauptsächlich dazu, Praktika durchführen zu können. Hier geht es besonders um das Verständnis von Betrieb und Sicherungstechnik bzw. den Zusammenhängen zwischen beiden. Es können in besonde-

ren Fällen auch reine Vorführungen erfolgen, dann steht der Ablauf in einem bestimmten Fall im Mittelpunkt des Interesses.

Die Praktika werden stets mit einer Person zur Betreuung der Lernenden je Betriebsstelle durchgeführt. Sie übernimmt die Einweisung in die Bedienung der Stw, sonstiger Anlagen und erläutert Verfahren und Besonderheiten.

Die Praktika sind aus didaktischen Gründen in drei Teile gegliedert:

1. Regelbetrieb
2. Regelbetrieb mit Störungen
3. Abweichungen vom Regelbetrieb

Im ersten Teil wird der geplante Betrieb simuliert, vereinfacht kann das als Kennenlernen der Grundlagen bezeichnet werden. Hier steht der fahrplantreue Betriebsablauf in Kombination mit der Regelbedienung der Stw im Fokus. Darauf aufbauend wird im zweiten Teil gezeigt, wie dank Hilfsbedienungen, Befehlen und anderer Verfahren auf Ausfälle der Technik und andere Sondersituationen reagiert werden kann. Die Disposition von Verspätungen und den daraus resultierenden Konflikten in der Betriebsdurchführung gehört ebenfalls dazu. Der letzte Teil betrifft geplante Einschränkung durch Bauarbeiten in Bahnhöfen und auf Strecken mit Streckensperrungen und abweichenden Fahrplanunterlagen. Auch in diesem Fall kommen neben Regelbedienungen andere Verfahren zum Einsatz. Durch die beiden letzten Fälle soll vermittelt werden, dass in der Rückfallebene die Sicherheitsverantwortung von der Technik auf den Menschen übergeht. Es kann gezeigt werden, dass eine Befolgung der Handlungsanweisungen und Vorschriften dann für die Gewährleistung eines sicheren Betriebs unerlässlich ist.

Falls eine Demonstration im Rahmen eines Praktikums erfolgen soll, ist das nur im *Regelbetrieb mit Störungen* sinnvoll. Zwei Aspekte sind dann relevant. Einerseits kann damit durch den Geschwindigkeitseinbruch eine Verspätung erzeugt werden, die den zuständigen Fdl zur Disposition zwingt. Andererseits können die Lernenden den Ablauf des Passierens eines gestörten BÜ beobachten. Je nach ETCS-Level ergeben sich dabei unterschiedliche Abläufe. Damit das Prinzip dahinter verstanden werden kann, muss den Lernenden die Möglichkeit zur Beobachtung gegeben sein. Das bedeutet, dass sie währenddessen Zeit haben müssen und nicht unter dem Druck stehen dürfen, gerade andere Handlungen zur Sicherstellung des Betriebsablaufs vornehmen zu müssen. Daraus ergibt sich die Forderung der Steuerbarkeit des Störfalls durch die Betreuenden. Eine manuelle Ein- und Ausschaltung ermöglicht es den Betreuenden, einen passenden Zeitpunkt für das Auftreten der Störung zu wählen. In der Realität ist ein solches Auftreten zufällig, im Labor ist kein zufälliges Auftreten, sondern ein gezielter Einsatz gewünscht. Schließlich geht es um die Vermittlung der adäquaten Handhabung solcher

Umstände. Die Wahl des Zeitpunkts stützt sich in der Regel auf Erfahrungen unter Einbeziehung folgender Kriterien:

- Sicherheit der Lernenden im Umgang mit der Stellwerkstechnik
- Kompetenz der Lernenden in Bezug auf dispositive Entscheidung
- Auswirkungen anderer Unregelmäßigkeiten
- Möglichkeit zur Erklärung wichtiger Dinge in Bezug auf die Störung

Die Entscheidung ist für jedes Praktikum und die jeweiligen Lernenden einzeln zu treffen. Eine Überforderung durch zu viele gleichzeitig auftretende Störung ist zu vermeiden.

Soll die Anlage nur zur Demonstration der Abläufe im Zusammenhang mit der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken genutzt werden, so ist davon auszugehen, dass dies losgelöst von einem Praktikum mit Simulation der Betriebsdurchführung erfolgt. Das bedeutet, dass lediglich eine Zugfahrt durchgeführt wird, die den BÜ passiert.

Eine Darstellung der DMI-Anzeige ist aus didaktischer Sicht in beiden Anwendungsfällen zu ergänzen. Hier kann verfolgt werden, wie z. B. eine TSR angezeigt wird und damit die Situation auch aus der Perspektive des Tf betrachtet werden. Damit wird auch erkennbar auf welche Geschwindigkeit der Zug abbremsen muss, da die Zielgeschwindigkeit oder ein Halt doch entsprechend angezeigt wird. Die momentane Quellenlage gibt keine ausreichenden Vorgaben dazu her und erlaubt deshalb keine Darstellung. Da eine vorbildgetreue DMI-Anzeige im EBL noch nicht programmiert wurde, ist es ohnehin noch nicht möglich, die Anzeige darzustellen. Hier ist eine Programmierung notwendig. Langfristig ist eine Realisierung dessen laut Auskunft von Herrn Schubert (siehe Anhang A: Besprechungsprotokolle) vorgesehen. Es bietet sich an, Synergieeffekte zu nutzen, d. h. die Programmierung der DMI-Anzeige mit der Implementierung eines BÜ zu verknüpfen. Wenn also ein DMI programmiert wird sollte hier auch eine Anzeige für den BÜ bedacht werden. Umgekehrt, bei der Programmierung für die Anzeige eines BÜ sollte ein möglichst einfach anpassbares DMI geschaffen werden. Das heißt nicht, dass bereits alle theoretisch verfügbaren Symbole integriert werden müssen. Eine nachträgliche Aufnahme sollte aber bereits berücksichtigt werden.

Die beschriebene Architektur der Laborsteuerung gestattet es, die notwendigen Daten via TCP/IP-Protokoll vom Fahrzeugsteuerrechner an einen Rechner in der Nähe des BÜ zu übertragen. Nach Auswahl des passenden Zuges kann die Anzeige des DMI auf einen gut einsehbaren Bildschirm gespiegelt werden, sofern diese implementiert wurde.

Jede weitere Möglichkeit zur Demonstration einer Störung im EBL ist positiv zu sehen, da damit die Vielseitigkeit der Ursachen für Einschränkungen im Bahnbetrieb im Rah-

men der Lehre besser gezeigt werden kann. Einerseits wird für die beschriebenen Praktika Verspätung generiert, andererseits kann das Prozedere in einer anschaulichen Form vorgeführt werden. Sowohl während eines Praktikums als auch isoliert als reines Anschauungsobjekt.

5.2.4 Praktische Aspekte

Für die Implementierung von Störszenarien eines BÜ auf einer ETCS-Strecke gibt es verschiedene Möglichkeiten. Entweder wird ein bereits bestehender BÜ genutzt oder alternativ ein neuer BÜ angelegt.

Bei einer Laboranlage für Lehrzwecke spielen verschiedene Aspekte eine Rolle. So ist es von Vorteil, wenn bereits vorhandene Anlagenteile möglichst umfassend genutzt werden. Wegen des begrenzten Platzes kann nicht für jeden Sonderfall ein eigenes Objekt zur Demonstration installiert werden. Eine Bündelung verschiedener Aspekte an den passenden Beispielen erscheint sinnvoll. Bezogen auf einen BÜ bedeutet das, dass u. a. auch der Störfall und dessen Konsequenzen darstellbar sein sollen. Ein Aspekt ist eben die Einbindung auf ETCS-Strecken.

Würde für jede Darstellung eines bestimmten Umstands ein gesondertes Anschauungsobjekt geplant und gebaut, stiegen Wartungsaufwand sowie Komplexität der Anlage und die Möglichkeiten für andere Demonstration nähmen aus Platzgründen – wie bereits erwähnt – schneller ab. Das führt auch dazu, dass geeignete Standorte für einen neuen BÜ schwer zu finden sind. Derzeit existieren im EBL zwei BÜ. Der eine befindet sich beim Bahnhof Neustadt, am Bahnhofskopf Richtung Klotzsche („BÜ Neustadt“). Der zweite liegt zwischen Eisenberg (Schattenbahnhof) und Zellwald („BÜ Schleifendorf“). Im nachstehenden schematischen Gleisplan (Abb. 27, siehe nächste Seite) sind beide Standorte rot gekennzeichnet.

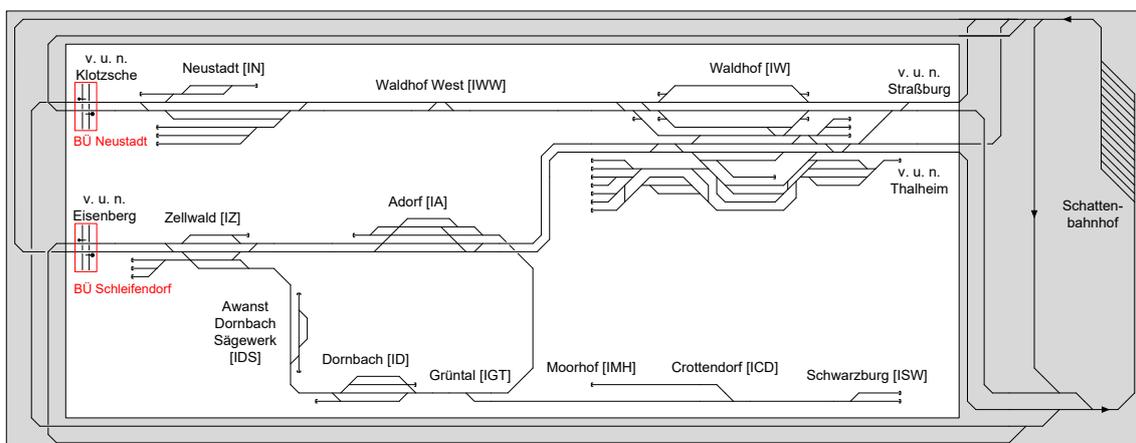


Abb. 27 Standorte vorhandener BÜ im EBL

Nicht in Frage kommt der „BÜ Neustadt“. Es handelt sich um einen Hp-gedeckten BÜ, welcher auf ETCS-Strecken der DB AG nicht gesondert gesichert werden muss (siehe Abschnitte 3.2.2.5). Es kann weder für ETCS L1 LS noch für ETCS L2 eine ETCS-spezifische Projektierung umgesetzt werden.

Der „BÜ Schleifendorf“ ist ein ÜS-BÜ und deshalb auf den ersten Blick geeignet. In den Planungsrichtlinien für beide relevanten Ausrüstungsstufen wird er berücksichtigt. Allerdings besitzt er als Besonderheit eine Unwirksamkeitsschaltung mit Unwirksamkeitstaste (UT), die bisher nicht durch die Richtlinien abgedeckt wird. Damit ergibt sich weiterer Klärungsbedarf, der nicht durch die Quellen der vorliegenden Arbeit abgedeckt wird. Es muss also eine Abstimmung mit den Richtlinienautoren zu Projektierungen bei besonderen BÜ-Situationen bei der DB AG erfolgen. Dazu gehört auch der generelle Umgang mit Rangieren unter ETCS. Noch ist das Themenfeld ETCS nicht abschließend geregelt, weder bei der DB AG noch bei anderen Anwendern. Es sind noch zahlreiche Veränderungen zu erwarten, bis dauerhafte Lösungen gefunden und in größerer Anzahl realisiert werden.

Eine Umsetzung der Planungsrichtlinien kann also nicht ohne Weiteres vorgenommen werden. Soll der BÜ dennoch für eine ETCS-Implementierung verwendet werden, wäre eine Veränderung hin zu einem Standardfall eine Möglichkeit. Eine Idee ist, die Funktionalität der UT abschaltbar zu gestalten. Damit ergibt sich ein ÜS-BÜ mit zugewirkter Einschaltung ohne besondere Funktionalitäten, so wie er in der Planungsrichtlinie für ETCS L1 LS und für ETCS L2 behandelt wird. Es entsteht aber ein neuer Konflikt. Zwar ist es denkbar die UT zeitweise als Funktion des BÜ abzuschalten. Eine softwareseitige Abschaltung ließe sich umsetzen, sodass der BÜ mit einer BÜSA ohne UT ausgestattet ist. Dann wiederum darf im Bahnhofskopf Richtung Eisenberg des Bahnhofs Zellwald nur so weit rangiert werden, dass der Einschaltkontakt nicht befahren wird. Eine Versetzung der Rangierhalttafeln, gekoppelt an den Status der UT wäre unumgänglich. Das bedeutet, dass der vorgesehene Rangierplan nicht umgesetzt werden kann. Es bleiben zwei Optionen:

1. Anpassung des Rangierplans
2. Verzicht auf die ETCS-Implementierung

Nummer eins wirkt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit über den Fahrplan auf das gesamte EBL aus und bringt erheblichen Zusatzaufwand mit sich. Das ist nur schwer vertretbar. Ein Verzicht auf die Implementierung von ETCS kann aber nur bedingt empfohlen werden. Langfristig soll ETCS auf verschiedenen Strecken im EBL nachgebildet werden. Bei der Ausrüstung der zweigleisigen Strecke Eisenberg (Schattenbahnhof) – Zellwald – Klausenburg – Adorf – Waldhof – Thalheim

(Schattenbahnhof) mit ETCS tritt das Problem wieder in Erscheinung. Perspektivisch ist eine Lösung des Problems notwendig. Die Frage des *WIE* kann momentan nur bedingt beantwortet werden. Sofern folgende Versionen der ETCS-Planungsrichtlinien ein Verfahren für BÜ mit UT bieten, kann darauf zurückgegriffen werden. Andernfalls bleiben entweder die bereits erwähnten Eingriffe in die Software zur Deaktivierung der UT und in den Fahr- bzw. Rangierplan oder ein Umbau des BÜ als Alternativen übrig.

Faktisch wird dann nicht der bestehende BÜ nachträglich in ETCS eingebunden sondern eine Neuplanung durchgeführt. Das ist der größtmögliche Eingriff in die bestehende Anlage. Zudem kann der Vorteil, die bereits vorgenommen Berechnung zum BÜ zu verwenden, nicht vollständig ausgenutzt werden. Es sei denn, der BÜ wird so weit verschoben, dass die UT nicht mehr notwendig ist, da die Überlappung von Bahnhofsbereich und Einschaltstrecke beseitigt wird. Das ist aber aus nachstehenden Gründen nicht möglich.

- mangelnde Sicht auf den BÜ
- Lage der Einschaltkontakte aus Richtung Eisenberg

Die Verschiebung müsste in Richtung Eisenberg erfolgen. Dadurch würde der BÜ unter Teilen der Anlage im Bereich des Bahnhofs Zellweld zu liegen kommen. Gleichzeitig müssten die Schaltgleise zur Einschaltung aus Richtung Eisenberg auf die Drehbrücke am Eingang des Raumes (neben der Dienststelle Dornbach) verschoben werden. Dies ist aus technischer Sicht störanfällig und nicht gewünscht.

Um diesen Problemen vorerst aus dem Weg zu gehen, kann ein anderer Standort in Betracht gezogen werden. Eine Implementierung eines BÜ mit einer vollständigen Neuplanung bietet die Möglichkeit der Anpassung des BÜ an die Bedürfnisse der Lehre und Einschränkungen der Laboranlage. Im Verlauf der reinen BÜ-Planung können Parameter so gewählt werden, dass eine Realisierung unter den gegebenen Verhältnissen optimal erfolgen kann. Andererseits kann die Standortwahl unter Berücksichtigung von Einsehbarkeit und Umsetzung eines durch die Planungsvorgaben abgedeckten Standardfalls erfolgen.

Für die Neuplanung eines BÜ zur Demonstration der Einbindung auf ETCS-Strecken sind nachstehende Schritte des Planungsprozesses notwendig:

- grobe Standortfestlegung
- Berechnungen zur technischen Sicherung
- Planung der ETCS-Überwachung
- endgültige Standortfestlegung
- Programmierung der Software
 - Störungsmodus/Störungsmodi BÜ
 - Verhalten der Fahrzeug bei einer BÜ-Störung
- Implementierung

Die Standortbestimmung ist im Laufe der einzelnen Schritte wahrscheinlich in bestimmten Grenzen anzupassen. Dies hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab. Als möglicher Standort wurde auf der zweigleisigen Strecke Zellwald – Adorf der Bereich um die Kilometrierungspunkte 17,3 und 17,4⁷ herum bereits bei der Planung der Laboranlage berücksichtigt. Eine konkrete Umsetzung besteht bisher noch nicht. Der vorgesehene Standort ist im nachfolgenden Gleisplan markiert.

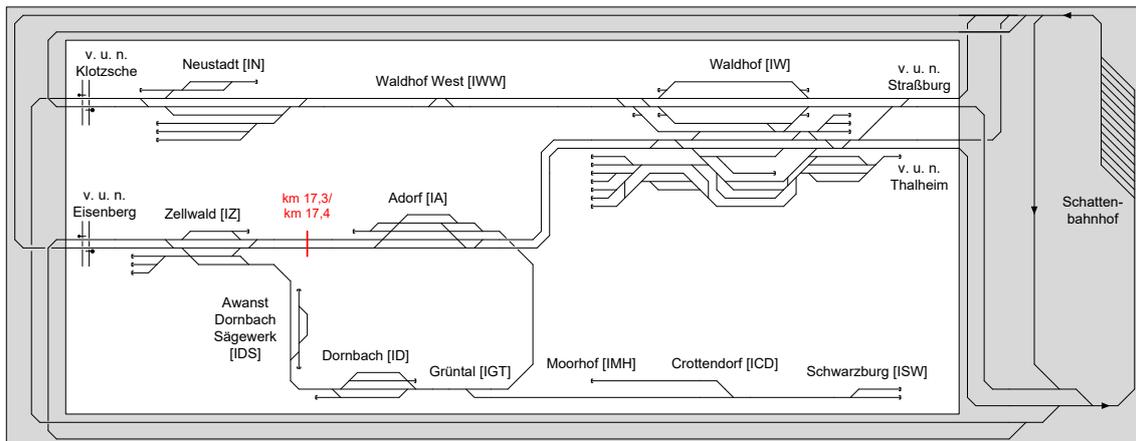


Abb. 28 Vorbereiteter Standort für einen BÜ zwischen Zellwald und Adorf

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird aus Zeitgründen keine gesonderte Suche nach alternativen Standorten durchgeführt. Eine beispielhafte Planung für einen BÜ (BÜ Klardorf) am km 17,4 wird in Abschnitt 6 vorgenommen.

Von Besonderer Bedeutung ist, dass mit dem BÜ Schleifendorf bereits ein ÜS-BÜ auf der Laboranlage vorhanden ist. Es erscheint deshalb nicht ratsam einen weiteren ÜS-BÜ zu installieren. Eine Darstellung eines ÜS-BÜ mit Einbindung in ETCS kann nur dann

⁷ Dieser Bereich befindet sich hinter den Bildschirmen des Fahrzeugsteuerrechners neben der Drehbrücke am Zugang zu den Dienststellen Neustadt, Waldhof und Stadtbahn.

sinnvoll erfolgen, wenn auf der gesamten Strecke ETCS als ZB demonstriert wird. Eine Implementierung von ETCS nur für die Absicherung des BÜ ergibt keinen Sinn.

Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass für eine kurze Vorführung eines BÜ stets ein vergleichsweise hoher Aufwand notwendig ist. Die Anlage muss für eine Demonstration stets vorbereitet werden. Dazu müssen mehrere Computer gestartet werden, entsprechendes Rollmaterial in Position gebracht werden etc. In diesem Fall stehen Aufwand und Nutzen in einem ungünstigen Verhältnis. Für den Einsatz als Verspätungsquelle im Regelbetrieb mit Störungen hingegen ist ein Einsatz durchaus denkbar.

Besondere Beachtung verdient die Tatsache, dass die Planungsregelwerke der DB AG sowohl für ETCS L1 LS als auch ETCS L2 noch nicht in der endgültigen Version vorliegen. Da der Aufwand zur Implementierung oder Änderung im EBL relativ hoch ist, sollte erst dann ein BÜ gebaut werden, wenn die Planungsrichtlinien nicht mehr steten Veränderungen unterworfen sind.

5.3 Eignungsprüfung des Sicherungstechnischen Labors – ETCS-Versuchsstand

5.3.1 Beschreibung des ETCS-Versuchsstands

Das SIL bietet verschiedene Einrichtungen zur Demonstration verschiedener Bereiche der Eisenbahnsicherungstechnik. Es können u. a. die Funktionen von Ortungskomponenten, Stw oder einer Weiche gezeigt werden. Im Rahmen der Lehre können anhand von Versuchsanleitungen die Charakteristika der Sicherungstechnik genauer betrachtet werden. Besonders hervorzuheben für die Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken sind der ETCS-Versuchsstand und die BUES 2000-Anlage. Der Versuchsstand soll perspektivisch die Demonstration von ETCS, auch im Hinblick auf verschiedene ETCS-Level, ermöglichen. Hier bietet sich ein Ansatz zur Integration eines BÜ, der nachfolgend genauer untersucht wird. Die BUES 2000-Anlage wird im Abschnitt 5.4 behandelt. Die technischen Voraussetzungen beider Anlagen werden jeweils zuerst beschrieben, bevor Überlegungen für deren Erweiterungen angestellt werden. Einbezogen werden dabei auch Überlegungen zu den Einsatzbedingungen.

Die Entstehung des ETCS-Versuchsstands geht auf die Diplomarbeit von Herrn Dipl.-Ing. Richard Kahl zurück, auf dessen Informationen die Beschreibung der Details der Anlage beruht. Der Versuchstand besteht im Wesentlichen aus einer Gleisanlage mit Modellbahntechnik der Nenngröße IIm, das entspricht einem Maßstab von 1:22,5.

Die Anlage weist die nachfolgend abgebildete Gleisanlage auf.

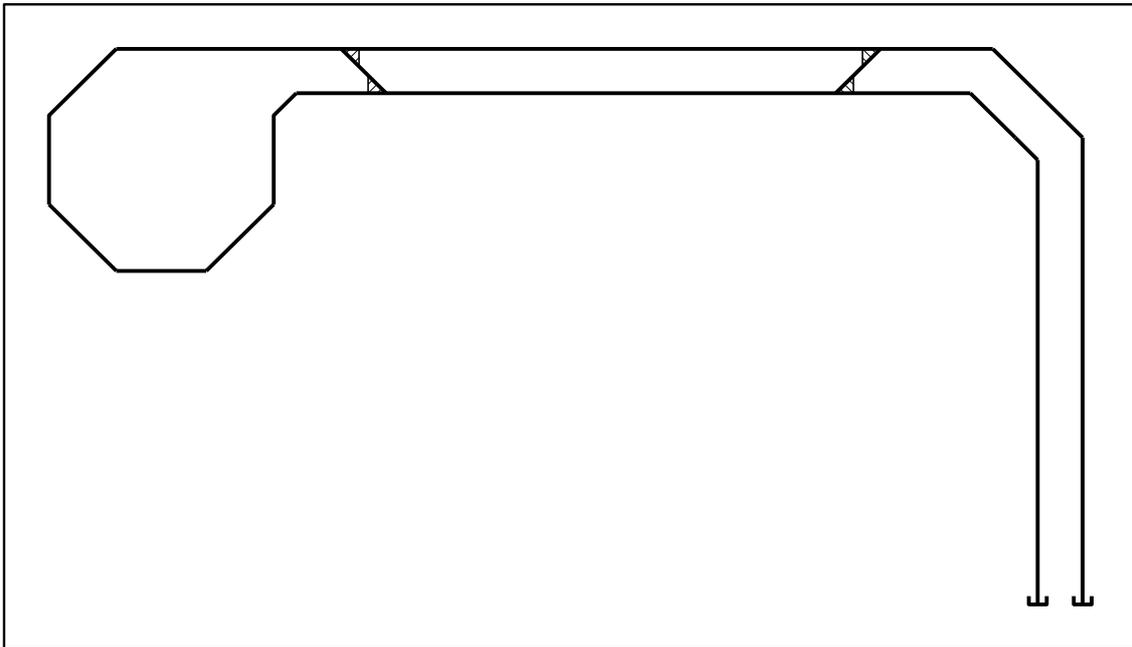


Abb. 29 Gleisplanschema des ETCS-Versuchsstands im SIL

Der Längenmaßstab ist, analog zur Anlage im EBL, auf 1:200 festgesetzt. Darauf bezogen wird auch die Geschwindigkeit, d. h. das Fahrzeug verkehrt umgerechnet mit einer Höchstgeschwindigkeit von $v_{\max} = 300$ km/h. Für die Gleisbögen wurden aus Platzgründen Gleisstücke mit den kleinsten, handelsüblichen Radien verwendet. Trotzdem kann der gesamte Gleisbereich mit der umgerechneten v_{\max} befahren werden. Die Bögen sind virtuell nicht vorhanden. Es ist außerdem möglich, eine eingleisige oder eine zweigleisige Strecke nachzubilden. Dies kann frei gewählt werden. Die vorhandenen Weichen sind dann entweder als Abzweige oder Gleisverbindungen definiert.

Zweck des Versuchsstands ist es, ETCS möglichst umfassend zeigen zu können. Das bedeutet, dass verschiedene Aspekte darstellbar sein sollen. Die Umsetzung der verschiedenen Ausrüstungsstufen ist in der nachstehenden Reihenfolge vorgesehen.

1. ETCS L1 LS
2. ETCS L1 FS
3. ETCS L2
4. ETCS L3

Dabei soll es möglich sein zwischen den vier Optionen nach Bedarf zu wechseln. Bisher kann die Ortung respektive die Korrektur des Ortungsfehlers unter ETCS L2 dargestellt werden. Andere Fälle werden entwickelt oder müssen noch entwickelt werden. Zur Nachbildung der Balisen dienen Radio Frequency Identification-Tags. Diese werden auch

als RFID-Transponder bezeichnet. Abweichend vom Original werden nicht komplette ETCS-Telegramme mit verschiedenen Paketen übertragen, sondern lediglich die ID des Transponders. Anschließend wird ein Abgleich mit einer in einem Computer hinterlegten Datenbank vorgenommen. Die zur ID gehörende Information wird daraus entnommen und die entsprechende Reaktion auf dem Fahrzeug ausgelöst. Es erfolgt also kein Transfer der Information „bit für bit“ vom Transponder auf das Fahrzeug, sondern eine Referenzierung der im Computer gespeicherten Information auf einen Punkt an der Strecke. Ursache ist die begrenzte Zeit, die für ein Auslesen des Transponders zur Verfügung steht. Drei Faktoren beeinflussen diese Zeit:

- Größe der Empfangseinrichtung am Fahrzeug (Antenne)
- Gefahrene Geschwindigkeit des Fahrzeugs
- Datenmenge der Information

Weder kann die Antennengröße beliebig maximiert werden noch soll die Geschwindigkeit für das Auslesen des Transponders begrenzt werden. Somit blieb als Möglichkeit die Begrenzung des Datenumfangs durch das bereits beschriebene Verfahren. Das Prinzip der Datenbankauslese setzt keine Grenzen bei der Verwendung verschiedener Pakete für die Kommunikation zwischen Strecke und Fahrzeug, d. h. es können alle in der SRS festgelegten Pakete projiziert werden.

Besonders hervorzuheben ist, dass jeder Datenpunkt stets durch einen einzelnen Transponder realisiert wird. Eine Kombination mehrerer Balisen, wie es bei realen ETCS-Anwendungen üblich ist, wird nicht gemacht. Technisch kann nur ein Transponder ausgelesen werden, wenngleich geometrisch zwei direkt hintereinander positioniert werden können. Bei einer Größe von 15,0 cm auf 15,2 cm der Antenne (siehe [MET10]) können zwei Transponder in einem minimalen Abstand von ca. 16 cm sicher ausgelesen werden.

Abgesehen von der gerade beschriebenen Einschränkung gibt es keine weiteren Begrenzungen, z. B. hinsichtlich der Anzahl der maximal verwendbaren Transponder.

Die Steuerung des Versuchstandes umfasst momentan lediglich eine Steuerung des Fahrzeugs. Zu diesem Zweck wird ein Rechner (Laptop) an die Gleisanlagen angeschlossen. Auf diesem läuft eine Software, welche mit dem Programmiersystem LabVIEW erstellt wurde. Die damit ausgegebenen Steuerbefehle werden über eine Digitalsteuerung (Selectrix) an das Fahrzeug übertragen, das eine entsprechende Reaktion zeigt. Der Weg läuft also von der Software auf dem Rechner über die digitale Modellbahnsteuerung zum Fahrzeug. Prinzipiell kann über diesen Weg auch weitere Peripherie, d. h. streckenseitige Elemente gesteuert werden. Voraussetzung ist eine Anpassung in der Steuerungssoftware.

Zusätzlich zur Steuerung wird durch die Software auch eine Darstellung des DMI respektive der Anzeige realisiert. Momentan erfolgt dies auf dem Bildschirm des Rechners, zukünftig soll das Bild per WLAN übertragen werden könne. Entweder wird es dann auf eine Leinwand projiziert oder direkt auf mobile Endgeräte der Lernenden. Damit sind Sichteinschränkungen auszuschließen.

5.3.2 Technische Aspekte

Bei der Beurteilung der technischen Umsetzbarkeit eines mit ETCS gesicherten BÜ auf dem ETCS-Versuchsstand sind die im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Merkmale relevant.

Der Längenmaßstab ist derart zu berücksichtigen, dass sämtliche Distanzen auf die maßstäbliche Länge umgerechnet werden müssen. Das betrifft v. a. die Verlegepunkte der Balisen aber auch die Abmessungen der BÜ-Darstellung. Gegebenenfalls müssen aus praktischen Gründen Kompromisse bei der plastischen Darstellung eingegangen werden. Generell besteht über die Geschwindigkeit (Geschwindigkeit ist Weg pro Zeit) eine Abhängigkeit zu den Distanzen. Das könnte bei einer BÜ-Demonstration wegen der Berücksichtigung bestimmter Zeitannteile in der BÜ-Planung zu Platzkonflikten führen. Erst im Rahmen einer Planung können die Details abgestimmt werden.

Eine Umrechnung der Distanzen auf den Maßstab 1:200 stellt aber kein Hindernis dar, da in jedem Fall eine Umrechnung der Werte vorgenommen werden muss. Statt des Maßstabs der Modellbahn (1:22,5) ist der Längenmaßstab (1:200) zu verwenden.

Die im Modell mögliche Geschwindigkeit von 300 km/h verhindert die Umsetzung eines BÜ nicht. Wie im Abschnitt 3.2 beschrieben, dürfen BÜ nur bis zu einer Streckenhöchstgeschwindigkeit von 160 km/h eingesetzt werden. Andernfalls ist nach deutscher Gesetzgebung eine Lösung mit Eisenbahn- oder Straßenüberführung notwendig. Der Geschwindigkeitsbereich des ETCS-Versuchsstands wird für eine BÜ-Demonstration nicht voll ausgenutzt.

Die Variabilität des ETCS-Versuchsstands kann für die Darstellung verschiedener Fälle ausgenutzt werden. BÜ können sowohl auf eingleisigen als auch zweigleisigen Strecken respektive Streckenabschnitten vorkommen.

Geht man von einem eingleisigen Streckenabschnitt unter ETCS L1 LS aus, so kann sowohl der einfachste Fall, ein „Standardfall“, als auch ein Sonderfall wie etwa ein Abzweig in räumlicher Nähe zum BÜ dargestellt werden. In diesem Fall wird die Gleisanlage des ETCS-Versuchsstands als eingleisige Strecke definiert. Die Weichenverbindungen sind dann Abzweige. Durch eine geeignete Projektierung des BÜ kann dann gezeigt werden, wie bei der in Abschnitt 3.2.3 genannten Variante, mit einem vom BÜ

wegführenden Abzweig, die TSR im Abzweig wieder aufgehoben wird. Die Situation könnte dann wie folgt aussehen:

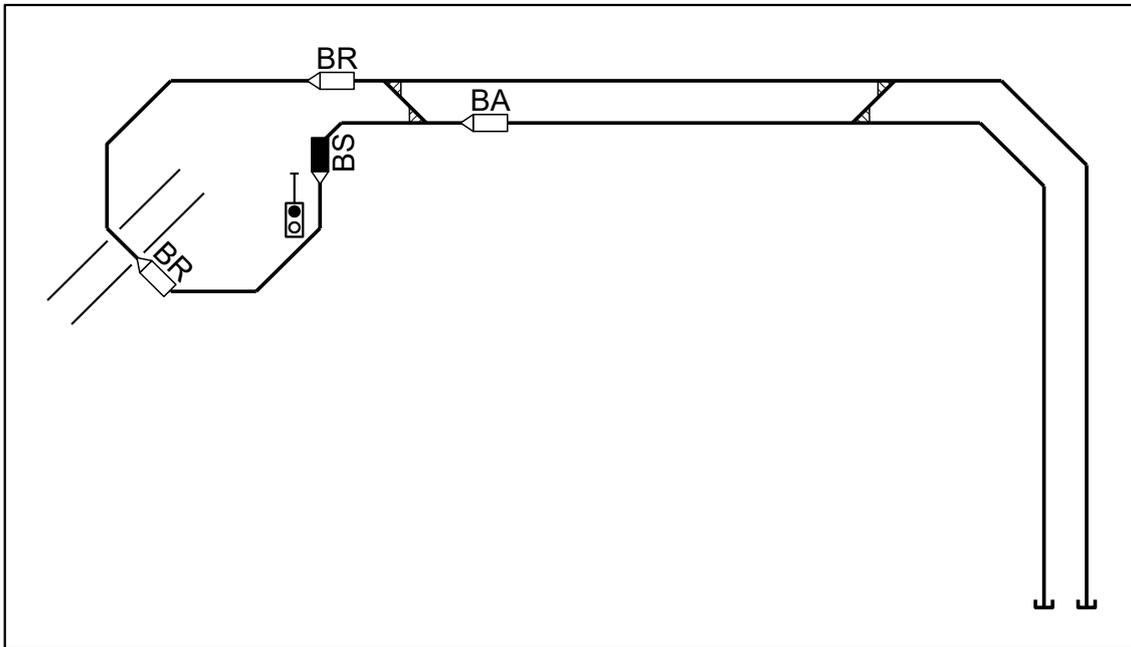


Abb. 30 Sonderfall Abzweig bei ÜS-BÜ auf ETCS L1 LS-Strecke – Vorschlag zur Umsetzung auf dem ETCS-Versuchsstand

Für ETCS L2 kann ebenso unterschieden werden zwischen eingleisiger und zweigleisiger Strecke.

Maßgebend für die Entscheidung, ob eine eingleisige oder zweigleisige Strecke nachgebildet wird, sind letztlich didaktische Überlegungen (siehe Abschnitt 5.3.3); technisch gibt es keine Einschränkung.

Die Nachbildung der Balisen durch RFID-Tags beschränkt die Projektierung von Paketen bzw. Telegrammen nicht (siehe Abschnitt 5.3.1). Damit können auch die für die Sicherung des BÜ vorgesehenen Pakete genutzt werden.

Neben Festdatenbalisen werden für die Einbindung von BÜ bei ETCS L1 LS und ETCS L2 in Deutschland auch Transparentdatenbalisen benötigt. Da beim ETCS-Versuchsstand nur eine Referenzierung eines Telegramms aus der Computerdatenbank auf einen Punkt an der Strecke erfolgt, kann eine Simulation einer schaltbaren Balise erfolgen. Zu diesem Zweck wird die Steuerungssoftware so modifiziert, dass je nach Zustand des BÜ das passende Telegramm ausgelesen wird. Dafür sind die nachstehenden Schritte zu berücksichtigen.

- Der Zustand der technischen Sicherung des BÜ wird dem Rechner mit der Telegrammdatenbank bekannt gemacht.
- Für den Zustand *BÜ ungesichert* wird bei der Datenbankauslese ein Telegramm ausgegeben, welches die Reaktion gemäß der projektierten Pakte (TSR oder LXI) auslöst.
- Für den Zustand *BÜ gesichert* wird dagegen ein Telegramm ausgegeben, welches keine Restriktionen hervorruft. Damit ist ein ungehindertes Passieren des BÜ möglich.

Der Rechner muss ohnehin die Steuerung des BÜ übernehmen. Das bedeutet, dass die Software um ein Modul ergänzt wird, welches einen Einschaltanstoß erkennt, anschließend die Sicherung des BÜ übernimmt und dem Sicherungszustand entsprechend die Datenbankauslese für die schaltbare Balise anpasst.

Der Einschaltanstoß muss vom Fahrzeug ausgelöst werden. Hierzu bieten sich verschiedene Möglichkeiten. Physisch kann mittels Reed-Kontakten, Hall-Sensoren oder Lichtschranke ein Impuls für die Software generiert werden. Die bereits genannte Odometrie-Nachbildung des Versuchsstands kann so modifiziert werden, dass ein virtueller Einschaltkontakt genutzt wird. Technisch machbar sind alle vier Varianten, die Empfehlung für oder gegen eine Möglichkeit muss deshalb aus didaktischen und praktischen Überlegungen heraus geschehen (siehe Abschnitt 5.3.3 und Abschnitt 5.3.4).

Um die Vorgänge bei einem gestörten BÜ auf einer ETCS-Strecke zeigen zu können muss/müssen zusätzlich ein Störfall/mehrere Störfälle programmiert werden. Eine zufällige Störung wird für die Zwecke der Lehre zu einem reproduzierbaren Szenario. Die Fahrzeugsteuerung muss dann das Verhalten im Störfall zeigen. Für ETCS L1 LS ist das die Absicherung mit TSR, für ETCS L2 die Absicherung mit LXI.

5.3.3 Didaktische Aspekte

Eine BÜ-Demonstration auf dem ETCS-Versuchsstand stellt ein reines Anschauungsobjekt dar. Ziel ist es, das Prinzip der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken plastisch darzustellen, begreifbar zu machen. Aus diesem Grund sollte die Situation möglichst einfach gestaltet werden. Es empfiehlt sich also, sowohl für ETCS L1 LS als auch ETCS L2 primär einen Standardfall ohne Besonderheiten zu wählen. Es ist dabei unerheblich, ob es sich um einen eingleisigen oder zweigleisigen BÜ handelt. Ein Unterschied in der Balisenpositionierung ergibt sich lediglich bei ETCS L1 LS. Sonderfälle können vorbereitet werden, sind sinnvollerweise aber nur einzusetzen, wenn bei den Lernenden ein Erkenntnisgewinn zu erwarten ist.

Die Variabilität der Anlage gestattet durch den Wechsel der Ausrüstungsstufe den direkten Vergleich zwischen beiden, was als interessant und vorteilhaft anzusehen ist. Besonders sinnvoll erscheinen die folgenden Vergleiche.

- ETCS L1 LS (eingleisig) zu ETCS L1 LS (zweingleisig)
- ETCS L1 LS zu ETCS L2 (beide entweder ein- oder zweingleisig)

Daraus ergibt sich, dass ein ÜS-BÜ die Grundlage bildet, wird er doch bei beiden Levels gesondert mit ETCS abgesichert. Die Berechnungen und Konzeption des BÜ sollte unabhängig von der Ausrüstungsstufe vorgenommen werden, sodass ein direkter Vergleich zwischen beiden vorgenommen werden kann. Der Unterschied sollte dann nur in der ETCS-Ausrüstung, d. h. der Verlegung der Balisen und der Projektierung der Telegramme bestehen.

Der bereits genannte Störmodus sollte verschiedene Ursachen abdecken. Das kann sowohl ein kompletter Ausfall der Anlage sein, als auch ein Defekt des ÜS. Es wird dann deutlich, dass erst wenn alle notwendigen Bedingungen in Zusammenhang mit dem Zustand BÜ gesichert vorliegen, ein Passieren des BÜ in behinderungsfreier Fahrt möglich ist. Zudem sollte die Möglichkeit einer HET oder Automatik-HET berücksichtigt werden. Ist die technische Sicherung möglich, lediglich der reguläre Einschaltkontakt defekt, so kann der BÜ ersatzweise eingeschaltet werden und anschließend normal befahren werden. Eine genaue Konzeption, abgestimmt auf die Notwendigkeiten der Lehre, ist im Vorfeld der Implementierung wegen der Vielzahl an Möglichkeiten unverzichtbar.

Die Darstellung der Komponenten des BÜ sollte möglichst realistisch erfolgen. Das umfasst neben der schienen- und straßenseitigen Signalisierung auch die Fahrbahn des Straßenverkehrs. Die relevanten Bezugspunkte wie etwa die Kante des BÜ (Straßenfahrbahn), sind dann prägnanter im Vergleich zu einer einfachen farbigen Markierung.

Für die Vorbereitung empfiehlt es sich, eine Installation der Komponenten mit wenigen Handgriffen auf der Anlage, bei der Konzeption zu berücksichtigen. Entweder wird das durch eine eingewiesene Person im Vorfeld erledigt oder unter Einbeziehung der Lernenden. Letztere Variante ist aus didaktischer Sicht wertvoller, da eine Mitwirkung möglich ist. Der Lerneffekt ist größer respektive das Lernen nachhaltiger. Eine detaillierte Anleitung als Grundlage dieses Vorgangs ist dem Versuch beizulegen. Für den Aufbau im Vorfeld ist es im Sinne der Zeitersparnis sinnvoll, einen festen Standort auszuwählen. Alle relevanten Positionen sind dafür entweder mit eindeutigen Markierungen kenntlich zu machen oder müssen durch andere Hilfsmittel leicht bestimmbar sein. Sofern jedoch den Lernenden die Möglichkeit der Interaktion gegeben werden soll, ist es sinnvoll diese Hilfen möglichst unbenutzbar zu machen. Andernfalls

ist der gewünschte Lerneffekt in Frage zu stellen. Die Positionsfindung soll ausschließlich unter Zuhilfenahme eines Maßbands entlang der Gleisachse vorgenommen werden. Auch Kabellängen und andere mögliche Indizien sollten die Positionsbestimmung nicht vorwegnehmen oder erleichtern.

Wert gelegt werden sollte in jedem Fall auf eine gute Einsehbarkeit des Versuchsaufbaus, um allen Lernenden die Chance zu geben, den Ablauf genau verfolgen zu können. Wegen der beschränkten räumlichen Möglichkeiten wird die Anlage jedoch unweigerlich zum Teil von anderen Gerätschaften verdeckt sein.

Keine Sichtprobleme gibt es für die Darstellung des DMI, da diese wie in Abschnitt 5.3.1 auf mobile Endgeräte übertragen werden soll. Zur Vervollständigung der Demonstration ist es zu empfehlen, die DMI-Anzeigen gemäß den Vorgaben zu realisieren. Damit kann auch die Lokführerperspektive gezeigt werden und die Vorgänge noch besser klargestellt werden, als bei einer reinen Beobachtung des Fahrverhaltens. Der Vorgang wird mit den dazugehörigen Werten hinterlegt und somit präziser beschrieben. Bei der Erstellung der vorliegenden Arbeit können mangels Quellen jedoch keine detaillierten Aussagen zur DMI-Anzeige gemacht werden.

5.3.4 Praktische Aspekte

Der Einschaltstoß für die Steuerung kann wie bereits beschrieben verschiedentlich realisiert werden. Sowohl Reed-Kontakt als auch Hall-Sensor bedürfen wegen ihrer Empfindlichkeit und/oder geringen Größe besonderer Vorsicht in der Handhabung und sind daher eher ungeeignet. Die Lichtschranke hingegen ist robuster im Aufbau und leichter in der Handhabung. Hier kann lediglich die Fahrzeugdetektion problembehafteter sein und eine Manipulation durch die Lernenden leicht vorgenommen werden.

Ein virtueller Einschaltkontakt (siehe Abschnitt 5.3.2) stellt für die Versuchsdurchführung die eleganteste Lösung dar, da keinerlei physische Komponenten installiert werden müssen. Gerade aus didaktischen Gründen, ist ein physischer Einschaltkontakt auf der Anlage einem virtuellen vorzuziehen.

Für die Darstellung eines BÜ auf einer ETCS-Strecke ist es vorteilhaft, wenn dies als Versuch oder Demonstrationsmodul aufgefasst wird. Alle notwendigen Komponenten sollten entsprechend vorbereitet z. B. in einem Koffer o. Ä. aufbewahrt werden. Die notwendigen RFID-Tags können vorprogrammiert und eindeutig markiert vorhanden sein (z. B. Markierung mit der Aufschrift „Typ 45“). Wenn sie dann gebraucht werden, sind sie an den richtigen Stellen zwischen die Schienen zu legen. Bei einzelnen Elementen kann es notwendig sein, diese fest mit der Anlage zu verbinden.

Die Anbringung kann zweckmäßigerweise ohne große Modifikation vorgenommen werden. Das schließt z. B. das Bohren von Löchern oder Einfügen von Trennstellen aus. Hintergedanke ist, dass u. U. andere Versuche beeinflusst werden könnten und die größtmögliche Flexibilität beim Aufbau des BÜ-Versuchs gegeben sein soll. Das betrifft v. a. den Vergleich unterschiedlicher Standardfälle (siehe Abschnitt 5.3.3).

In der Idealvorstellung besteht der BÜ aus Teilen der Straßenfahrbahn, die nach dem Auflegen auf die Gleise hinreichend fixiert sind. Daran werden zusammen mit der straßenseitigen Signalisierung die Schranken inklusive Motorantrieb angebracht. Die Befestigung des ÜS hingegen könnte z. B. an den Aluminiumprofilen der Tragkonstruktion der Gleisanlage erfolgen. Die Lichtschranke als Einschaltkontakt sollte direkt am Gleis angebracht werden, gegebenenfalls mit einer Tragkonstruktion. Der Versuchsaufbau erfolgt soweit wie möglich ohne zusätzliches Werkzeug.

Für den Versuch müssen Lichtzeichen, Schranken, ÜS und der Einschaltkontakt verkabelt werden. Hier bietet es sich an, die Komponenten mit einer festinstallierten Anschlussplatte auf der Anlage zu verbinden. Die Entfernung bis dorthin kann mit fest an die Elemente montierten Anschlusskabeln erfolgen. Die Anschlussplatte als zentrale Schnittstelle bündelt alle Leitungen und stellt über ein Datenkabel die Verbindung zum Steuerrechner her.

5.4 Eignungsprüfung des Sicherungstechnischen Labors – BUES 2000-Anlage

5.4.1 Beschreibung der BUES 2000-Anlage

Neben dem ETCS-Versuchsstand existiert, wie bereits genannt, im SIL auch eine BUES 2000-Anlage. Sie bietet im Gegensatz zum ETCS-Versuchsstand bereits eine Demonstrationmöglichkeit einer technischen Sicherung eines BÜ. Es handelt sich dabei um eine originale BÜSA der Firma Scheidt & Bachmann. In diesem Fall wäre die Sicherung mit ETCS nachzurüsten, um die Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken zeigen zu können. Die Informationen zur Anlage wurden hauptsächlich [ME11] und [TU10] entnommen.

An die eigentliche Anlage, bestehend aus Steuerung, einer Schranke, Lz für den Straßenverkehr und zwei ÜS, ist noch eine in der Längen nicht maßstäbliche Modellbahn angeschlossen. Sie dient der Darstellung der Streckenausrüstung und wird für die Demonstration der Anlage genutzt. Die elektronische Steuerung gestattet eine variable Anpassung an die jeweilige BÜ-Situation. Die grundlegende Konfiguration der Anlage ist den zur Verfügung stehenden Quellen nur bedingt zu entnehmen. Eine detaillierte Beschreibung aller Einzelheiten liegt dem Verfasser nicht vor. Für die Überlegungen in

der vorliegenden Arbeit sind bestimmte Punkte von Bedeutung, die ausreichend bekannt sind. Die Struktur der nachstehenden Abbildung ist weitestgehend vereinfacht und aus den verfügbaren Informationen zusammengestellt worden.

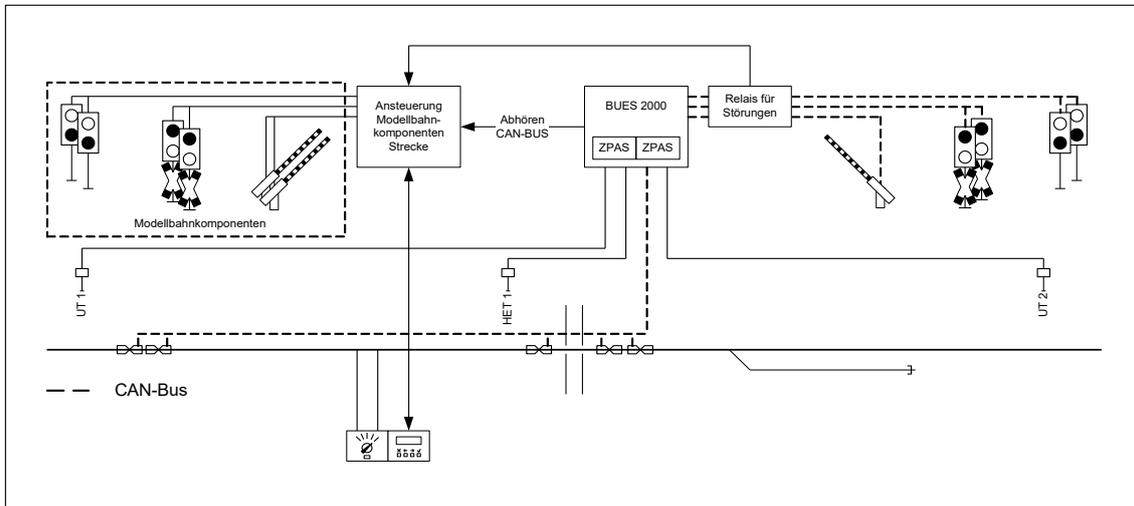


Abb. 31 Struktur der BUES 2000-Anlage

Zwischen der originalen BÜSA und der Modellbahn besteht eine Verbindung, damit ein Aufleuchten z. B. eines ÜS sowohl bei den Originalkomponenten als auch im Modell erfolgt. Hierzu werden laut [ME11] die Informationen aus dem CAN-Bus der Anlage und die Stellungen der Störungsrelais ausgewertet. Die Relais dienen als Unterbrechungsschalter um eine Störung künstlich hervorzurufen. Wird z. B. die Verbindung zur Schranke unterbrochen, so kann diese nicht mehr angesteuert werden und schließt nicht mehr. Die Anlage kann den BÜ dann nicht ordnungsgemäß sichern.

Das Bedienpult der BUES 2000-Anlage dient einerseits dazu das Modellbahnfahrzeug auf der Anlage über einen Drehregler zu steuern. Andererseits wird über den zweiten Teil der Typ des eingesetzten Zentralen Programm- und Anlagenspeichers (ZPAS) an die zentrale Modellbahnsteuerung übermittelt. Der ZPAS ist aus Gründen der Redundanz doppelt vorhanden. Darin ist die Steuerung der Anlage für eine bestimmte Konfiguration hinterlegt. Mit dem Wechsel des ZPAS kann eine andere Konfiguration der BÜSA umgesetzt werden. Aus einem ÜS-BÜ wird dann ein Hp-BÜ, sofern die Außen-elemente entsprechend angepasst werden. Die fünf möglichen Konfigurationen sind:

- FÜ
- Hp/FÜ
- ÜS
- Hp/ÜS
- Hp

Die Möglichkeit der Darstellung verschiedener Überwachungsarten ist für die Lehre von besonderer Bedeutung. Genutzt wird sie, um die Funktionsweise der BÜ-Sicherung mit verschiedenen Konfigurationen zu zeigen und Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede der verschiedenen Varianten hervorzuheben. Zu diesem Zweck wird ein Praktikum durchgeführt, bei dem mit Hilfe einer Praktikumsanleitung und einer Betreuungsperson die Lernenden selbständig Versuche durchführen sollen. Verwendung finden dafür die Konfigurationen ÜS und Hp/Fü, jeweils im Regel- und Störungsbetrieb. In der Praktikumsanleitung [TU10] sind *Versuch 2: Störbetrieb bei ÜS* und *Versuch 4: Störbetrieb in der Überwachungsart Hp/Fü* mit jeweils vier verschiedenen Störungen vorgegeben. Die betrachteten Störungen sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen.

Tab. 25 Störungsfälle der Praktikumsanleitung zur BUES 2000

Störfall	Überwachungsart
Durchgebrannter Hauptfaden eines roten Lichtzeichens	ÜS, Hp/Fü
Haupt- und Nebenfaden eines roten Lichtzeichens sind durchgebrannt	ÜS
getrennte Datenverbindung zum Schranken Antrieb	ÜS
Haupt- und Nebenfaden eines roten Lichtzeichens sind durchgebrannt (in Fü-Richtung)	Hp/Fü
Haupt- und Nebenfaden eines roten Lichtzeichens sind durchgebrannt (in Hp-Richtung)	Hp/Fü
Defekter Einschaltpunkt FS 2/12 (Verbindung zur Einschalt Schleife unterbrochen)	ÜS, Hp/Fü

Ein anderes Vorgehen ist zwar möglich, aber in der Praktikumsanleitung nicht vorgesehen und somit nicht Gegenstand des Praktikums. Theoretisch könnten aus den verschiedenen Konfigurationen des BÜ und den verschiedenen Störungen neue Kombinationen gebildet werden.

5.4.2 Technische Aspekte

Technisch ist bei der bestehenden Anlage, eine original BUES 2000 vorhanden. Neben der störungsfreien Funktion kann mit den eingebauten Störschaltern (Relais) auch ein realistischer Störungsbetrieb der BÜSA simuliert werden. Die Steuerung der Modellbahn erfolgt manuell, d. h. durch die am Praktikum teilnehmenden Lernenden. Sie stellen den Tf und seine Reaktionen dar. Eine Nachbildung der ZB zur Absicherung für den Fall einer Störung fehlt. Dafür wäre eine Steuerung des Fahrzeugs wie z. B. im EBL notwendig. Dort wird das Verhalten mittels Rechner, Software und Selectrix nachgebildet. Diese Struktur existiert bei der BUES 2000-Anlage nicht und müsste deshalb erst aufgebaut werden. Im Prinzip muss zwischen BUES 2000 und Strecke (Modellbahn) ein

Rechner mit Steuersoftware zwischengeschaltet werden. Dessen Software liest den Zustand der BÜSA ein und generiert entsprechende Fahrbefehle für die Digitalsteuerung des Fahrzeugs. Insgesamt erfordert ein solches Vorgehen einen hohen Aufwand für die Implementierung. Im Verhältnis zum angestrebten Nutzen erscheint es nicht gerechtfertigt, auch wenn es prinzipiell möglich ist.

5.4.3 Didaktische Aspekte

Die BUES 2000-Anlage wird wie der ETCS-Versuchsstand als Anschauungsobjekt rein für Demonstrationen verwendet. Ein Einsatz in einer Betriebssimulation wie im EBL ist nicht möglich.

Die Nutzung eines Verkehrshalts kurz vor dem BÜ, wie er bei der BUES 2000 vorgesehen ist, lässt sich durchaus sinnvoll in ein Praktikum einbauen. Die Verwendung eines ÜS-Wiederholers wird auch in der Planungsrichtlinie für ETCS L1 LS berücksichtigt. Für ETCS L2 ist das nicht möglich. Die entsprechenden Teile (ÜS-Wiederholer und Bahnsteig) sind auch vorhanden, sodass dies leicht umsetzbar ist.

Das vorhandene Anschlussgleis (siehe Abb. 31, rechte Seite) kann hingegen nicht sinnvoll eingebunden werden. Bei ETCS L1 LS wird ein vom BÜ wegführender Zweig berücksichtigt. Das heißt, ein Abzweig in der Annäherung an den BÜ, bei dem der BÜ nicht befahren und deshalb auch nicht eingeschaltet wird. Hier könnte gezeigt werden, wie eine angekündigte Restriktion wieder aufgehoben wird, sofern der Abzweig befahren wird. Es handelt sich aber um einen speziellen Fall, der für das Verstehen des grundsätzlichen Verfahrens zur Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken nicht zwingend notwendig ist. Insofern ist es nicht nachteilig, wenn das Anschlussgleis nicht genutzt wird.

Besonders vorteilhaft ist die Möglichkeit, verschiedene Überwachungsarten darzustellen. Wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, werden ÜS und FÜ in ETCS eingebunden. Damit werden diese beiden Fälle relevant. Sie können steuerungsseitig durch Einsetzen des jeweiligen ZPAS vorbereitet werden. Die Modellbahnanlage muss dann mit den entsprechenden Teilen ausgestattet werden (z. B. zwei ÜS für die Überwachungsart ÜS). Hierbei muss die Konfiguration den Regelungen der Ril der DB AG entsprechen. Ein Vergleich zwischen beiden Überwachungsarten ist damit möglich. Mit Hilfe einer Praktikumsanleitung, analog der bisherigen, können dann sowohl ein Versuch im Regelbetrieb als auch ein Versuch mit Störungen je Ausrüstungsfall gezeigt werden. Die Unterschiede in der Reaktion sind dadurch deutlich zu beobachten.

Das bereits bei der Betrachtung der technischen Voraussetzungen beschriebene Fehlen der Darstellung einer ZB macht sich bisher nur bedingt bemerkbar. Der Fokus liegt auf der BÜ-Sicherung, nicht aber auf der Reaktion der ZB. Wünschenswert wäre eine Um-

setzung einer ZB, um die Situation vollumfänglich darstellen zu können. Der beschriebene Aufwand steht dem aber entgegen. Bisher ist für den Bereich der DB AG nach [DB815] Modul 0032 Abschnitt 8 respektive Ril 819.1204 Abschnitt 9 und [819.1310] Abschnitt 8 ein 1 000 Hz-Beeinflussungspunkt am ÜS zu verlegen. Die Überwachung ist auf die Möglichkeiten des Betriebsprogramms PZB90 beschränkt und nicht so umfangreich und variabel anpassbar wie bei ETCS. Falls eine Darstellung der ZB möglich wäre, so könnte der Vergleich zwischen PZB90-Überwachung und ETCS-Überwachung gezogen werden. Dies wäre zu empfehlen, rechtfertigt dennoch nicht den Aufwand für die Umrüstung der Steuerung.

Die Störung der BÜSA kann an dieser Anlage durch realistisch anmutende Defekte gezeigt werden. Ein defekter Schrankenantrieb, erzeugt durch die Unterbrechung der Leitung, ist physisch an den Komponenten vorhanden. Im Gegensatz dazu müssen bei den beiden anderen Anlagen in der Software Defekte programmiert werden. Nach außen hin ergibt sich damit zwar im Ergebnis kein Unterschied. Dennoch ist es eine realitätsnähere Art der Störungserzeugung, die die Verknüpfung von Ursache (Störung) und Wirkung (Prozedur des Passierens eines gestörten BÜ) plastischer zeigt.

5.4.4 Praktische Aspekte

Neben dem beschriebenen hohen Aufwand für die technische Umsetzung für die Modellbahnsteuerung sind die Abmessungen der Modellbahn ein Problem. Sie ist angepasst an die räumlichen Gegebenheiten und in ihrer Länge nicht maßstäblich. Hier wird bisher eine Annäherung Stück für Stück gezeigt. Dabei fährt das Triebfahrzeug nicht durchgehend wie bei einer typischen Zugfahrt sondern sehr langsam, unter Umständen mit Zwischenhalten, je nach Können der Bedienenden und Vorgehen der Betreuungsperson. Im Idealfall würde eine bestimmte Geschwindigkeit eingestellt, die Zugfahrt sich dem BÜ annähern und ihn ungehindert passieren. Die Gleisanlage müsste, die für die Sicherung des BÜ notwendigen Wegstrecken hergeben. Dann könnte der Ablauf besser beobachtet werden. Momentan ist das aber nicht der Fall, so dass keine ungehinderte Fahrt gezeigt werden kann. Da aber durch die Absicherung des BÜ mit ETCS eine Beeinflussung des Fahrtverlaufs zu erwarten ist und eben dies gezeigt werden soll, entsteht hier ein Problem. Im ungestörten Zustand ist kein realitätsnaher Ablauf einer BÜ-Sicherung und Zugfahrt darstellbar. Eine Situation mit einem gestörten BÜ wird deshalb keinen deutlichen Unterschied zeigen und die Auswirkungen der Beeinflussung durch ETCS sind nicht erkennbar. Das spricht klar gegen eine Verwendung der BUES 2000-Anlage für die Lehre in Bezug auf die Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken.

5.5 Empfehlungen zur Implementierung

5.5.1 Vorgehen

Die Untersuchung der drei Laboranlagen in Bezug auf eine Umsetzung eines beispielhaften BÜ auf einer ETCS-Strecke wurde getrennt nach technischen, didaktischen und praktischen Aspekten vorgenommen. Dementsprechend wird eine übersichtliche Darstellung mit Tabellen zu jedem Bereich für alle drei Anlagen vorgenommen.

5.5.2 Empfehlung im Hinblick auf technische Aspekte

Die Steuerung der Anlage des EBL und des ETCS-Versuchsstands können vom Prinzip her als gleichwertig angesehen werden. Beiden zu Grunde liegt die Idee einer rechnergestützten Softwaresteuerung im Zusammenspiel mit einer digitalen Modellbahnsteuerung. Sie unterscheiden sich dabei lediglich in der verwendeten Programmierumgebung. Die Trennung zwischen fahrzeugseitiger und streckenseitiger Steuerung des EBL kann hier vernachlässigt werden. Die Modellbahnsteuerung beruht in beiden Fällen auf dem System Selectrix. Es bieten sich hier vielfältige Möglichkeiten zur Umsetzung eines BÜ-Szenarios, mit gewissen anlagenbedingten Besonderheiten.

Bei der BUES 2000-Anlage dagegen ist die Steuerung für eine Umsetzung nicht geeignet. Hier ist ein größerer Aufwand für die Anpassung nötig, da eine Struktur wie bei den beiden anderen Anlagen erst noch eingeführt werden muss. Sofern eine derartige Anpassung erfolgt, ist technisch die Möglichkeit gegeben.

Zur einfacheren Übersicht werden Machbarkeit und Empfehlung in Tab. 26 zusammengefasst.

Tab. 26 Machbarkeit und Empfehlung zur Implementierung – technisch bedingt

Anlage	ETCS L1 LS		ETCS L2	
	Machbarkeit	Empfehlung	Machbarkeit	Empfehlung
EBL	X	+	X	+
ETCS-Versuchsstand	X	+	X	+
BUES 2000	X	–	X	–

Legende: X gegeben
 + empfehlenswert
 – nicht empfehlenswert

Aus technischer Sicht sind somit EBL und ETCS-Versuchsstand für eine Umsetzung zu favorisieren.

5.5.3 Empfehlung im Hinblick auf didaktische Aspekte

Bei der Betrachtung der didaktischen Aspekte sind je nach Anlage bestimmte Punkte besonders hervorzuheben. Für das EBL ist das zum einen die Möglichkeit der Verwendung des Szenarios in der Betriebssimulation und als Anschauungsobjekt. Zum anderen ist es die Variabilität der Anlage, die einen Wechsel zwischen ETCS L1 LS und ETCS L2 möglich macht, sofern beider Verhalten zukünftig programmiert ist. Der ETCS-Versuchsstand bietet eine große Variabilität nicht nur bei der Darstellung des Levels sondern auch zwischen eingleisiger und zweigleisiger BÜ-Konfiguration. Er kann allerdings nur für Vorführungen und nicht für eine Betriebssimulation genutzt werden. Am bedeutendsten ist die Gelegenheit zur Interaktion für die Lernenden bei der Installation eines BÜ. Durch das Aufbauen des Versuchs können sie mit vorbereiteten Komponenten Schritt für Schritt eine Ausrüstung eines BÜ mit ETCS-Komponenten nachvollziehen. Die BUES 2000-Anlage hebt sich von den beiden anderen Anlagen wegen der Vorbildtreue in der Steuerung der BÜSA besonders heraus. Hier kann die BÜSA dank der Originalkomponenten besonders realitätsnah dargestellt werden. Bewertet man die drei Anlagen so ergibt sich die Übersicht gemäß Tab. 27.

Tab. 27 Empfehlung aus didaktischer Sicht

Anlage	ETCS L1 LS	ETCS L2
EBL	++	++
ETCS-Versuchsstand	++	++
BUES 2000	+	+

Legende: + zu empfehlen
 ++ besonders zu empfehlen

Die im Vergleich schlechte Bewertung der BUES 2000 ist v. a. in der fehlenden Nachbildung einer ZB und begründet.

5.5.4 Empfehlung im Hinblick auf praktische Aspekte

Die praktischen Aspekte betreffen v. a. Probleme bei der Umsetzung, die aus den Eigenschaften der drei Anlagen herrühren. Bei der Betrachtung von EBL und ETCS-Versuchsstand wurde darauf hingewiesen, dass bei beiden Anlagen Probleme auftreten können. Durch geschickte Wahl bestimmter Parameter und Rahmenbedingungen bei der Planung einer Implementierung kann dem jedoch begegnet werden. Die BUES 2000-Anlage hingegen ist wegen ihrer nicht maßstäblichen Längen aus praktischer Sicht schwer anzupassen. Wollte man die Anlage für eine Darstellung der Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken anpassen, so handelt es sich faktisch um einen Neu-

aufbau der Modellbahn. Die Bewertung ergibt sich deshalb gemäß der nachstehenden Tabelle.

Tab. 28 Empfehlung aus praktischer Sicht

Anlage	ETCS L1 LS	ETCS L2
EBL	+	+
ETCS-Versuchsstand	++	++
BUES 2000	--	--

Legende: + zu empfehlen
 ++ besonders zu empfehlen
 -- auf keinen Fall zu empfehlen

5.5.5 Zusammenfassung der Empfehlungen

Aus den gezeigten Bewertungen kann insgesamt geschlussfolgert werden, dass eine Umsetzung auf der BUES 2000-Anlage nicht sinnvoll ist. Lediglich bei einer grundlegenden Veränderung der Anlage ist der Aufwand vertretbar.

Für das EBL und den ETCS-Versuchsstand kann eine Umsetzung hingegen empfohlen werden. Die verfügbaren Ressourcen setzen – wie so oft – hier sicherlich Grenzen. Dennoch ist eine Umsetzung zu forcieren. Eine Vergabe als studentische Arbeit ist die wahrscheinlichste Möglichkeit.

Als Grundlage für das EBL kann dabei das Beispiel aus Abschnitt 6 dienen. Es wurde bewusst auf die Laboranlage abgestimmt. Wird es umgesetzt, so ist neben der Planung bereits eine Aufbereitung für die Vorlesungsunterlagen erfolgt. Damit wird der Gedanke der Abstimmung zwischen Vorlesung und Laboranlagen aufgegriffen, wonach das EBL die Lehrinhalte an Beispielen veranschaulichen soll. Der Arbeitsaufwand beschränkt sich dann idealerweise lediglich auf die Installation der notwendigen Modellbahnkomponenten und die Programmierung. Hier gilt es zusätzlich die Ergebnisse der Masterarbeit zur Darstellung von ETCS im EBL [ER15] abzuwarten. Eine isolierte ETCS-Darstellung nur im Bereich des BÜ wäre nicht zu empfehlen. Sofern eine Implementierung von ETCS auf der Strecke Zellwald – Adorf in [ER15] empfohlen wird, ergibt ein BÜ auf dieser Strecke auch Sinn.

Aufbauend auf die vorliegende Arbeit kann für den ETCS-Versuchsstand ein Versuch „BÜ auf einer ETCS-Strecke“ erarbeitet werden. Die Erkenntnisse aus Abschnitt 5.3 sollten dafür berücksichtigt werden und eine detaillierte Konzeption erfolgen. Ziel muss es sein die Möglichkeiten der Anlage auszunutzen, also beide relevanten Level und die Fälle eingleisige und zweigleisige Strecke. Insgesamt sollte eine möglichst umfassende

Darstellung der Situation angestrebt werden. Zusammen mit den didaktischen Vorteilen eines solchen Versuchsaufbaus und seinen Einsatzmöglichkeiten ist hier der größte Nutzen für die Lehre zu erwarten. Werden die Berechnungen für die technische Sicherung in die Vorlesungsunterlagen für das Modul zur vertieften Betrachtung von Stellwerkstechniken und Bahnübergangssicherung eingearbeitet besteht auch dort eine Verknüpfung zwischen Vorlesung (Theorie) und Versuch (Praxis).

Wird von einer Umsetzung der Einbindung eines BÜ auf einer ETCS-Strecke auf allen drei betrachteten Anlagen ausgegangen, kann für die Reihenfolge der Umsetzung empfohlen werden:

1. ETCS-Versuchsstand (BÜ-Versuch)
2. EBL (km 17,3/km 17,4)
3. BUES 2000-Anlage (optional)

Alle Umsetzungen müssen im Vorfeld einer genauen Analyse der Anforderungen der Lehre unterzogen werden und eine passende Konzeption berücksichtigen. Wie bereits für EBL und ETCS-Versuchsstand angesprochen sind studentischen Arbeiten, unabhängig von der Anlage, als wahrscheinlichste Möglichkeit zur Implementierung anzusehen.

6 Anwendung der Planungsregeln

6.1 Vorgehen bei der Entwicklung des Planungsbeispiels

In Kapitel 3 wurden die Lösungen verschiedener Länder zur Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken vorgestellt. Neben der Gegenüberstellung in Kapitel 4 werden nun die Vorgaben der PT1 Planung der DB AG auf einen konkreten BÜ angewendet. Es handelt sich um ein fiktives Beispiel, das rein für die Zwecke der Lehre konzipiert wird. Der Projektname lautet „BÜ Klardorf“. Die Laboranlage des EBL stellt dabei die Basis dar. Das hat den Vorteil, dass die Gegebenheiten der Strecke bestimmte Punkte vorgeben. Es ergeben sich wie bei realen Planungen bestimmte Zwänge. Diese haben zur Folge, dass u. U. bestimmte Varianten diskutiert werden können. Es wird fiktiv angenommen, dass ein BÜ am km 17,4 der Strecke zwischen Zellwald und Adorf zu errichten ist. Diese Stelle wurde bereits bei der Konzeption der Laboranlage für eine BÜ-Darstellung vorgesehen (siehe Abschnitt 5.2.4). Die Berechnungen und Annahmen werden so getroffen, dass eine Umsetzung im EBL erfolgen kann. Der Standort des BÜ ist im folgenden Gleisplanschema des EBL rot markiert.

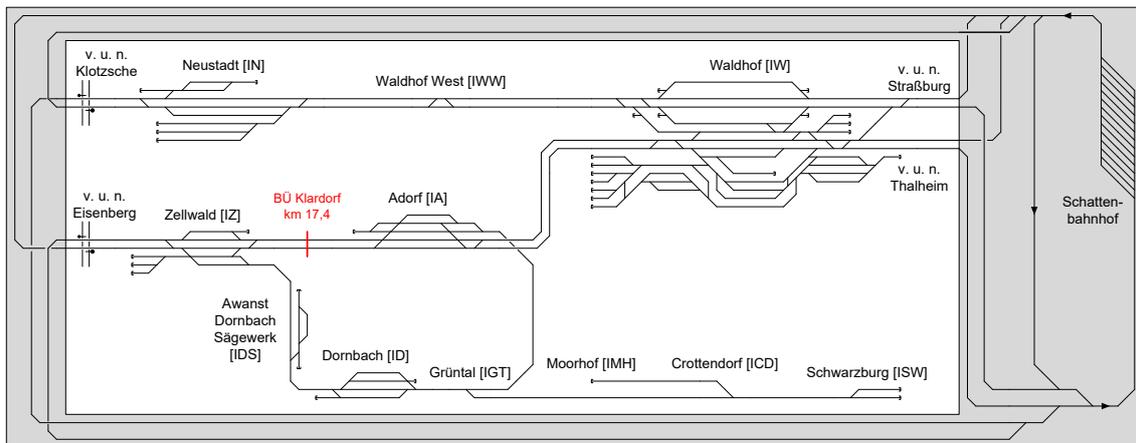


Abb. 32 Standort BÜ Klardorf im EBL

Nach der Berechnung und Projektierung der technischen Sicherung des BÜ wird zuerst eine Planung der Ausrüstung mit Balisen für ETCS L1 LS und anschließend für ETCS L2 vorgenommen. Ziel ist es, anhand eines Beispiels beide Varianten darzustellen. Einerseits damit die BÜ-Planung nur einmal vorgenommen werden muss, andererseits, damit beide Ausrüstungsstufen direkt miteinander verglichen werden können. Das bietet bei einer Umsetzung auf der Laboranlage den Vorteil der Levelunabhängigkeit, da beide Planungen bereits vorliegen. Es kommt nur ein ÜS-BÜ in Frage, denn nur dieser wird bei beiden Ausrüstungsstufen gesondert in ETCS eingebunden und bietet eine relevante Absicherung bei Ausfall der BÜSA. Eine Bestimmung anhand der Vorgaben der Regelwerke kann deshalb nicht berücksichtigt werden. Eine Darstellung eines

Fü-BÜ ergibt wenig Sinn, da hier lediglich eine Anzeige der Einschaltstrecke am DMI vorgenommen wird (siehe Abschnitt 3.2.4.3).

6.2 Grundlegende Bahnübergangsplanung

Die in Abschnitt 6 beschriebene Lage gibt bestimmte Werte vor, die bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Diese Ausgangswerte für die Berechnung werden in einer Tabelle zusammengefasst.

Tab. 29 Ausgangswerte der Eisenbahnstrecke Zellwadi – Adorf

Eigenschaft	Variable	Wert	Einheit
Streckengeschwindigkeit	v_E	160	km/h
Langsamste Regelzüge	v_{EL}	80	km/h
Bremsweg der Strecke (Abstand ÜS-BÜ)	s_{br}	1 000	m

Grundlage für die Planung sind verschiedene Planungsregelwerke für BÜ respektive deren technischer Sicherung. Im Einzelnen sind das:

- DB AG
 - Ril 815
 - Ril 819.12
 - TM 2008 – 171 - I.NVT 3
- Scheidt & Bachmann, Planungshinweise zur Planung von technischen BÜ-Sicherungen der Bauform BUES 2000

Die Berechnung der technischen Sicherung wurde mit dem Berechnungshilfsmittel [DBV01] vorgenommen (siehe Anhang B: BÜ Klardorf – Berechnung der technischen Sicherung). Teilweise widersprüchliche Angaben der Ril und Planungshilfen wurden bestmöglich in Einklang zueinander gebracht (z. B. Sichtzeit t_{TFUES} ⁸).

Bevor die Berechnung erfolgt, wird der Zustand des Streckenabschnitts Zellwald – Adorf zwischen den Blockstellen Papiermühle und Klausenburg gezeigt. Die Darstellung erfolgt, im Vorgriff auf die folgenden Abschnitte der vorliegenden Arbeit und in Anlehnung an einen ETCS-Übersichtsplan. Abgebildet werden sowohl das Neigungs- als auch das Geschwindigkeitsband. Die realen Neigungen der Laboranlage des EBL werden an dieser Stelle zwar gezeigt, im Weiteren zur Vereinfachung

⁸ Für t_{TFUES} können aus den Regelungen und dem Berechnungshilfsmittel drei verschiedene Werte (7 s, 7,2 s und 9 s) entnommen werden. Als Kompromiss für die Sichtzeit wurden 7,2 s verwendet (siehe Berechnung BÜ Klardorf mit [DBV01])

hingegen nicht verwendet und eine vollkommen ebene Trassierung angenommen. Die angegebenen Neigungswerte wurden mit Hilfe von Dipl.-Inf. Walerian Nesterenko M.Sc. aus der Streckendatei des EBL ausgelesen.

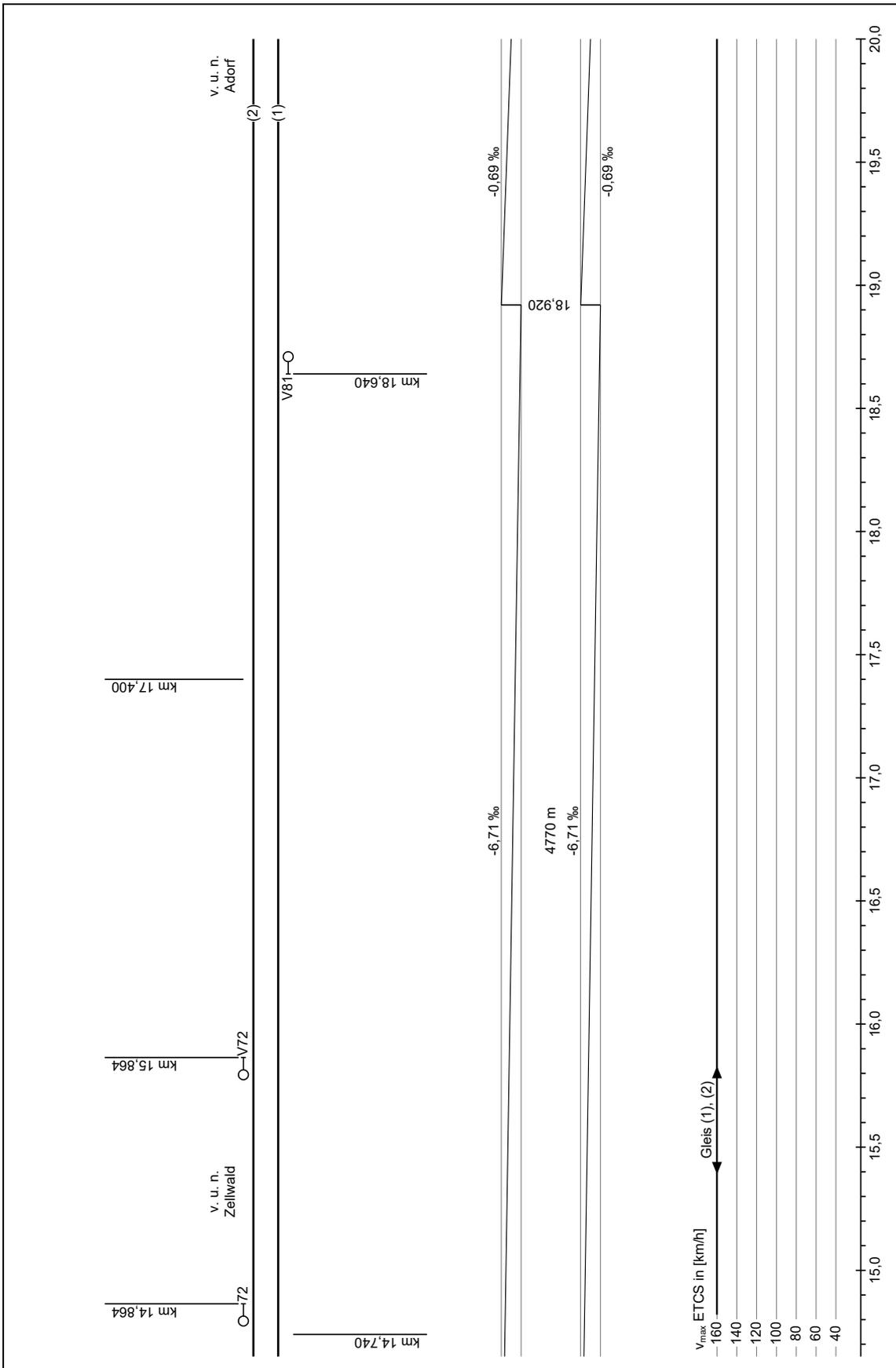
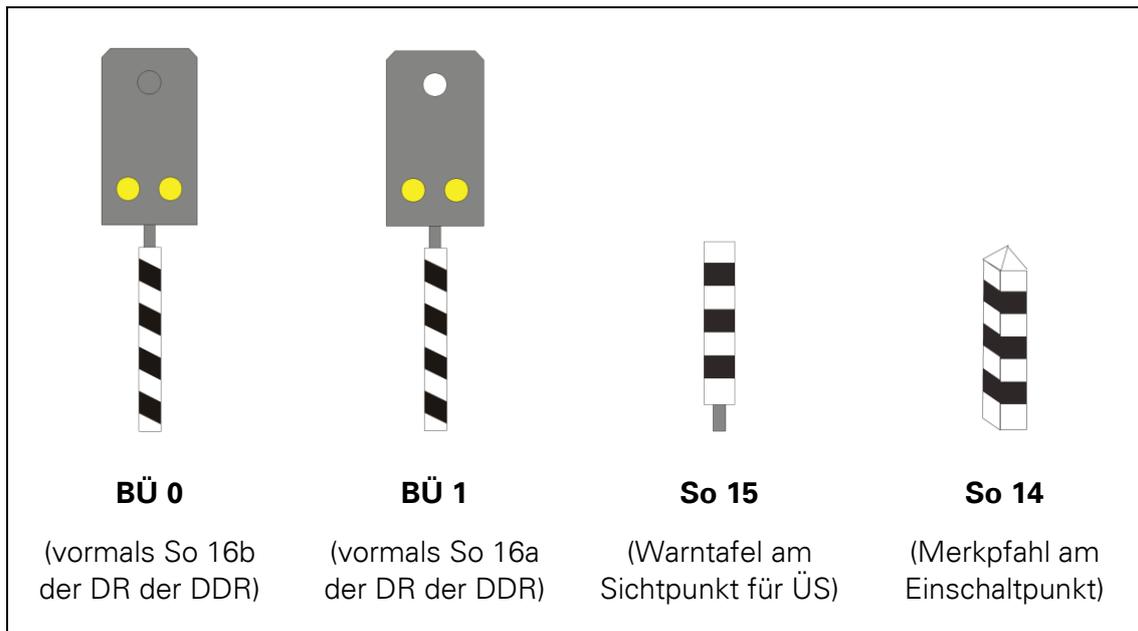


Abb. 33 BÜ Klardorf – Ausgangslage

Die zu errichtende BÜSA wird als BUES 2000 der Firma Scheidt & Bachmann errichtet und mit LZ und Halbschranken (H) ausgerüstet. Es handelt demnach um die Bauart BUES 2000 LZH. Die Signalisierung schieneneseitig erfolgt gemäß [TM2008] Abschnitt 4, 5, 6 und 7 und [DB301] Abschnitte 2, 3, 5, und 7 für das DV-Gebiet. In den Plänen dargestellt werden lediglich die nachfolgend abgebildeten Elemente, zuzüglich Gleisschaltmittel.

**Abb. 34 BÜ Klardorf – für die Darstellung verwendete Signale aus [DB301]**

Aus Platzgründen fiel die Wahl auf Achszähler anstelle der für die Bauart der BÜSA standardmäßig vorgesehenen Induktionsschleifen als Gleisschaltmittel. Die Forderung der Verwendung einer linienförmigen Ausschaltung wie in [DB815] Modul 0032 Abschnitt 4 wird dennoch eingehalten. Es handelt sich hierbei um eine Vereinfachung für das Planungsbeispiel, nicht nur wegen der begrenzten Platzverhältnisse in den Plänen. Weitere, nicht genannte Bestandteile der technischen Sicherung, werden zur Wahrung der Übersicht vernachlässigt. Im Fokus steht die ETCS-Planung nicht jedoch die BÜ-Planung.

Bei der Berechnung können im Rahmen des Projekts BÜ Klardorf bestimmte Parameter frei gewählt werden. Unter anderem trifft das auf die Eigenschaften der kreuzenden Straße zu. In der nachfolgenden Tabelle werden die gewählten oder durch [DB815] vorgegebenen, relevanten Werte angegeben. Letztere sind mit dem Zusatz [V] gekennzeichnet.

Tab. 30 BÜ Klardorf – Grunddaten zur Berechnungen zur technischen Sicherung

Eigenschaft	Variable	Wert	Einheit
zugrunde gelegte Straßengeschwindigkeit	$v_{St,max}$	70	km/h
minimale Räumgeschwindigkeit Straßenfahrzeuge	$v_{St,min}$	10	km/h
maximale Länge Straßenfahrzeuge inkl. Ladung ⁹ [V]	l_{St}	20	m
maximale Teilsperrstrecke (Lz – Schranke)	d_1	1	m
maximale Räumstrecke	d_2	11	m
maximale Sperrstrecke	d	12	m
Gelbzeit ¹⁰ [V]	t_G	5	s
erforderliche Vorleuchtzeit	t_l	12	s
maximale Schrankenbaumlänge	S_{bl}	5	m
Schrankenschließzeit	t_s	6	s
Schrankenöffnungszeit	t_o	6	s
Restzeit (Sollwert \triangleq gewählt)	t_w	8	s
Sichtzeit auf das Überwachungssignal (Sollwert)	$T_{tf,UES}$	7,2	s

Bei der Planung wird von einem BÜ ausgegangen, bei dem kein Fuß- oder Radweg vorhanden ist. Sämtliche Werte und Vorgaben zu Fußgängern bleiben deshalb unberücksichtigt. Lediglich die Straße kreuzt, wie in der nachstehenden Abbildung dargestellt, hier die Eisenbahnstrecke. Die Abmessungen wurden unter Zuhilfenahme von [DB815] Modul 0032, [TU11A] Abschnitte 1 und 2 sowie [TU11B] Teil Entwurfselemente im Querschnitt – einbahnige Regelquerschnitte festgelegt.

⁹ siehe Ril 815.0020 Abschnitt 1

¹⁰ siehe Ril 815.0033 Abschnitt 2

Tab. 31 BÜ Klardorf – Berechnungsergebnisse zur technischen Sicherung

Eigenschaft	Variable	Wert	Einheit
Vorleuchtzeit für Fahrzeuge	t_l	10	s
Mindestwert der Vorleuchtzeit für Fahrzeuge [V]	t_l	12	s
errechnete Nachlaufzeit	t_n	7	s
gewählte Nachlaufzeit	t_n	10	s
Annäherungszeit ($13 + 0,36 \cdot d$)	t_a	18	s
Annäherungszeit ($t_l + t_s + t_w$)	t_a	26	s
Einschaltstrecke	s_e	1 987	m

Mit den errechneten Werten und den zu anfangs genannten Vorgaben zur Signalisierung aus Modul 1501 in [DB301] bzw. [TM2008] kann die BÜ-Planung dargestellt werden. Die Ausrüstung erfolgt vorschriftskonform für jedes Streckengleis sowohl in als auch entgegen der regulären Fahrtrichtung. Darauf aufbauend erfolgt in Abschnitt 6.3 und Abschnitt 6.4 die ETCS-Planung.

Einzig der Standort des Signals So 15 ist noch zu beraten. Nach [TM2008] Abschnitt 3 ist der Standort in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit zu berechnen. Als Grundlage wird dafür ist folgende Gleichung angegeben:

$$t_{TUES} * v_E \leq s_{AK} \leq 400m \quad (3)$$

Somit ergibt sich bei $v_{max} = 160$ km/h für die Strecke Zellwald – Adorf ein Abstand von genau 320 m zum ÜS.

Sämtliche Darstellungen zum BÜ Klardorf in der vorliegenden Arbeit sind nicht maßstäblich. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die grafische Umsetzung nicht mit einer CAD-Software erfolgte. Es ist nicht das Ziel einen in allen Teilen detaillierten Plan zu generieren, stattdessen ist eine für die Lehrmaterialien passende und auf das Wesentliche reduzierte Darstellung gewünscht. Die Längenverhältnisse, d. h. die Abstände von der Mitte des BÜ entsprechen weitestgehend einem Maßstab von 1:2 000. Der Kreuzungsbereich von Schienenweg und Straße weicht jedoch ab, denn bei der Erstellung der Abbildungen wurde die Signalschablone 2.0 von Dr.-Ing. Ulrich Maschek (vgl. Abkürzungsverzeichnis) verwendet. Die Symbole sind in ihrer Größe nicht dem Maßstab angepasst. Im Kreuzungsbereich stimmt die Ausdehnung der Straßenfahrbahn, der Achszähler und der Balisen nicht. Hier wird eine Anordnung in der richtigen Abfolge dargestellt und einzelne Elemente bei Bedarf mit der richtigen Kilometrierung versehen. Die Lage wird grundsätzlich in allen weiteren Abbildungen auf bestimmte Punkte wie z. B. die Mitte eines Achszählers bezogen. Diese Bezugspunkte sind exakt eingemessen,

sodass die Abstände der Elemente adäquat gezeigt werden können. Die Beschriftung der Balisen und BG erfolgt wegen der fehlenden Maßstäblichkeit und des begrenzten Platzes nicht vorschriftsgemäß über oder unter den Symbolen. Sie werden so angeordnet, dass eine eindeutige Zuordnung bei gleichzeitig möglichst guter Lesbarkeit gegeben ist.

Die Elemente der technischen Sicherung werden rot dargestellt. Diese Farbgebung steht in sicherungstechnischen Lageplänen üblicherweise für neu zu bauende Elemente. Es wird angenommen, dass schrittweise neue Elemente hinzukommen. Jeder vorhergehende Schritt ist als Bestand aufzufassen, der durch weitere Komponenten ergänzt wird. Der Unterschied zur Ausgangslage soll durch das genannte Vorgehen hervorgehoben werden. In den beiden folgenden Abschnitten (6.3 und 6.4) wird das Vorgehen so fortgeführt.

Vorausgesetzt wird bei der Planung, dass die Strecke mit ETCS ausgerüstet werden soll. Das muss nicht der Realität entsprechen und hat gewisse Vereinfachungen zur Folge. Hier bleibt abzuwarten welche Ergebnisse und Empfehlungen [ER15] liefert. Es kann für die vorliegende Arbeit nicht auf fertige Planungen zurückgegriffen werden. Folglich werden außer den Balisen die wegen des BÜ projiziert werden keine weiteren berücksichtigt, sofern nicht eine Schnittstelle zum BÜ angenommen werden kann. Auch ETCS Stop Marker die bei der ETCS-Planung notwendig sind, werden nicht berücksichtigt.

Die Höchstgeschwindigkeit der Strecke beträgt, wie schon bei den Berechnungen zur technischen Sicherung des BÜ genannt, in diesem Abschnitt für beide Richtungen 160 km/h. Eine höhere Geschwindigkeit unter ETCS wird nicht angenommen.

Die Kilometerangaben unter Neigungs- und Geschwindigkeitsband können wegen der beschriebenen Maßstabsproblematik nur für die Ausgangslage der Anlage sinnvoll angesehen werden. Alle weiteren Abbildungen ab hier bedürften einer Manipulation der Kilometerangabe. Sie wird deshalb weggelassen. Somit ergibt sich die Situation wie in der folgenden Abbildung gezeigt.

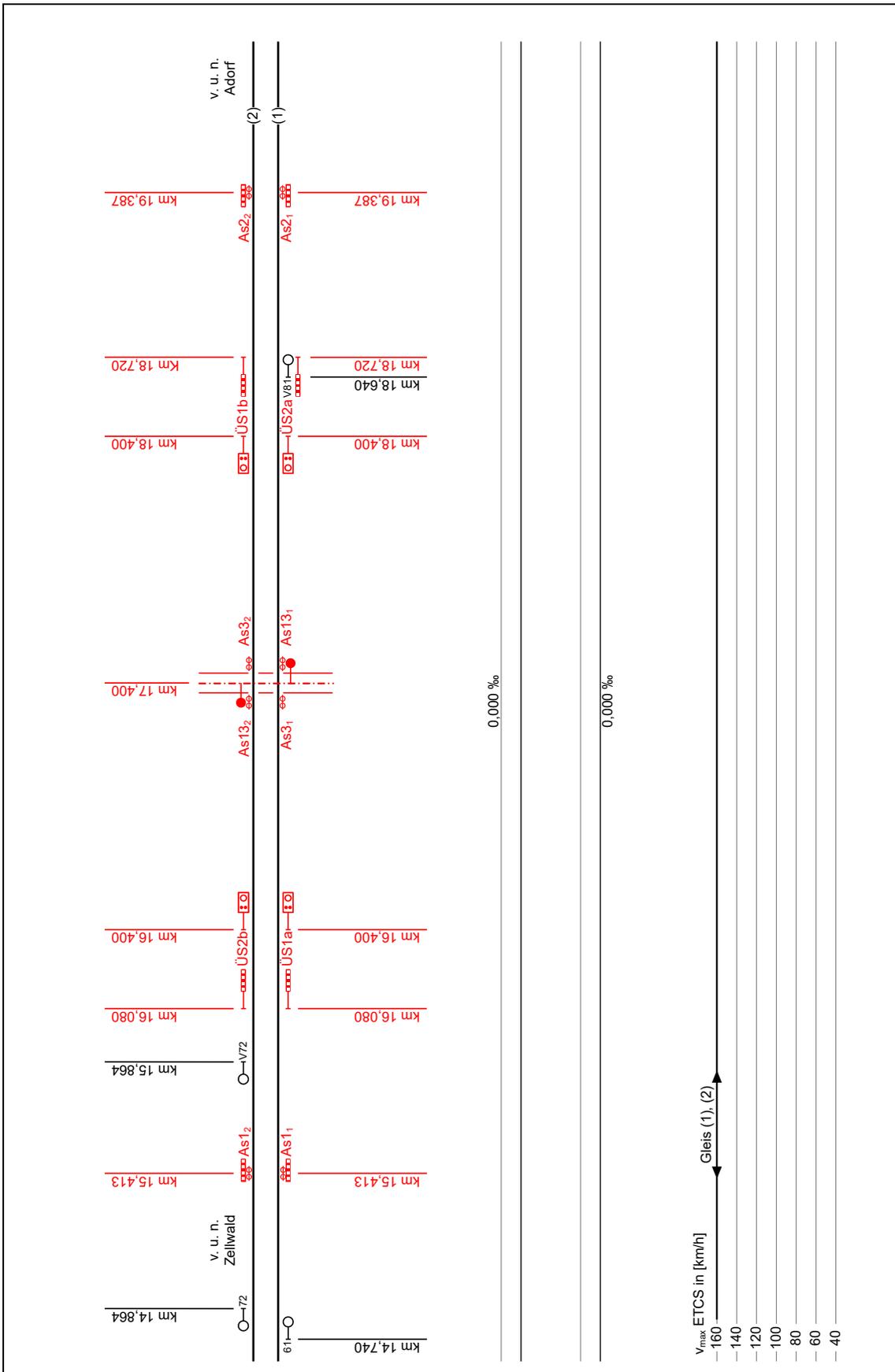


Abb. 36 BÜ Klardorf – Gesamtansicht zur technische Sicherung

Die Darstellung berücksichtigt den gesamten relevanten Streckenbereich, ausgehend vom Ursprung am km 17,4. Zur detaillierten Betrachtung werden die Bereiche vor dem BÜ in absteigender und aufsteigender Kilometrierung getrennt gezeigt.

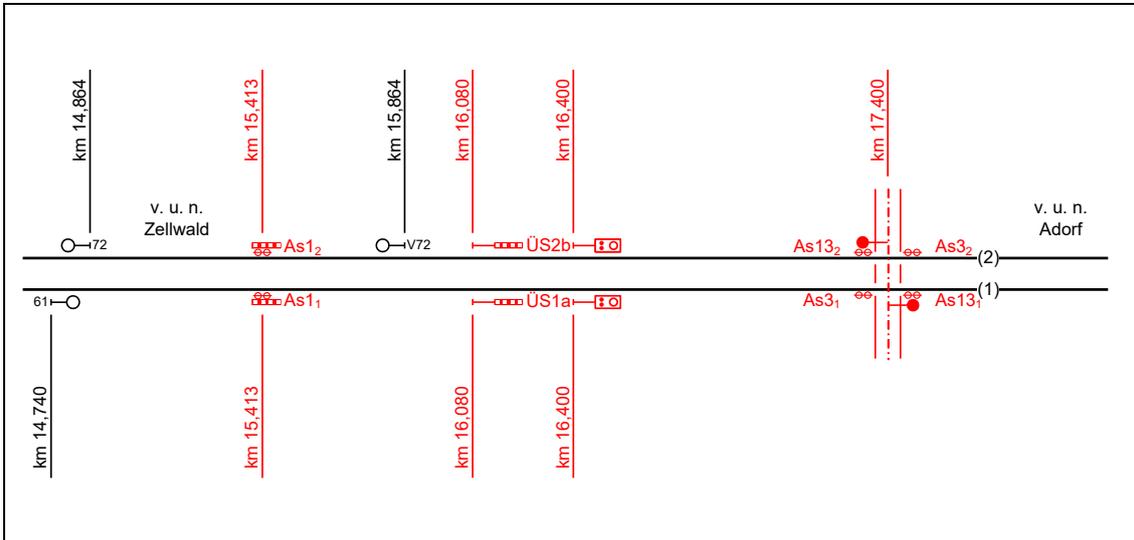


Abb. 37 BÜ Klardorf – Teilansicht 1 zur technische Sicherung

Das Signal 61 sowie das Signal 72 mit dem zugehörigen Vsig V72 sind der Blockstelle Papiermühle am km 14,8 zuzuordnen. Am Einschaltpunkt (km 15,511) in Fahrtrichtung der aufsteigenden Kilometrierung sind Achszähler mit Richtungserkennung verbaut, die bei Überfahrt eines Fahrzeugs den Einschaltanstoß geben. Das dort aufzustellende Signal So 14 ist im Mindestabstand von 5 m vorgesehen. Die geringe Länge dieses Abstands kann nicht maßstabsgerecht dargestellt werden. Hinter dem BÜ ist je Gleis ein Achszähler mit Richtungserkennung zur Ausschaltung verlegt. Eine Richtungserkennung ist nicht zwingend notwendig, da die Ausschaltung stets nach dem Befahren des BÜ erfolgt. Hierüber könnte dank der Richtungserkennung bei Bedarf eine Automatik-HET-Funktion realisiert werden. Dieser Fall wird hier nicht betrachtet.

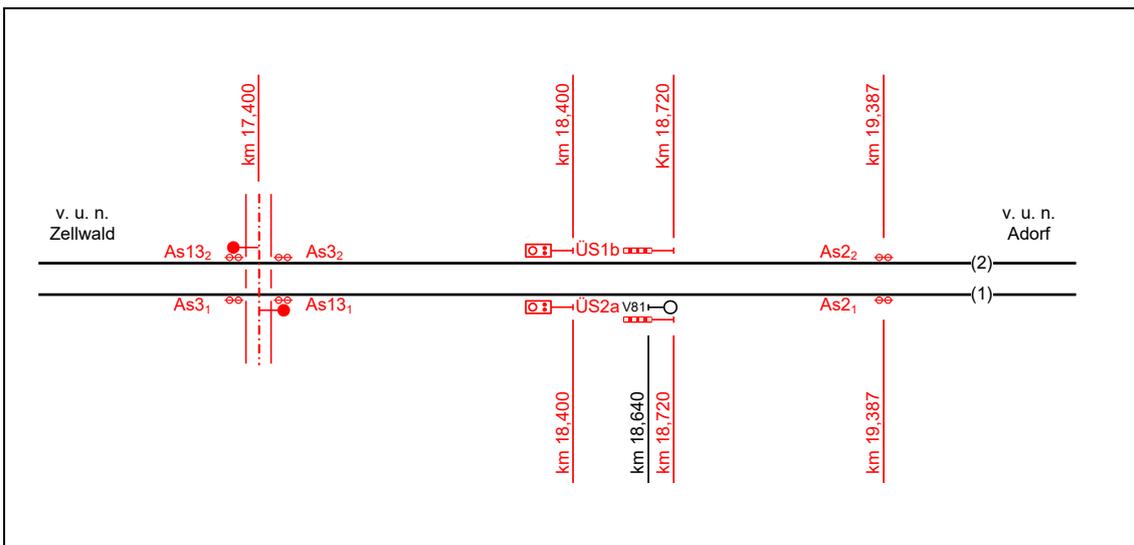


Abb. 38 BÜ Klardorf – Teilansicht 2 zur technische Sicherung

Ebenfalls zu einer Blockstelle gehört das Vsig V81 in der Abbildung für die Fahrtrichtung in absteigender Kilometrierung. Es handelt sich um die Blockstelle Klausenburg am km 19,3. Auch hier sind am Einschaltpunkt richtungsselektive Achszähler zur Einschaltung und das dazugehörige So 14 vorgesehen.

Die Achszähler zur Ausschaltung des BÜ sind im Mindestabstand von 30 m verlegt, d. h. jeder Achszähler ist von der Mitte des BÜ ausgehend in Richtung Strecke in 15 m Abstand verlegt. Die Symbole sind nicht maßstäblich, so dass die Ausdehnung in der Darstellung weiter reicht als in der Realität. Relevanz hat dieser Umstand später, wenn Balisen direkt an der Kante (ETCS L1 LS) und 100 m davor (ETCS L2) verlegt werden. Dann kommt es zu einer Überlagerung, die in der Realität nicht vorhanden ist.

Die Bezeichnung der Achszähler wurde in Anlehnung an die Beispiele der ergänzenden Planungsrichtlinie [SB2000] für die BUES 2000 vorgenommen. Etwaige Abweichungen von der Realität sind darauf zurückzuführen, dass eine adäquate Referenzsituation nicht aufzufinden war. Stattdessen wurde für die vorliegende Arbeit eine möglichst sinnvolle und logische Nummerierung auf Basis der Abschnitte

- 6.4.1
- 6.4.2
- 6.4.4
- 6.4.5
- 6.4.6

von [SB2000] vorgenommen.

Die Nummerierung dient lediglich der Orientierung, um eine eindeutige Benennung verwenden zu können. Im Falle einer Umsetzung des Planungsbeispiels ist eine Kontrolle und eventuelle Korrektur unerlässlich.

6.3 Planung der Ausrüstung mit ETCS L1 LS

Nach den Vorschriften zur Planung von BÜ auf Strecken mit ETCS L1 LS (siehe Abschnitt 3.2.3) sind die Balisen wie in der folgenden Abbildung zu verlegen.

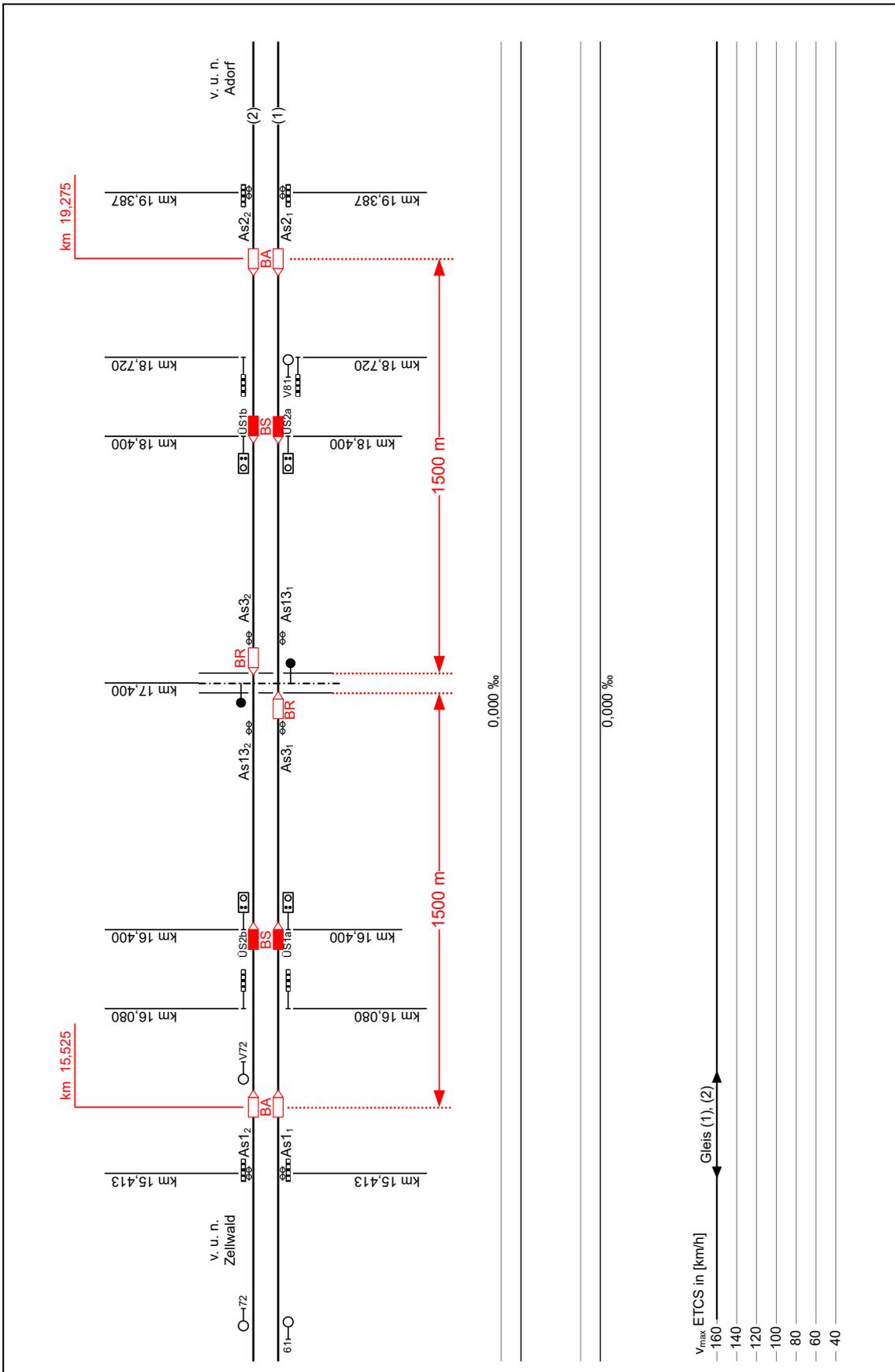


Abb. 39 BÜ Klardorf – Gesamtansicht der Ausrüstung mit ETCS L1 LS

Die Gesamtansicht wird ebenfalls unterteilt in die Bereiche vor dem BÜ in absteigender und aufsteigender Kilometrierung.

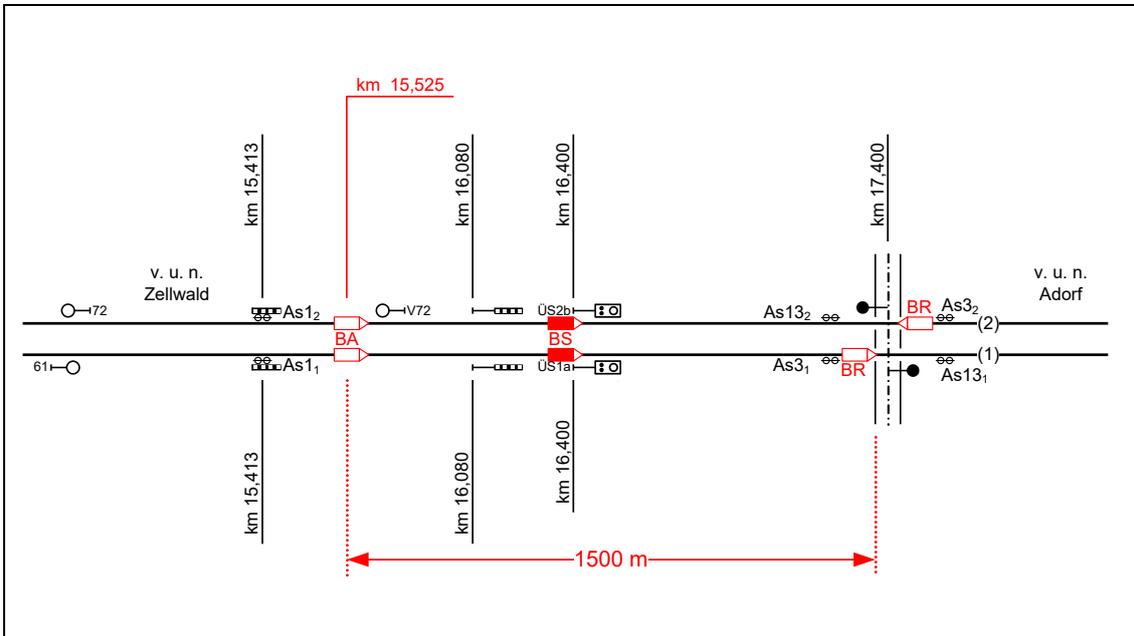


Abb. 40 BÜ Klardorf – Teilansicht 1 der Ausrüstung mit ETCS L1 LS

Links sind wieder die Bksig 61, 72 und das dazugehörige Vsig V72 der Blockstelle Papiermühle zu erkennen. Der Datenpunkt BR ist nach [819.1348] direkt an der Kante des BÜ zu verlegen. In Abb. 39, Abb. 40 und Abb. 41 mussten deshalb die Symbole der Achszähler zur Ausschaltung des BÜ (As3₁, As13₂, As3₂ und As13₁) in Richtung freie Strecke verschoben werden. Für Achszähler ist ein Mindestabstand zum BÜ einzuhalten (siehe [SB2000]). Somit ergibt sich dort die Abfolge wie in der Abbildung von selbst. Wegen der beschriebenen Maßstabsproblematik wird hier die korrekte Reihenfolge dargestellt, die Abstände weichen aber ab. Die Lage des Datenpunkts BA weicht zusätzlich ab, da die nicht maßstabsgerechten Symbole für BG und BÜ in Puncto Kilometrierung einen exakten Bezug auf die Kante des BÜ nicht zulassen.

Für die andere Seite des BÜ gelten die eben gemachten Ausführungen analog. Die bereits vorhandenen Signale sind wiederum mit eingezeichnet.

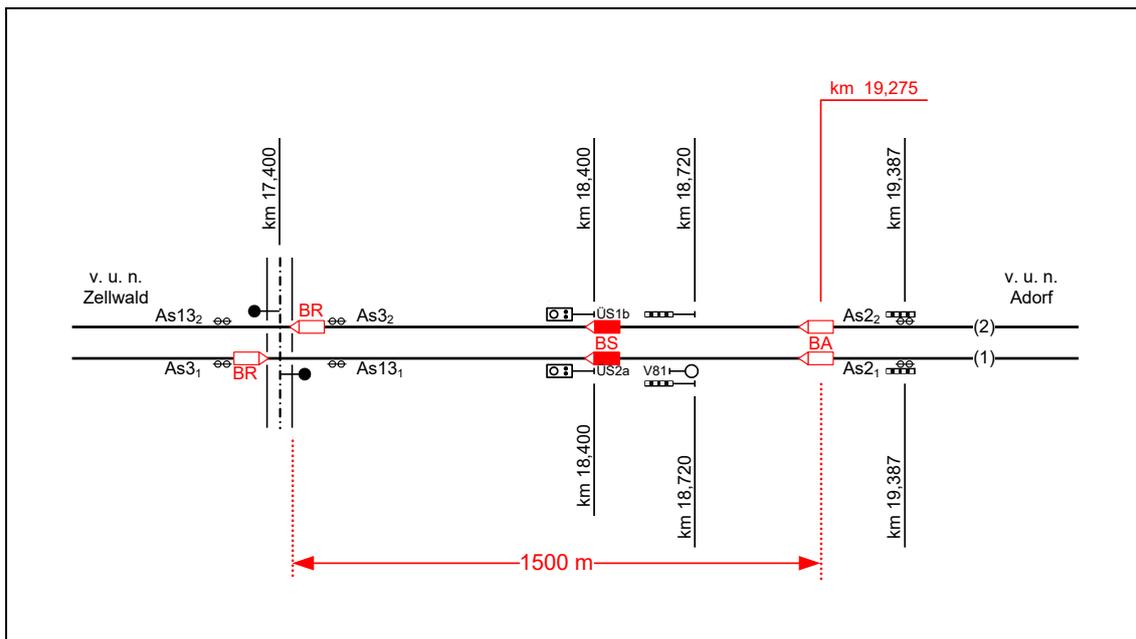


Abb. 41 BÜ Klardorf – Teilansicht 2 der Ausrüstung mit ETCS L1 LS

Die einzelnen Datenpunkte entsprechen den Ausführungen in Abschnitt 3.2.3. Zusätzlich wird, laut Aussage von Herrn Dipl.-Ing. Niels Neuberg, ein Datenpunkt verlegt, der die Einflüsse großer Metallmassen berücksichtigt (siehe Anhang A: Besprechungsprotokolle). Hierzu spezifiziert [SUB26] das Paket 67 *Track Condition Big Metal Masses* (TCBMM). In Ermangelung belastbarer Aussagen oder Quellen können jedoch keine näheren Angaben zur Projektierung des Datenpunkts in der vorliegenden Arbeit gemacht werden. Aus diesem Grund ist er auch nicht dargestellt.

Außerdem bleibt unklar welche Teile eines BÜ ausschlaggebend für die Projektierung eines Datenpunktes für große Metallmassen sind. Anhand der Vorgaben aus SUBSET-036 *FFIS for Eurobalise*¹¹ könnte eine Untersuchung der baulichen Gestaltung eines BÜ Aufschluss geben.

Zu den übrigen Datenpunkten können hingegen relativ detaillierte Aussagen, wie nachfolgend gezeigt, gemacht werden. Sofern Werte in tabellarischen Darstellungen von Telegrammen nicht zweifelsfrei bestimmt werden konnten, erfolgt eine Kennzeichnung mit Fragezeichen.

¹¹ In [819.1344] Abschnitt 5.3 werden bestimmte Vorgaben zu großen Metallteilen gemacht. Bei genauer Betrachtung fällt auf, dass es sich nur um einen Teil der Festlegungen des SUBSET-036 *FFIS for Eurobalise* handelt. Es empfiehlt sich deshalb die umfangreicheren Vorgaben des SUBSET-036 zu verwenden.

Der ungesteuerte Datenpunkt Typ BA wird 1 500 m vor der Kante des für jeden zulau- fenden Fahrweg verlegt. Er dient der Ankündigung einer Lfst. Sie wird mit Pa- ket 65 TSR an die fahrzeugseitigen ETCS-Komponenten übermittelt. In nachstehender Tabelle wird der Inhalt dargestellt.

Tab. 32 BÜ Klardorf – Paket 65 TSR auf ETCS L1 LS-Strecken der DB AG in Anlehnung an [SUB26]

Variable	Wert	Einheit	Kommentar
NID_Packet	65	–	Nummer des Pakets
Q_DIR	01	–	Richtung, in die die Information gilt
L_PACKET	71	bit	Länge des Pakets
Q_SCALE	?	?	Auflösung der Distanzmessung
NID_TSR	174	–	Identifikationsnummer der TSR
D_TSR	1 550	m	Distanz bis zum Beginn der TSR
L_TSR	10	m	Länge der TSR
Q_FRONT	1	–	TSR bezogen auf Spitze des Zugs
V_TSR	25	km/h	Höchstgeschwindigkeit die TSR erlaubt

Einzig die Identifikationsnummer ist für das Planungsbeispiel spezifisch. In diesem Fall wurde sie willkürlich aus der Kilometrierung abgeleitet wurde. Eine Vorgabe wie z. B. die eines Nummernbereichs (siehe Abschnitt 3.3.2.2) ist für Deutschland aus den zur Verfügung stehenden Quellen nicht zu entnehmen.

Der gesteuerte Datenpunkt DS am ÜS gibt, abhängig vom Sicherungszustand des BÜ entsprechende Telegramme aus. Sofern keine ordnungsgemäße Sicherung erfolgt ist, wird ein Leertelegramm übertragen, d. h. die TSR bleibt bestehen. Andernfalls wird sie zurückgenommen. Eine genaue Beschreibung des dazu verwendeten Telegramms geben die verfügbaren Quellen nicht her. In [SUB26] wird in Kapitel 7 das Paket 66 *Temporary Speed Restriction Revocation* (Paket 66 TSRR) spezifiziert. Es ist gemäß der folgenden Tabelle aufgebaut.

Tab. 33 BÜ Klardorf – Paket 66 TSRR auf ETCS L1 LS-Strecken der DB AG in Anlehnung an [SUB26]

Variable	Wert	Einheit	Kommentar
NID_Packet	66	–	Nummer des Pakets
Q_DIR	01	–	Richtung, in die die Information gilt
L_PACKET	31	bit	Länge des Pakets
Q_SCALE	?	?	Auflösung der Distanzmessung
NID_TSR	174	–	Identifikationsnummer der zurückzunehmenden TSR

Sofern der BÜ gesichert ist, das ÜS den Signalbegriff BÜ 1 zeigt und durch die LEU die Information abgegriffen und verarbeitet wird, kann mit dem gezeigten Paket die Rücknahme der TSR über den Übertragungsweg Balise an das Fahrzeug weitergegeben werden.

Der Datenpunkt BR überträgt unabhängig vom Sicherungszustand des BÜ eine Rücknahme der TSR. Hier kommt vermutlich ebenfalls das Paket 66 TSRR zum Einsatz, welches die entsprechenden Werte wie in Tab. 33 gezeigt, aufweist. Der nicht steuerbare Datenpunkt ist unmittelbar vor der Kante des BÜ zu planen und gibt stets dieselbe Information aus.

6.4 Planung der Ausrüstung mit ETCS L2

Erfolgt die Ausrüstung des BÜ Klardorf für ETCS L2 auf derselben BÜ-Planung des Abschnitts 6.2 ergibt sich naturgemäß ein anderer Ausrüstungsstand. Die Planungsvorgaben sehen hier andere Datenpunkte vor, die zudem an anderen Punkten zu positionieren sind. Es ergibt sich die Situation, wie sie in der folgenden Abbildung dargestellt wird.

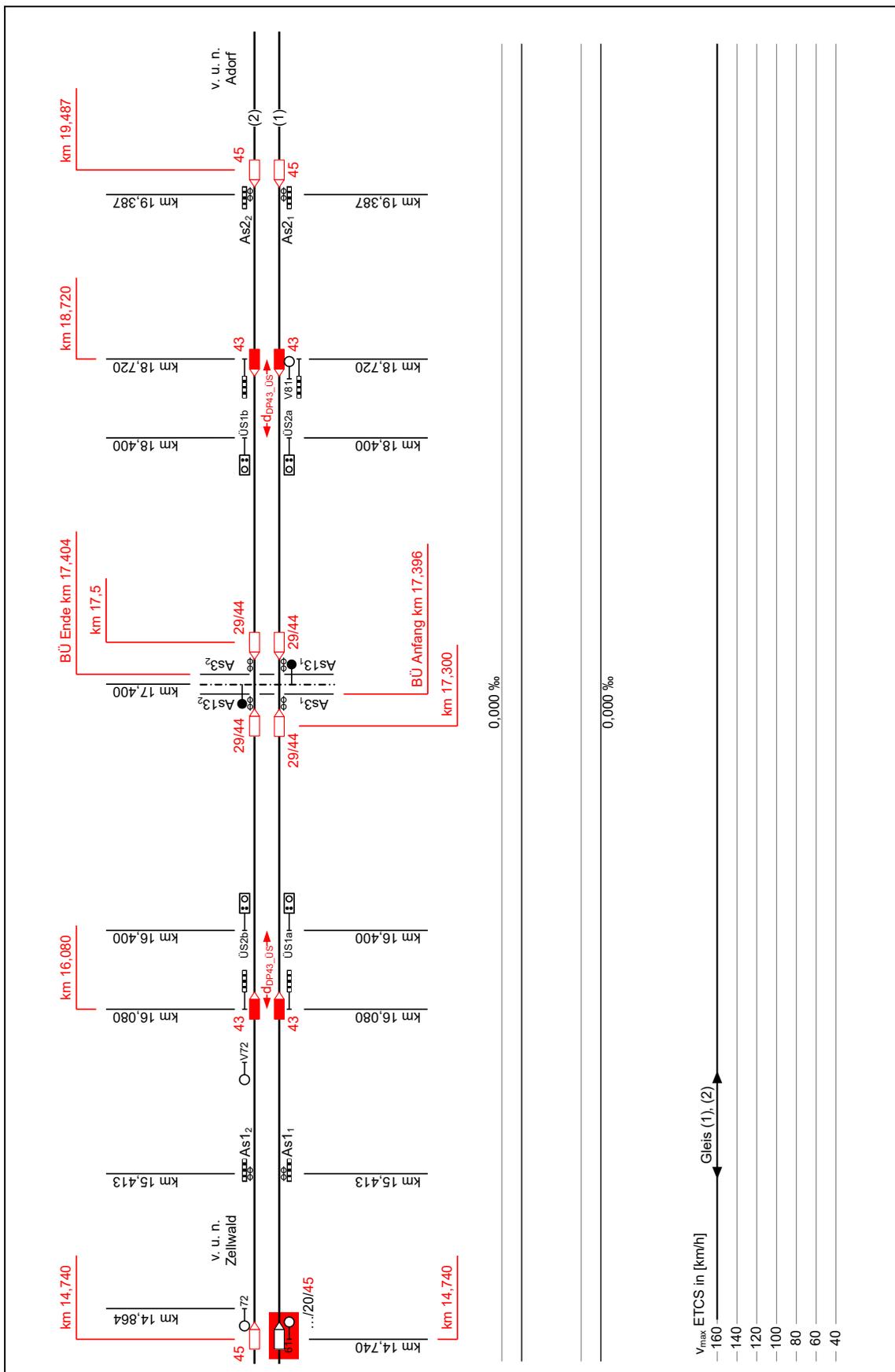


Abb. 42 BÜ Klardorf – Gesamtansicht der Ausrüstung mit ETCS L2

Zunächst wird nur der nachfolgend dargestellte Bereich vor dem BÜ in absteigender Kilometrierung betrachtet.

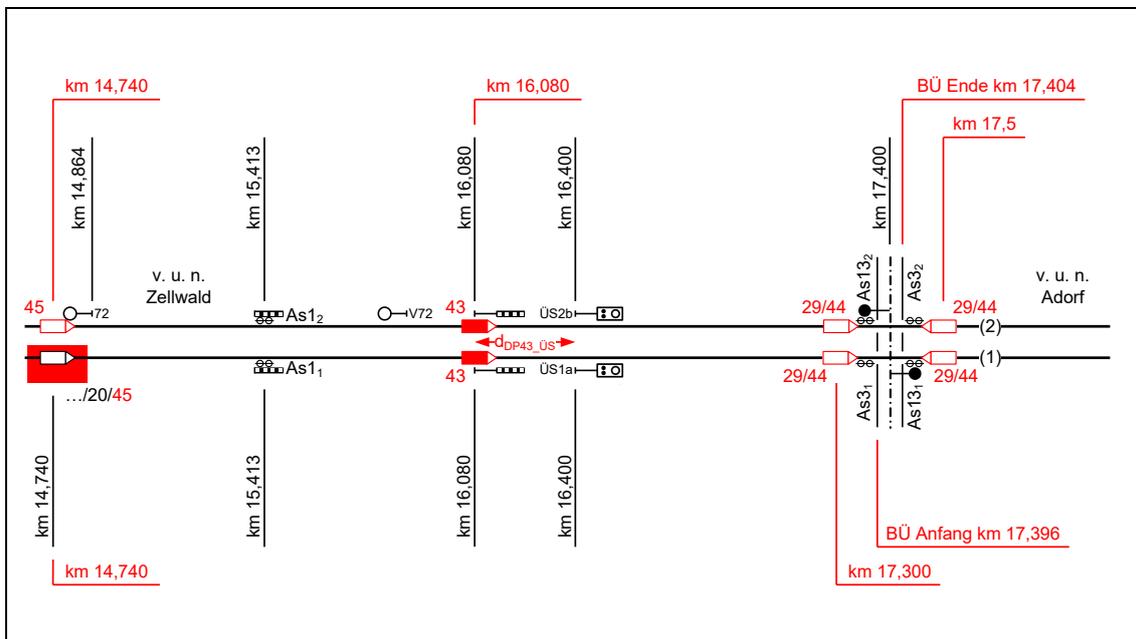


Abb. 43 BÜ Klardorf – Teilsicht 1 der Ausrüstung mit ETCS L2

Auch bei der Planung der Ausrüstung mit ETCS L2 kommt es bei der Anordnung der Elemente im Bereich des BÜ zu einem Konflikt. Zwar ist die zu projektierende Balise 100 m vom BÜ entfernt zu planen, dennoch ist die Ausdehnung der Symbole nicht hinreichend klein. Zur Vermeidung einer Überlagerung der Achszählersymbole mit den Balisensymbolen werden erneut die Abstände angepasst. Die Reihenfolge wird dagegen korrekt dargestellt. Im Unterschied zu ETCS L1 LS ergibt sich in Richtung Strecke die Abfolge *BÜ – Achszähler – Balise* statt *BÜ – Balise – Achszähler*. Die Distanz der BG zum BÜ wird über die Angabe der Kilometrierung eindeutig festgelegt.

Für die ETCS L2-Planung des BÜ Klardorf wurde neben den Datenpunkten für den Bahnübergang auch die Punkte BÜ Anfang und BÜ Ende bestimmt. Nach den Planungsrichtlinien ist das für ETCS L2 gefordert, für ETCS L1 LS hingegen nicht (siehe Abschnitt 3.2.4 und Abschnitt 3.2.3). Ausgehend von der Mitte des BÜ am km 17,4 wurden gemäß Abschnitt 3.2.4 die Punkte BÜ-Anfang bei km 17,362 und BÜ-Ende bei km 17,438 bestimmt. Die Darstellung des BÜ ist nicht maßstäblich, da das Symbol aus der Signalschablone 2.0 von Dr.-Ing. Ulrich Maschek verwendet wurde (siehe Abbildungsverzeichnis).

Die Datenpunkte und Regeln zu deren Verlegung wurden bereits in Abschnitt 3.2.4.2 betrachtet. In diesem Abschnitt werden v. a. Besonderheiten in Bezug auf das Beispiel erläutert. Bei allen tabellarischen Darstellungen von Paketinhalten kennzeichnen Frage-

zeichen vom Verfasser der vorliegenden Arbeit nicht eindeutig bestimmbare Variablen etc.

Der nicht gesteuerte Datenpunkt vom Typ 44 dient der Korrektur von Ortungsfehlern bei aktivem Linking und ist bei einer erlaubten Abweichung von maximal 5 m in einem Abstand von 100 m vor dem BÜ zu verlegen. Nach [819.1344] Abschnitt 5.1 wird kein Paket übertragen. Weitere Einzelheiten können mangels verlässlicher Quellen nicht getätigt werden. Balisen zur Ortung übertragen gemäß der Tabelle in Abschnitt 5.1 der Ril 819.1344 grundsätzlich keine Pakete. Dieses Vorgehen wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht genauer Betrachtet, da es nicht der Schwerpunkt ist.

Die Darstellung zeigt einen Datenpunkt bestehend aus zwei Festdatenbalisen. Dies ist notwendig, da der Datenpunkt Typ 29 zusätzlich zu Typ 44 vorzusehen ist und dieser aus zwei Festdatenbalisen besteht (siehe Anhang C: BÜ Hallalit der ETCS-Strecke Berlin –). Typ 29 überträgt das Paket 67 TCBMM. Genauere Angaben dazu können wegen des Fehlens belastbarer Quellen nicht gemacht werden. Die Projektierung sieht im Beispiel einen Abstand von 100 m vor. Das entspricht sowohl den Kriterien für Typ 44 als Typ 29. Für letzteren ist in [819.1344] Abschnitt 5.4 festgelegt:

1. Verlegung mindestens im Abstand von $d_{DP29-BMM}$
2. keine Verzweigung zwischen Typ 29 und den maßgebend Metallteilen
3. keine Verlegung von Datenpunkten im angekündigten Bereich großer Metallmassen
4. Mitnutzung anderer Datenpunkte nach Möglichkeit (letzter Datenpunkt vor den angekündigten Metallmassen)
5. Aufnahme des Bereichs großer Metallteile in die Datenpunkttafel des PT1

Für Bedingung 1 gilt als Berechnungsvorschrift für den Abstand nach [819.1344]:

$$d_{DP29-BMM} = 1,3 \text{ m} + 1,2 \text{ s} * v_{\max} [\text{m/s}] \quad (4)$$

Für den BÜ Klardorf ergibt sich dann bei $v_{\max} = 160 \text{ km/h}$ als Untergrenze:

$$d_{DP29-BMM} = 54,63 \text{ m}$$

In Einklang mit Bedingung 4 wird – wie schon beschrieben – eine BG mit den Datenpunkten Typ 44 und Typ 29 im Abstand von 100 m vor dem BÜ projektiert. Mit dem Bezugspunkt Mitte BÜ am km 17,4 ergibt sich die Lage der BG am km 17,3 bzw. am km 17,5.

Damit Bedingung 3 erfüllt werden kann, muss der Bereich großer Metallmassen hinter dem BÜ vor der BG mit den Datenpunkten Typ 29 und Typ 44 enden. Das ist bei einem Abstand von 100 m zwischen BÜ und BG problemlos möglich. Andere Datenpunkte

sind im Beispiel nicht notwendig. Zudem wäre die genannte BG nur für die Gegenrichtung relevant und kann deshalb vernachlässigt werden.

Der Datenpunkt vom Typ 43 ist im Abstand $d_{DP43_ÜS}$ zu verlegen. Er soll dem Sichtabstand vor dem ÜS entsprechen. Mit einer vorgegeben Sichtzeit von 7,2 s ergibt sich bei zulässigen 160 km/h eine Entfernung von exakt 320 m. In [819.1344] Abschnitt 5.5 wird auf die Abhängigkeit des Sollwerts für $d_{DP43_ÜS}$ von der Bauart der BÜSA und der Herstellerfirma der LEU hingewiesen. Da das Planungsbeispiel aus Sicht des Verfassers unabhängig von Herstellerspezifika der ETCS-Komponenten sein soll, wird nur der Sollwert der Sichtzeit berücksichtigt. Eine Festlegung des Werts für $d_{DP43_ÜS}$ in einer Projektplanung muss die Herstellerspezifika der Komponenten allerdings berücksichtigen. Zusätzlich muss gewährleistet werden, dass der BÜ für den schnellsten verkehrenden Zug am Ort des Datenpunkts Typ 43 gesichert ist und die LEU diesen Zustand sicher verarbeitet hat. Durch die Wahl der Sichtzeit als Abstand ist dies gewährleistet, da spätestens zu diesem Zeitpunkt der BÜ gesichert sein muss, wenn der BÜ in behinderungsfreier Fahrt passiert werden soll und die Sichtzeit zur Aufnahme und Verarbeitung des Signalbilds BÜ 1 durch den Tf dienen soll.

Durch die genannte Festlegung wird im Planungsbeispiel die BG des Datenpunkts Typ 43 am Standort des Signals So 15 projektiert. Die Sicht auf das ÜS muss laut [TM2008] Abschnitt 3 im DV-Gebiet ab diesem Punkt gewährleistet sein.

Nicht relevant für das Planungsbeispiel ist die Behandlung von BÜ-BÜ-Ketten, da diese hier bewusst außen vor gelassen werden. Der Komplexitätsgrad würde das Verständnis nur unnötig erschweren. Ein Einstieg in ETCS L2 kann nicht berücksichtigt werden, da hierzu eine detaillierte Untersuchung der Strecke erfolgen müsste, die über die Grenzen der vorliegenden Arbeit hinausgeht. Das schließt auch den Verzicht auf die Ausfertigung einer Muka Signale oder anderer zusätzlich zu erstellender Dokumente ein. Die Lage des BÜ erfordert keine Berücksichtigung der Regelungen zur Lage in Bahnhofsgleisen wie in Abschnitt

Bahnübergänge mit Überwachungssignal genannt, da keine Komponenten im Zusammenhang mit dem BÜ im Bereich eines Bahnhofs verlegt werden.

Der Datenpunkt Typ 43 überträgt ein Telegramm, das das Paket 88 LXI enthält. Die Variablen sind für den Fall eines nicht ordnungsgemäß gesicherten BÜ wie in Tab. 34 (siehe nächste Seite) zu setzen.

Tab. 34 BÜ Klardorf – Paket 88 LXI nach [DB14]

Variable	Wert	Einheit	Kommentar
NID_Packet	76	–	Nummer des Pakets
Q_DIR	01	–	Richtung, in die die Information gilt
L_PACKET	87	bit	Länge des Pakets
Q_SCALE	?	?	Auflösung der Distanzmessung
NID_LX	174	–	Identifikationsnummer des BÜ
D_LX	1 310	m	Distanz bis zum Beginn des BÜ
L_LX	10	m	Länge des BÜ
Q_LXSTATUS	1	–	Sicherungszustand des BÜ
V_LX	5	km/h	Geschwindigkeitsbeschränkung falls BÜ ungesichert
Q_STOPLX	1	–	Halt vor BÜ erforderlich ja/nein
L_STOPLX	50	m	Länge des Haltebereichs vor dem BÜ (falls Halt erforderlich)

Zusätzlich muss für Fahrzeuge der Betriebsarten SR oder UN eine TSR übertragen werden, da in diesen beiden Modes das Paket 88 LXI nicht ausgewertet werden kann. Die Variablen sind entsprechend der folgenden Tabelle zu setzen.

Tab. 35 BÜ Klardorf – Werte für Variablen des Pakets 65 TSR nach [DB14]

Variable	Wert	Einheit	Kommentar
NID_Packet	65	–	Nummer des Pakets
Q_DIR	01	–	Richtung, in die die Information gilt
L_PACKET	71	bit	Länge des Pakets
Q_SCALE	?	?	Auflösung der Distanzmessung
NID_TSR	174	–	Identifikationsnummer der TSR
D_TSR	1 310	m	Distanz bis zum Beginn der TSR
L_TSR	10	m	Länge der TSR
Q_FRONT	1	–	TSR auf Spitze des Zugs bezogen
V_TSR	5	km/h	Höchstgeschwindigkeit die TSR erlaubt

Vor dem BÜ-Einschaltspunkt verlegt wird der Datenpunkt Typ 45, der für den BÜ Klardorf die Textmeldung „Einschaltstrecke BÜ km 17,4“ überträgt. Er soll laut [DB14] frühestens am vorgelegenen Hsig projiziert werden.

Für Fahrten, die in aufsteigender Kilometrierung verkehren wird im Regelgleis die Meldung am Standort des Hsig der Blockstelle Papiermühle übertragen. Dabei wird wie in [819.1344] gefordert ein bereits vorhandener Datenpunkt aus zwei Balisen verwendet. Dies erfolgt unter der Annahme, dass am Blocksignal eine BG mit Festdatenbalisen im Regelgleis verlegt wurde. Das Symbol ist schwarz dargestellt, da es im Rahmen dieses Planungsbeispiels als Bestand aus einer anderen Planung aufgefasst wird. Die zusätzliche Funktionalität als Datenpunkt Typ 45 für den BÜ wird durch die Hinterlegung mit rot gekennzeichnet. Die Anzeige für den Tf am DMI beginnt am Einschaltspunkt km 15,413 (siehe Abb. 42 und Abb. 43) und endet in der Mitte des BÜ am km 17,4.

Für in aufsteigender Kilometrierung verkehrende Fahrten, die das Gegengleis nutzen, wird die Textmeldung „Einschaltstrecke BÜ km 17,4“ mit einer speziell dafür vorgesehenen BG übertragen. Sie wird auf Höhe der BG des Regelgleises geplant, die ebenfalls den Typ 45 enthält. Damit können in den Paketen dieselben Distanzen übertragen werden.

Der Datenpunkt Typ 20 überträgt nach [819.1344] Abschnitt 5,1 das Paket 137 *Stop if in Staff Responsible* und ist bei ETCS L2 regulär 2,4 m vor dem Standort eines Hsig zu übertragen. Zur Vereinfachung wird hier die BG direkt am Hsig geplant. Es können zusätzlich weitere Datenpunkte, ETCS Stop Marker und anderes notwendig sein. Wegen des Fehlens einer detaillierten Planung zur Ausrüstung der Strecke Zellwald – Adorf mit ETCS L2 wird dieser Umstand nur angedeutet.

Als Untergrenze gilt laut [819.1344] Abschnitt 5.5, dass der schnellste, verkehrende Zug ($v_{\max} = 160 \text{ km/h}$) den Datenpunkt Typ 45 1,5 s vor dem Überfahren des Einschaltpunkts passieren muss. Das bedeutet für den BÜ Klardorf einen Mindestabstand von ca. 66,67 m zwischen Einschaltpunkt und Datenpunkt Typ 45. Bei der beschriebenen Anordnung wird die Untergrenze eingehalten. Eine Ausnutzung von Balisen des Bksig 72 ist deshalb nicht möglich. Interessant wäre dies, da dann Balisen für die Regelfahrtrichtung für entgegengesetzt verkehrende Fahrten verwendet würde. Hierzu müsste die Variable Q_DIR für die Richtung Reverse (bits: 00) übertragen werden (siehe [SUB26] Kapitel 7 Abschnitt 7.5.1.103).

Die anschließende Betrachtung des Bereichs vor dem BÜ in absteigender Kilometrierung beschränkt sich auf die Beschreibung des Datenpunkts Typ 45. An diesem Punkt ergeben sich Unterschiede zur anderen Seite. Die BG der Datenpunkte Typ 43 und Typ 44/Typ 29 sind in identischen Abständen vom BÜ geplant, wie für die Seite der aufsteigenden Kilometrierung. Lediglich die Kilometerangaben weichen ab.

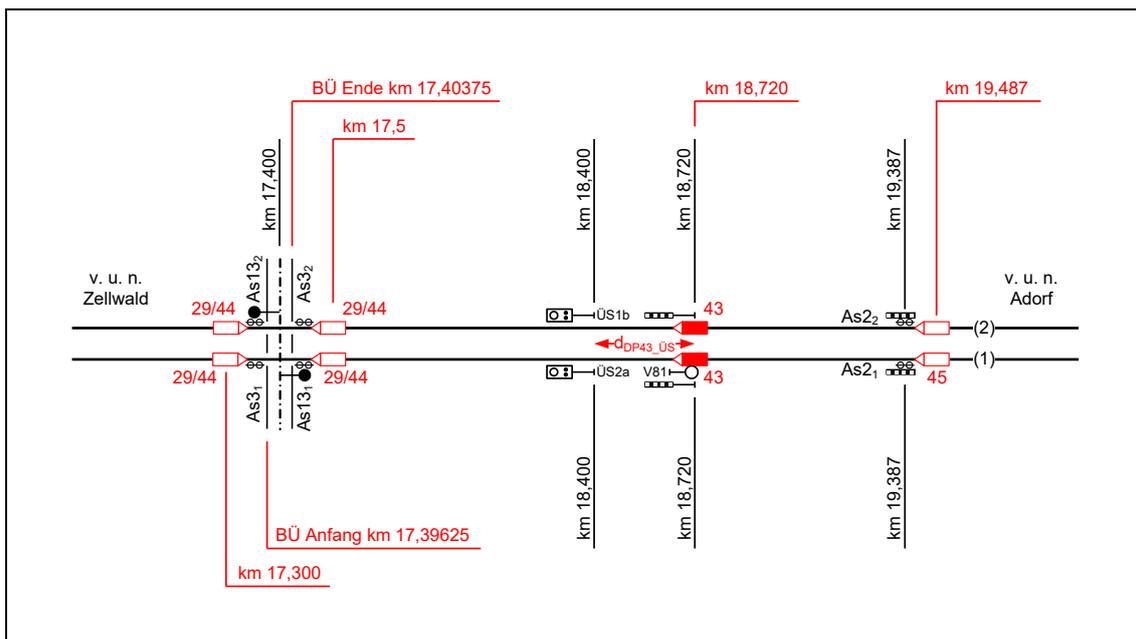


Abb. 44 BÜ Klardorf – Teilansicht 2 der Ausrüstung mit ETCS L2

Für Fahrten die in Richtung der absteigenden Kilometrierung verkehren, werden für beide Gleise gesonderte Datenpunkt vom Typ 45 verlegt. Hier wird davon ausgegangen, dass keine bereits vorhandenen Datenpunkte ausgenutzt werden können. Die Anzeige für den Tf am DMI beginnt aus dieser Richtung am Einschaltpunkt km 18,289 (siehe Abb. 42 und Abb. 44) und endet wiederum in der Mitte des BÜ am km 17,4. Die Lage wurde willkürlich 100 m vor dem Einschaltpunkt gewählt, damit die Untergrenze von ca. 66,67 m eingehalten wird. Arbeitet die Technik störungsfrei ist die Anzeige der Textmeldung somit regelwerkskonform möglich.

Die Textmeldung muss für Fahrzeuge in verschiedenen Modes lesbar sein. Im Einzelnen betrifft das:

- FS
- OS
- SR
- TR
- UN

Zur Übertragung wird laut der Tabelle des Abschnitts 5.1 in [819.1344] das Paket 72 *Packet for sending plain text messages* (Paket 72 PTM) verwendet. Wegen des Umfangs und dem Fehlen belastbarer Quellen dazu wird auf detaillierte Darstellung an dieser Stelle verzichtet. Eine oberflächliche Beschreibung findet sich in Abschnitt 2.3.2.

Zusätzlich zu den durch die Balisen übertragenen Paketen gilt es die PBD zu berücksichtigen. Bei der Überwachungsart ÜS steht zwischen dem ÜS ein fester Bremsweg, im Beispiel sind das 1 000 m, zur Verfügung. Wegen der zugspezifischen Bestimmung von Bremswegen bei ETCS kann es sein, dass einzelne Züge zu schnell fahren und nicht innerhalb der zur Verfügung stehenden Wegstrecke zum Stehen kommen. Um ein Anhalten innerhalb des Bremswegs dennoch zu ermöglichen, wird der Bremsweg als PBD übertragen. Bei ETCS L2 muss das mit jeder MA dem Zug vom RBC mitgeteilt werden. Das gilt ausnahmslos für jede Erneuerung der MA, da in den Betriebsarten TR, PT und SR die PBD gelöscht wird (vgl. [DB14] Abschnitt 5.5.1). Eine genaue Betrachtung hierzu sollte im Zusammenhang mit einer Beschreibung von ETCS L1 LS bei der DB AG erfolgen. In der vorliegenden Arbeit wird das Teilgebiet BÜ betrachtet, nicht jedoch die Grundlagen zur Nachbildung der bisherigen PZB der DB AG.

7 Zusammenfassung und Ausblick

7.1 Zusammenfassung

Zu Beginn der vorliegenden Arbeit wurden die Grundlagen der SRS beschrieben. Dabei wurden zwei mögliche Prozeduren für das Passieren eines gestörten BÜ vorgestellt. Einerseits kann der BÜ ohne Halt vor dem BÜ befahren werden, andererseits kann auch ein Halt obligatorisch sein. Beide Prozeduren können mit Paket 88 LXI umgesetzt werden. Eine gesonderte Variable bestimmt, ob der Halt technisch überwacht wird oder nicht. Sofern kein Halt vorgesehen ist, kann die Absicherung auch mit Paket 65 TSR erfolgen. Dann wird lediglich eine reduzierte Geschwindigkeit beim Passieren überwacht. Letztere Variante war ursprünglich die einzige, da Paket 88 LXI erst mit BL 3 eingeführt wurde.

Bei der Erläuterung der länderspezifischen Umsetzungen in Kapitel 3 wurde deutlich, dass eine Zweiteilung existiert. Die TSR wird bei der DB AG und in der Schweiz bei ETCS L1 LS sowie bei der MÁV bei ETCS L1 FS und ETCS L2 angewendet. Hingegen kommt bei ETCS L2 der DB AG und Banedanmark im Teil Dänemark West die Variante LXI zur Anwendung. Zumindest für die Entwicklung der MÁV-Variante für ETCS L1 FS konnte Paket 88 LXI nicht zur Anwendung gelangen, da für ETCS L2 bei der MÁV im Wesentlichen die Umsetzung von ETCS L1 FS adaptiert wurde. Zur Zeit der Entwicklung der ETCS L1 FS-Anwendung war BL 3 noch nicht anwendungsfähig.

Auch bei der Verwendung der gleichen Pakete für die Kommunikation Strecke – Fahrzeug ergeben sich Unterschiede. Die einzelnen Variablen werden unterschiedlich festgelegt. Am markantesten fällt das v. a. in Bezug auf die Geschwindigkeitsrestriktion auf. Die Spannweite reicht von 5 km/h, die bei ETCS L1 LS in der Schweiz oder ETCS L2 der DB AG technisch überwacht werden, bis hin zu 25 km/h bei ETCS L1 LS der DB AG. Am höchsten ist die überwachte Geschwindigkeit bei ETCS L2 in der Schweiz. Der BÜ-Bereich wird dann allerdings im Modus OS durchfahren. Es kommt dabei weder Paket 65 TSR noch Paket 88 LXI zum Einsatz.

Besonders hervorzuheben ist, dass nur bei ETCS L2 in Dänemark West die Möglichkeiten von ETCS und einer zentralisierten Betriebsführung für eine dynamisch optimierte Einschaltung ausgenutzt werden. Bisher ist es bei den anderen beschriebenen Beispielen noch üblich, Gleisschaltmittel bzw. die Gfm oder Bediener zur Einschaltung der technischen Sicherung heranzuziehen.

Bei der Umsetzung der deutschen Vorgehensweise auf einer Laboranlage wurde festgestellt, dass von den drei potenziellen Laboranlagen v. a. zwei ernsthaft in Betracht gezogen werden sollten. Besonders zu empfehlen wäre, aufbauend auf die vorliegende Ar-

beit, eine Implementierung für den ETCS-Versuchsstand im SIL. Das EBL hingegen wäre erst an zweiter Stelle zu berücksichtigen. Generell ist jedoch zu beachten, dass die in der vorliegenden Arbeit betrachteten Planungsregelwerke der DB AG noch im Entwurfsstadium sind. Sie werden derzeit nur projektspezifisch freigegeben und können sich jederzeit noch verändern. Eine Umsetzung im IEL sollte demnach nur vorgenommen werden, wenn eine Anpassung an geänderte Ril ohne gravierende Eingriffe in die jeweilige Anlage möglich sind.

Das auf das EBL abgestimmte Planungsbeispiel BÜ Klardorf ist von etwaigen Regelwerksänderungen zwar ebenso betroffen, kann aber mit vertretbarem Aufwand angepasst werden. Die Änderungen wären hier lediglich „auf dem Papier“ respektive in den Plänen vorzunehmen. Physische Veränderungen an Komponenten sind für die Vorlesungsunterlagen nicht notwendig. Erst wenn eine Umsetzung im EBL existierte, wäre eine Anpassung mit Umbauten verbunden. Nichtsdestotrotz ist eine Nachführung bei Regelwerksänderungen notwendig. An der grundlegenden Planung der technischen Sicherung sollte sich jedoch in absehbarer Zeit keine Veränderung ergeben.

7.2 Ausblick

Es bleibt festzustellen, dass die vorliegende Arbeit nur eine Momentaufnahme liefern kann. Veränderungen und Weiterentwicklungen, v. a. für den Bereich der DB AG, aber auch ETCS L2 in der Schweiz, sind zu erwarten. Für Deutschland gilt, dass im Themenfeld ETCS und damit auch auf das Teilgebiet BÜ und ETCS verschiedene Fragen noch nicht abschließend geklärt sind. Unter anderem ist nicht klar, wie z. B. Unwirksamkeitsschaltungen bei BÜ auf ETCS-Strecken berücksichtigt werden. Mit voranschreitender Ausrüstung des Schienennetzes bei der DB AG wird eine Lösung hierzu notwendig werden. Spätestens dann, wenn eine Strecke mit einem solchen BÜ mit ETCS ausgerüstet werden soll. Bei neuen Projekten werden auch neue Erfahrungen gemacht und neue Erkenntnisse gewonnen werden. Diese werden sicher ebenfalls zu Veränderungen führen. Zukünftig werden Unterschiede in der ETCS-Ausrüstung verschiedene Strecken existieren, da eine Abstimmung unter den verschiedenen Ländern respektive Infrastukturbetreibern nicht stattfindet. So ist eine ETCS L2-Strecke der DB AG nicht in allen Details identisch mit einer ETCS L2-Strecke von Banedanmark.

ETCS, und damit auch die Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken, wird demnach nicht nur bei den einzelnen EIU unterschiedlich gehandhabt, sondern u. U. sogar innerhalb des Verantwortungsbereichs eines EIU. Für die Zukunft besteht damit die Herausforderung die Unterschiede nicht zu groß werden zu lassen. Eine in allen Punkten identische Streckenausrüstung und ETCS-Konfiguration muss aber zwangsläufig als unrealistisch betrachtet werden. Ein Grund werden auch weiterhin nationale Unterschiede bleiben.

Das betrifft v. a. die Betriebsverfahren. Nur deren Vereinheitlichung könnte eine gleiche ETCS-Implementierung ermöglichen. Doch selbst wenn die nationalen Widerstände wider Erwarten überwunden wären, wäre eine europaweite Homogenisierung schwer zu realisieren. Das europäische Eisenbahnsystem ist dafür zu heterogen. Ziel muss also eine bestmögliche Abstimmung sein, die jegliche Behinderung des grenzüberschreitenden Eisenbahnbetriebs soweit als möglich reduziert, wenn nicht gar beseitigt. Eine Abstimmung zwischen den ETCS-Anwendern böte neben einer Harmonisierung der Ausrüstung auch die Chance auf einen Erfahrungsaustausch. Die Komplexität des Systems ETCS könnte damit leichter beherrscht werden. Mit den in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Lösungen werden jedoch mindestens für den Lebenszyklus der danach umgesetzten Vorhaben bestimmte Unterschiede fixiert.

Im Sinne einer Optimierung des Eisenbahnbetriebs ist eine Ausnutzung der technischen Möglichkeiten wie in Dänemark vorteilhaft. Das dort angewendete Verfahren zur Einschaltung der technischen Sicherung nutzt sowohl die Eigenschaften von ETCS als auch einer zentralisierten Betriebsführung aus. Besondere Bedeutung erlangt der Verzicht auf Gleisschaltmittel zur Einschaltung von BÜ mit der Einführung von ETCS L3. Vorgesehen ist bei dieser Ausrüstungsstufe der generelle Verzicht auf eine streckenseitige Gfm. Sie wird ersetzt durch die Zugintegritätsprüfung. Aus diesem Grund erscheint eine Einschaltung ohne Gleisschaltmittel besonders sinnvoll, wenn nicht sogar zwingend.

Es bleibt abzuwarten wie die weitere Entwicklung vonstattengeht. Einerseits bezogen auf die Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken, andererseits auch bezogen auf ETCS insgesamt.

Abkürzungsverzeichnis

Das Verzeichnis an dieser Stelle ist wegen der Vielzahl von Abkürzungen dreigeteilt. Den allgemeinen Abkürzungen folgen im Eisenbahnwesen übliche Begriffe und ETCS-spezifische Abkürzungen.

Allgemeine Abkürzungen

AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
CBTC	Communication Based Train Control
DB AG	Deutsche Bahn AG
EBL	Eisenbahnbetriebslabor
EBV	Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung)
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	European Train Control System
ETCS L1	ETCS Level 1 (ETCS der Ausrüstungsstufe 1)
ETCS L1 FS	ETCS Level 1 Full Supervision
ETCS L1 LS	ETCS Level 1 Limited Supervision
ETCS L2	ETCS Level 2 (ETCS der Ausrüstungsstufe 2)
ETCS L3	ETCS Level 3 (ETCS der Ausrüstungsstufe 3)
EU	Europäische Union
FTM	Fixed Text Message (Paket 76)
ID	Identifikation (engl. Identification)
IEL	Integriertes Eisenbahnlabor
Indusi	Induktive Zugsicherung bzw. Induktive Zugbeeinflussung
LAU	Local Activation Unit
LX	Level Crossing (englischsprachige Bezeichnung für Bahnübergang nach [SUB26])
LXI	Level Crossing information (Paket 88)
MÁV	Magyar Államvasutak Zrt. (Ungarische Staatseisenbahnen AG)
Muka	Melde- und Kommandoanschaltung
PBDI	Permitted Braking Distance Information (Paket 52)
PL	Passaggio a livello (Bahnübergang)
PN	Passage à niveau (Bahnübergang)
PTM	Plan Text Messages (Paket 72)

PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
RFID	Radio Frequency Identification
Ril	Richtlinie (für Richtlinien der DB AG)
RTE	Regelwerk Technik Eisenbahn (siehe auch Verzeichnis terminologischer Besonderheiten)
SF ETCS CH	Systemführerschaft ETCS Schweiz
SIL	Sicherungstechnisches Labor
TCBMM	Track Condition Big Metal Masses (Paket 67)
TM	Textmeldung
TSRR	Temporary Speed Restriction Revocation
TUD	Technische Universität Dresden
v_{\max}	Höchstgeschwindigkeit
ZPAS	Zentraler Programm- und Anlagenspeicher

Die Abkürzung aus dem Bahnbereich werden – soweit möglich – einheitlich verwendet. Ausfahrtsignale z. B. werden auch bei der Erklärung in Bezug auf andere Länder mit Asig bezeichnet.

Lediglich abweichende nationale Bezeichnungen werden gesondert aufgeführt und verwendet.

Bahnspezifische Abkürzungen

Asig	Ausfahrtsignal
Automatik-HET	Automatische Hilfseinschaltung
Bksig	Blocksignal
BÜ	Bahnübergang
BÜSA	Bahnübergangssicherungsanlage
Esig	Einfahrtsignal
ESTW	Elektronisches Stellwerk
Fstr	Fahrstraße
Gfm	Gleisfreimeldung
H	Halbschranke
HET	Hilfseinschalttaste
HGS	Hochgeschwindigkeitsstrecken (Abstufung bei ETCS L2-Strecken in der Schweiz)
Hsig	Hauptsignal
KGB	Konventioneller Geschwindigkeitsbereich (Abstufung bei ETCS L2-Planungen in der Schweiz)
Lf	Lokführer (Bezeichnung für Tf in der Schweiz)
Lfst	Langsamfahrstelle (siehe auch TSR)
Lz	Lichtzeichen („Gelb-Rot-Ampel“ am BÜ)
RÜ	Reisendenübergang
Stw	Stellwerk
Tf	Triebfahrzeugführer
UT	Unwirksamkeitstaste
Vsig	Vorsignal
ZB	Zugbeeinflussung
ZL	Zuglenkung

Mit der Entwicklung von ETCS als vereinheitlichte europäische ZB wurden neue, vornehmlich englischsprachige, Begriffe eingeführt. Meist bisher nicht bekannte Möglichkeiten, Komponenten etc. werden damit bezeichnet, dennoch gibt es vereinzelt bereits synonyme, deutsche Begriffe. Es werden nur offizielle Abkürzungen aufgeführt. Sofern für diese Arbeit eigene Abkürzungen eingeführt wurden sind diese unter den allgemeinen Abkürzungen zu finden.

Für die Arbeit mit den verschiedenen Abkürzungen und Begriffsübertragungen in die deutsche Sprache wurde vereinzelt das ETCS-Wiki der Professur Verkehrssicherungstechnik der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ zu Rate gezogen. Im Falle von Diskrepanzen werden die Abkürzungen gemäß offizieller Dokumente wie etwa den verschiedenen Subsets verwendet.

Ebenfalls dem ETCS-Wiki entnommen wurde die Übersetzung des englischen Begriffs Mode mit Betriebsart.

ETCS-spezifische Abkürzungen

BA	Datenpunkt zur Ankündigung eines BÜ auf ETCS L1 LS-Strecken der DB AG
BG	Balisengruppe
BL	Baseline (Bezugskonfiguration)
BR	Datenpunkt zur Rücknahme eines BÜ auf ETCS L1 LS-Strecken der DB AG
BS	Schaltbarer Datenpunkt zur Übertragung von BÜ-Informationen auf ETCS L1 LS-Strecken der DB AG
DMI	Driver Machine Interface
EOA	End of Authority
FS	Full Supervision
GP	Gradient Profile
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Rail
LEU	Lineside Electronic Unit
LS	Limited Supervision
MRDT	Most Restrictive Displayed Target
MRSP	Most Restrictive Static Speed Profile
OS	On Sight
P	Permitted Speed Supervision Limit
PBD	Permitted Braking Distance
RBC	Radio Block Centre

RS	Release Speed
SR	Staff Responsible
SRS	System Requirements Specification [SUB26]
SvL	Supervised Location
TR	Trip
TSR	Temporary Speed Restriction (Paket 65; siehe auch Lfst)
UN	Unfitted

Verzeichnis terminologischer Besonderheiten

Die hier aufgeführten Begriffe und Wendungen entstammen nicht der deutschen Terminologie. Zur Vermeidung von Missverständnissen werden diese hier aufgeführt und kurz erklärt.

Bahnüberganganlage	Hiermit wird in der Schweiz eine Anlage zur technischen Sicherung von BÜ bezeichnet. Sie umfasst je nach Ausrüstungsfall Blinklichtsignale für den Straßenverkehr, Schranken etc. Die Verwendung der Begrifflichkeit innerhalb der Regelwerke erfolgt uneinheitlich und so erscheinen sowohl Bahnüberganganlage als auch Bahnübergangsanlage innerhalb eines Dokuments. In der vorliegenden Arbeit wird stets Bahnüberganganlage verwendet. In der deutschen Terminologie wird dafür der Begriff Bahnübergangssicherungsanlage verwendet.
Barrieren	Im Schweizer Sprachgebrauch gültige Bezeichnung für die Schranken eines BÜ. Sowohl im Rahmen der AB-EBV als auch sonst werden die Bezeichnungen Schranken oder Schlagbäum synonym verwendet.
eStw	Die Abkürzung steht für Elektronisches Stellwerk und entspricht der deutschen Abkürzung ESTW.
Hilfssignal	Signal mit dem Zugfahrten im Falle einer Störung ersatzweise die Zustimmung zur Fahrt gegeben werden kann. Es kann, muss aber nicht an Hsig vorhanden sein. Es ist mit dem deutschen Ersatzsignal (ZS 1) vergleichbar.
Kontrolllicht	Bezeichnung für ein Blinklicht zur Information des Tf über die ordnungsgemäße Funktion einer Bahnüberganganlage. Entspricht in der Funktion eines ÜS für BÜ in Deutschland.
Schlagbaum	In der Schweiz vereinzelt synonym verwendet Begriff für Schranken (siehe auch Barrieren).
Streckengerät	Es handelt sich hierbei um eine Einrichtung zur Sicherung einer Bahnüberganganlage. Sie steht nicht mit anderer Sicherungstechnik an einer Strecke in Abhängigkeit und arbeitet somit autonom.
R RTE	Regelungen des Regelwerks Technik Eisenbahn, die hoheitliche Vorschriften oder Technische Normen ergänzen oder an die Stelle fehlender treten. Im Unterschied dazu sind D RTE Teile des Regelwerks Technik Eisenbahn die Handbücher und Dokumentationen enthalten.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Temporäre Überwachung der <i>LX start location</i> als EOA und SvL nach [SUB26]	19
Abb. 2	Passieren eines gestörten BÜ mit Halt vor dem BÜ nach [SUB26]	20
Abb. 3	Umschalten der Überwachung von EOA und SvL nach [SUB26]	21
Abb. 4	Passieren eines gestörten BÜ ohne Halt vor dem BÜ nach [SUB26]	22
Abb. 5	Umschalten der Überwachung von EOA und SvL nach [SUB26]	23
Abb. 6	Symbol <i>LX not protected</i> für das DMI aus [ERT14]	30
Abb. 7	Vordruck Befehle 1 – 14 aus [DB408]	34
Abb. 8	ÜS-BÜ auf einer ETCS L1 LS Strecke der DB AG nach [819.1348]	38
Abb. 9	Ausrüstung eines BÜ auf ETCS L1 LS-Strecken der DB AG für beide Richtungen nach [DB15]	39
Abb. 10	Ermittlung von Anfang und Ende eines Bahnübergangs – vereinfachte Darstellung nach [819.1344] <i>Abbildung 10: Ermittlung von Anfang und Ende des Bahnübergangs</i>	42
Abb. 11	ÜS-BÜ auf einer ETCS L2-Strecke der DB AG nach [819.1344] und [DB14]	43
Abb. 12	Fü-BÜ auf ETCS L2-Strecken der DB AG	49
Abb. 13	Kontrolllicht zur Bahnüberganganlage gibt die Fahrterlaubnis [FDV15]	52
Abb. 14	Formularvorlage aus [FDV15]	54
Abb. 15	Signalbilder „Hilfssignal“ des Signalsystems L [FDV15]	55
Abb. 16	Signalbild „Hilfssignal“ des Signalsystems N [FDV15]	55
Abb. 17	Signalbild „Hilfssignal Signalsystem L mit Zusatzsignalisierung bei gestörter Bahnüberganganlage“ [FDV15]	56
Abb. 18	Neigungsberechnung der Projektierungsregeln ETCS L1 LS nach [CHL1L]	60
Abb. 19	Signalisierung von BÜ nach [CHL2K]	65
Abb. 20	MÁV ETCS L1 FS – Einbindung eines BÜ auf der Strecke	70
Abb. 21	MÁV ETCS L1 FS – Einbindung eines BÜ im Bahnhof Teil 1 nach [MO04]	72

Abb. 22	MÁV ETCS L1 FS – Einbindung eines BÜ im Bahnhof Teil 2 nach [MO04]	73
Abb. 23	MÁV ETCS L2 – Einbindung eines BÜ in Bahnhofsnähe in beiden Fahrtrichtungen	75
Abb. 24	Einbindung von BÜ auf ETCS L2-Strecken in Dänemark West	78
Abb. 25	Schematischer Gleisplan des EBL	94
Abb. 26	Architektur der Anlagensteuerung des EBL	95
Abb. 27	Standorte vorhandener BÜ im EBL	100
Abb. 28	Vorbereiteter Standort für einen BÜ zwischen Zellwald und Adorf	103
Abb. 29	Gleisplanschema des ETCS-Versuchsstands im SIL	105
Abb. 30	Sonderfall Abzweig bei ÜS-BÜ auf ETCS L1 LS-Strecke – Vorschlag zur Umsetzung auf dem ETCS-Versuchsstand	108
Abb. 31	Struktur der BUES 2000-Anlage	113
Abb. 32	Standort BÜ Klardorf im EBL	121
Abb. 33	BÜ Klardorf – Ausgangslage	125
Abb. 34	BÜ Klardorf – für die Darstellung verwendete Signale aus [DB301]	125
Abb. 35	Kreuzungsbereich BÜ Klardorf	127
Abb. 36	BÜ Klardorf – Gesamtansicht zur technische Sicherung	130
Abb. 37	BÜ Klardorf – Teilansicht 1 zur technische Sicherung	131
Abb. 38	BÜ Klardorf – Teilansicht 2 zur technische Sicherung	132
Abb. 39	BÜ Klardorf – Gesamtansicht der Ausrüstung mit ETCS L1 LS	134
Abb. 40	BÜ Klardorf – Teilansicht 1 der Ausrüstung mit ETCS L1 LS	135
Abb. 41	BÜ Klardorf – Teilansicht 2 der Ausrüstung mit ETCS L1 LS	136
Abb. 42	BÜ Klardorf – Gesamtansicht der Ausrüstung mit ETCS L2	139
Abb. 43	BÜ Klardorf – Teilansicht 1 der Ausrüstung mit ETCS L2	140
Abb. 44	BÜ Klardorf – Teilansicht 2 der Ausrüstung mit ETCS L2	145

Abbildungen, die keine Quellenangabe besitzen, wurden vom Autor persönlich erstellt.

Die Abbildungen wurde – soweit nötig und möglich – mit Hilfe der Signalschablone 2.0 (abgerufen am 12.09.2015) von Dr.-Ing. Ulrich Maschek erstellt. Sie kann von der Internetseite <http://signalschablone.maschexx.de> heruntergeladen werden und wird von ihrem Ersteller für die Anfertigung schematischer Übersichtsplänen empfohlen. Die zusätzlich vorgegeben Regeln zur Erstellung von Zeichnungen wurden nach Möglichkeit eingehalten.

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Aufbau des Paket 65 TSR nach [SUB26]	24
Tab. 2	Erfüllung der BÜ-bezogenen Anforderungen durch die TSR	25
Tab. 3	Zuordnung des Zustands des BÜ zum Zustand der TSR	25
Tab. 4	Aufbau des Pakets 76 PTM nach [SUB26]	27
Tab. 5	Aufbau des Paket 88 LXI nach [SUB26]	29
Tab. 6	Zuordnung der BÜ-bezogenen Anforderungen zu den Variablen des Pakets 88	30
Tab. 7	Tabelle der verwendeten Levelbezeichnungen	36
Tab. 8	BÜ-Planung in Abhängigkeit von ETCS-Level und Überwachungsart des BÜ nach [819.1348] und [819.1344]	36
Tab. 9	Paket 65 TSR zur BÜ-Absicherung auf ETCS L1 LS der DB AG in Anlehnung an [SUB26]	40
Tab. 10	Vorschlag für die TM „Einschaltstrecke“ nach [DB14]	47
Tab. 11	Regeln zur Ermittlung der Werte für die Variablen des Pakets 88 nach [DB14]	48
Tab. 12	Regeln zur Ermittlung der Werte für die Variablen des Pakets 65 nach [DB14]	48
Tab. 13	Notwendige Pakete unterschieden nach <i>v-überwachten</i> und <i>Warnung/Halt-überwachten Streckenabschnitten</i>	59
Tab. 14	Werte für Variablen des Pakets 65 TSR in Anlehnung an [SUB26]	59
Tab. 15	Werte für Variablen des Pakets 65 TSR bei Strecken-BÜ in Anlehnung an [SUB26]	71
Tab. 16	Werte für die Variablen des Pakets 88 LXI in Dänemark	79
Tab. 17	Einschaltart nach ETCS-Level und Land	84
Tab. 18	Überwachungsart nach ETCS-Level und Land	85
Tab. 19	Überwachung der Funktion	86
Tab. 20	Anlagen kategorisiert nach Autonomie	87
Tab. 21	Betrieblich vorgeschriebene Prozedur des Passierens eines gestörten BÜ	88
Tab. 22	Geschwindigkeitsrestriktion – technisch überwacht	89
Tab. 23	Geschwindigkeitsrestriktion – Ausdehnung der technischen Überwachung	89

Tab. 24	Verwendung von Paketen zur BÜ-Sicherung	90
Tab. 25	Störungsfälle der Praktikumsanleitung zur BUES 2000	114
Tab. 26	Machbarkeit und Empfehlung zur Implementierung – technisch bedingt	117
Tab. 27	Empfehlung aus didaktischer Sicht	118
Tab. 28	Empfehlung aus praktischer Sicht	119
Tab. 29	Ausgangswerte der Eisenbahnstrecke Zellwadi – Adorf	122
Tab. 30	BÜ Klardorf – Grunddaten zur Berechnungen zur technischen Sicherung	126
Tab. 31	BÜ Klardorf – Berechnungsergebnisse zur technischen Sicherung	128
Tab. 32	BÜ Klardorf – Paket 65 TSR auf ETCS L1 LS-Strecken der DB AG in Anlehnung an [SUB26]	137
Tab. 33	BÜ Klardorf – Paket 66 TSRR auf ETCS L1 LS-Strecken der DB AG in Anlehnung an [SUB26]	138
Tab. 34	BÜ Klardorf – Paket 88 LXI nach [DB14]	143
Tab. 35	BÜ Klardorf – Werte für Variablen des Pakets 65 TSR nach [DB14]	144

Tabellen, die keine Quellenangabe besitzen, wurden vom Autor persönlich erstellt.

Literaturverzeichnis

- [483.0701] Deutsche Bahn: Richtlinie 483.0701 Zugbeeinflussungsanlagen bedienen. 13. Dezember 2015
- [819.12] Deutsche Bahn: Richtlinie 819.12. Signalanlagen planen; Technische Bahnübergangs-Sicherungsanlagen. 01. März 2004
- [819.1310] Deutsche Bahn: Richtlinie 819.1310. LST-Anlagen planen Induktive punktförmige Zugbeeinflussung (PZB), Grundsätze für das Ausrüsten von Strecken. 2007
- [819.1344] Deutsche Bahn: Richtlinie 819.1348. LST-Anlagen planen Grundsätze zur Erstellung der Ausführungsplanung PT1 für ETCS Level 2. 2014
- [819.1348] Deutsche Bahn: Richtlinie 819.1348. LST-Anlagen planen Grundsätze zur Erstellung der Ausführungsplanung PT1 für ETCS signalgeführt. 2015
- [AB14] Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation: Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung. 2014
- [BDC15] Banedanmark: Copenhagen-Ringsted. Artikel auf der Internetseite von Banedanmark
http://uk.bane.dk/visBanearbejde_eng.asp?artikelID=15469 (aufgerufen am 31. August 2015)
- [BDR15] Banedanmark: Ringsted-Fehmarn: The railway connecting Europa. Artikel auf der Internetseite von Banedanmark
http://uk.bane.dk/visBanearbejde_eng.asp?artikelID=1856 (aufgerufen am 31. August 2015)
- [BDS21] Banedanmark: The Danish Signalling Programme. Artikel auf der Internetseite von Banedanmark
http://uk.bane.dk/visArtikel_eng.asp?artikelID=6090 (aufgerufen am 25. August 2015)
- [CHL1L] Systemführerschaft ETCS CH: Projektierungsregeln Level 1 LS, Version V 1.8. Stand 18. Dezember 2013
- [CHL2K] Systemführerschaft ETCS CH: Projektierungsregeln ETCS Level 2 KGB Version V1.5. Stand 31. Januar 2014
- [EBV14] Schweizerischer Bundesrat: SR 742.141.1. Verordnung über den Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung, EBV). 2014

-
- [DB14] Deutsche Bahn: Lastenheft BTSF3 Betriebliche-technische Systemfunktionen für ETCS SRS Baseline 3. 2014
- [DB15] Deutsche Bahn: Lastenheft – Zugbeeinflussungssystem „ETCS singalgeführt“. 2015
- [DB301] Deutsche Bahn: Richtlinie 301. Signalbuch. 2015
- [DB408] Deutsche Bahn: Richtlinie 408. Fahrdienstvorschrift. 2015
- [DB815] Deutsche Bahn; Richtlinie 815. Bahnübergänge planen und instand halten. 2008
- [DBV01] Deutsche Bahn: Programm: Berechnungen zu technischen Sicherungen durchführen. Stand 01. April 2002
- [ER15] Ernst, Maximilian: Erarbeitung eines Konzeptes zur Integration von ETCS in das Eisenbahnbetriebslabor. Masterarbeit, TU Dresden Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Stand November 2015
- [ERT14] European Railway Agency: ERA ERTMS 015560: ETCS DRIVER MACHINE INTERFACE. Version 3.4.0. 12. Mai 2014
- [FDV15] Bundesamt für Verkehr: R 300.1.15: Schweizerische Fahrdienstvorschriften FDV. 2015
- [MA13] Maschek, Ulrich: Sicherung des Schienenverkehrs: Grundlagen und Planung der Leit- und Sicherungstechnik. 2. Auflage, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013
- [ME11] Mellmann, Felix: Anpassung der BUES 2000 an das Sicherungstechnische Labor. Studienarbeit, TU Dresden Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Stand 26. April 2011
- [MET10] metraTec GmbH Magdeburg: RFID HF PCB-Antennen: Datenblatt. Stand: 2010
- [MO04] László, Mosóczi; Tóth, Peter: Erfahrungen mit der Anwendung des ETCS-Systems in Ungarn. In: Signal+Draht (2004), Nr. 4, S. 19-23
- [NE14] Neuberg, Niels. Der Einsatz von ETCS L1 Limited Supervision bei der Deutschen Bahn AG. In: Signal+Draht(2014),Nr. 10, S. 12-18.
- [SB2000] Scheidt & Bachmann GmbH: Planungshinweise zur Planung von technischen BÜ-Sicherungen der Bauform BUES 2000. Stand 28. Juli 2011
- [SCH15] Schnabl, Karl; Vajda, Sándor: Einführung von ETCS Level 2 in Ungarn durch Thales. In: Signal+Draht, Nr. 5, S. 12-18
-

- [SUB26] European Railway Agency: SUBSET-026: System Requirements Specification. Version 3.4.0. 12. Mai 2014
- [SUB36] European Railway Agency: SUBSET-036: FFFIS for Eurobalise. Version 3.0.0. 24. Februar 2012
- [TM2008] Deutsche Bahn: Technische Mitteilung zum Regelwerk 819.12 (Technische Bahnübergangs-Sicherungsanlagen) zu Bahnübergangssicherungsanlagen TM 2008 – 171 - I.NVT 3. Stand 2008
- [TU10] Technische Universität Dresden, Professur für Verkehrssicherungstechnik: Praktikumsanleitung „Moderne Bahnübergangssicherungstechnik am Beispiel der BUES 2000 von Scheidt & Bachmann“. Stand Juli 2010
- [TU11A] Technische Universität Dresden, Professur für Verkehrssicherungstechnik: Folien „Berechnungsbeispiele zur Bahnübergangssicherung“. Stand 2011
- [TU11B] Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen: Folien zur Vorlesung „Straßenverkehrsanlagen“. Stand 2011
- [VO0815] Verband öffentlicher Verkehr: RTE – Regelwerk Technik Eisenbahn: Übersicht über die Regelungen. Stand 01. August 2015

Erklärung

Hierdurch erkläre ich, dass ich die von mir am heutigen Tage eingereichte Studienarbeit selbstständig verfasst und andere als die angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt habe.

Der Verfasser erteilt der Technischen Universität an den Ergebnissen seiner Studienarbeit ein nichtausschließliches, nichtübertragbares, zeitlich unbegrenztes, kostenloses und unwiderrufliches Nutzungsrecht.

Dresden, den 06. November 2015

.....

Unterschrift des Studenten

Anhang A: Besprechungsprotokolle

**Gespräch mit Herrn Norbert Gawehn, Technischer Mitarbeiter,
TU Dresden, am 03. September 2015**

Fragen zum EBL:

1. Welche Geschwindigkeit wird maximal gefahren?

Antwort:

auf den Längenmaßstab umgerechnet 250 km/h im Betrieb, möglich sind 300 km/h

Fragen BÜ im EBL:

1. Gibt es eine Dokumentation oder Unterlagen zum BÜ in Zellwald?

Antwort:

Es gibt eine Berechnung, die bei Dr. Schöne erfragt werden kann.

2. Nach welchen Kriterien wurde der Standort des BÜ gewählt?

Antwort:

Einsehbarkeit war wichtig, damit auch eine Gruppe vor der Anlage stehen und den BÜ beobachten kann

3. Gab es alternative Standorte für die Errichtung eines BÜ?

Antwort:

Alternativ kann im Bereich bei km 17,3 und km 17,4 (hinter den Monitoren des Fahrzeugsteuerrechners; bei der Drehtür) ein BÜ installiert werden. Dieser wurde bei der Planung der Laboranlage bereits berücksichtigt.

4. Welche Besonderheiten gibt es bei diesem BÜ?

Antwort:

Der BÜ bei Zellwald soll Störszenarien bekommen. Diese müssen in der Software programmiert werden.

5. Kann man den BÜ bei Zellwald verschieben, um die UT zu vermeiden?

Antwort:

Die Lage kann verändert werden, dann muss aber die gesamte Verkabelung verändert werden. Außerdem ist die Lage der „Schaltgleise“ aus Richtung Eisenberg problematisch. Bei einer Verschiebung in Richtung Eisenberg kommen diese auf der Drehtür zu liegen.

Es wurde bei der Planung deswegen die Geschwindigkeit bereits von 160 km/h auf 120 km/h im gesamten relevanten Bereich herabgesetzt.

6. Wird die UT derzeit hergenommen?

Antwort:

Im neuen Fahrplan wird auch in diesem Bahnhofskopf rangiert, um die Funktion der UT zeigen zu können.

7. Wie wird die Steuerung vorgenommen?

(Hier geht's vorrangig um das Prinzip, nicht um Details einer Programmierung)

Antwort:

Hierzu kann Frank Schubert Auskunft geben.

8. Wie funktioniert das Zusammenspiel (Schnittstellen) mit anderen Teilen der Anlage/Anlagensteuerung?

Antwort:

Es handelt sich um eine Digitalsteuerung (Selectrix). Verwendet wird der Selectrix-Datenbus.

9. Kann theoretisch die vorhandene Lösung „nachgebaut“ werden?

(Beispiel wäre hier das SIL.)

Antwort:

Man kann so etwas nachbauen. Das kann mit einem Relais sein, das die Schranken ansteuert. Wichtig ist, dass ein Einschaltimpuls erzeugt wird. Im EBL wird das mit „Schaltgleisen“ gemacht. Besser ist aber eine Digitalsteuerung. Damit kann mehr realisiert werden.

10. Gibt es sonst noch wichtige Punkte, die berücksichtigt werden müssen?

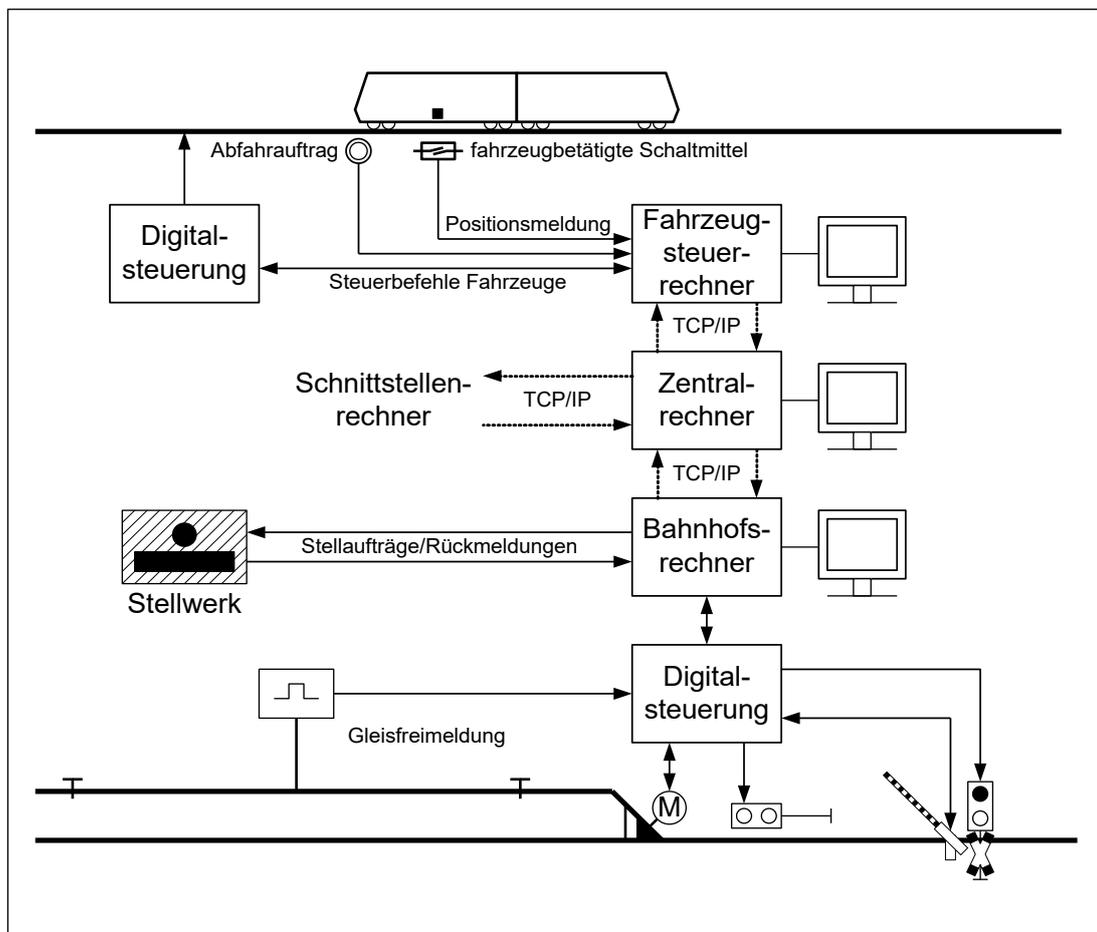
Antwort:

Nein.

Gespräch mit Herrn Frank Schubert, Technischer Mitarbeiter, TU Dresden, am 03. September 2015

Wesentliche Aussagen

- Die Steuerung folgt dem Schema der nachstehenden Skizze:



- Der prinzipielle Aufbau ist, gegenüber der Skizze auf der Internetseite der TUD zum EBL, zwischenzeitlich in manchen Punkten verändert worden. Das betrifft z. B. die Umsetzung der Gleisfreimeldung oder den Anschluss eines Tasters zum Erteilen eines Abfahrauftrags. Langfristig soll ein Konzept umgesetzt werden, wonach die Bahnhofsrechner softwareseitig eine möglichst breite Basis an verfügbaren Funktionalitäten bieten. Ziel ist die Umsetzung der Darstellung neuer technischer Entwicklung vorzubereiten. Beispielhaft hierfür ist die Implementierung von ETCS in verschiedenen Ausrüstungsstufen.
- Die Steuerung der Fahrzeuge erfolgt mittels einer Selectrix-Steuerung (digitale Modellbahnsteuerung). Der Fahrzeugrechner übt vereinfacht ausgedrückt die Aufgabe des Lokführers und der Zugbeeinflussung aus.

- Prinzipiell sind bei der Selectrix-Steuerung über einen Daten-Bus sowohl Fahrzeuge als auch Peripherie ansteuerbar. Aus diesem Grund erfolgt die Steuerung streckenseitiger Elemente ebenfalls unter Nutzung der Selectrix-Steuerung.
- An die Bahnhofsrechner angeschlossen sind sowohl die Stw als auch die Fahrwegelemente. Wo es nötig ist, werden analoge in digitale Signale oder umgekehrt umgewandelt. Die Gleisfreimeldung/Belegtmelder sind auf dem gesamten Gleisnetz vorhanden. Je nach Fall wird dem Bedienenden nur ein Teil der Informationen angezeigt. Das bedeutet z. B., dass zwischen Zellwald und Dornbach zwar mehrere Abschnitte mit Gleisfreimeldung/Belegtmelder ausgestattet sind. Für die Bedienenden werden diese Informationen nicht zugänglich gemacht, da das Prinzip Fahren im Raumabstand und die Sicherung mit dem vorhandenen Streckenblock ohne die Kenntnis des Zustands der einzelnen Abschnitte verdeutlicht wird.
- An den Zentralrechner können Schnittstellenrechner angeschlossen werden. Das können andere Rechner sein, die eine Simulation steuern. Als Beispiel kann hier das BEST genannt werden.
- Die Kommunikation zwischen den Rechnern erfolgt über das TCP/IP-Protokol. Darüber können innerhalb des Labors verschiedene Funktionalitäten eingerichtet werden. Das betrifft z. B. die Anzeige und Bedienung des Fahrzeugsteuerrechners. Hier kann eine Steuerung eines Zuges von einem anderen Rechner, der entsprechend konfiguriert ist, erfolgen. Es kann aber auch eine reine Anzeige der Bildschirmdarstellung des Fahrzeugrechners erfolgen. Die Anzeige wird dann gespiegelt und kann zur Ablesung der Geschwindigkeit etc. genutzt werden.
- Grundsätzlich werden „an der Anlage“ die Fahrzeuge und Elemente über Selectrix angesteuert, die eigentliche „Intelligenz“ steckt in der Software der Computer. Diese verarbeitet Eingangssignale/eingehende Impulse und generiert damit bestimmte Ausgangssignale. Dafür sind z. T. feste Werte hinterlegt. Die Ausgangssignale werden durch die Selectrix-Steuerung an den jeweiligen Empfänger übermittelt. Damit kann der Rechner mit der Steuerungssoftware theoretisch ersetzt werden. Bedingung dafür ist, dass die Schnittstellen gleich bleiben. Betroffen davon sind:
 - die Ein- und Ausgabe an die Selectrix-Steuerung
 - die Ein- und Ausgabe an ein angeschlossenes Stw
 - die Kommunikation über TCP/IP mit dem Zentralrechner
- Die Programmierung der Software der einzelnen Rechner basiert auf Delphi XE 32 bit.

Gespräch mit Herrn Dipl.-Ing. Richard Kahl, Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Verkehrssicherungstechnik (TUD), am 19.08.2015

Fragen zum ETCS-Versuchsstand im SIL:

1. In welchem Maßstab ist die Anlage angelegt? Besondere Gesichtspunkte:
 - a) Modellbahnmaßstab
 - b) Längenmaßstab
 - c) Geschwindigkeit des Fahrzeugs
 - d) evtl. spezifische Anpassungen

Antwort:

- a) *Spur G/Nenngröße Hm, d. h. Modellbahnmaßstab 1:22,5*
- b) *Längenmaßstab 1:200 analog zum EBL*
- c) *auf Längenmaßstab umgerechnet $v_{max} = 300$ km/h*
- d) *Radien sind kleinste, handelsübliche; virtuell sind diese nicht vorhanden (durchgehend 300 km/h fahrbar!)*

2. Welche Besonderheiten gibt es, die unter Umständen eine Rolle spielen können bei der Implementierung eines BÜ unter ETCS?

Antwort:

Ein Datenpunkt ist stets ein RFID-Tag, unabhängig davon ob es sich um eine oder mehrere Balisen handelt

Minimaler Abstand zwischen zwei Tags: ca. 16 cm

3. Wurden seit der ersten Inbetriebnahme der Anlage neue Funktionen bzw. Lehrbeispiele eingeführt oder Modifikationen vorgenommen?

Antwort:

Alles beruht auf der Steuerung durch die Software; DMI soll, in Anlehnung an Original, aber abgespekt, dargestellt werden; z. B. vist, vsoll, eingehende Informationen (z. B. vom RBC)

4. Welche ETCS Level können auf der Anlage nachgebildet werden? Vermutlich sind das:
 - a) ETCS L1 LS
 - b) ETCS L1
 - c) weitere

Antwort:

- a) *ETCS L1 LS (→ nächstes Ziel, Schritt 1)*
- b) *ETCS L1 (Schritt 2)*
- c) *ETCS L2 (Schritt 3); evtl. ETCS L3, Ziel: insgesamt möglichst viele verschieden Level darstellbar; aktuell kann die Die Odometrie resp. deren Korrektur gezeigt werden*

5. Welche Möglichkeiten gibt es bezüglich der Nachbildung von ETCS-Telegrammen? Besonders im Hinblick auf:
- a) *Beschränkung im übertragbaren/verarbeitbaren Informationsumfang*
 - b) *Programmierung bestimmter Telegramme*
 - c) *Anzahl gleichzeitig verwendbarer Balisen*

Antwort:

- *Tag: ca. 830 bit übertragbar*
- *Balise: ca. 130 bits übertragbar*
- *Tag kann mehr Information übertragen als Balise*
- *Lesezeit bei Tag begrenzt, deshalb andere Strategie:*
- *Antenne größer geht nicht, Geschwindigkeit verlangsamen nicht gewünscht, Daten aus Datenbank im Rechner ausgelesen anstelle Speicherung im Tag*
- *ID für Tags, damit dann das Telegramm aus einer Tabelle gelesen werden kann*
- *Die Daten sind stets auf die Funktion der Balise reduziert*

6. Gibt es sonst noch wichtige Punkte, die berücksichtigt werden müssen?

Antwort:

- *Variabilität in der Strecke, also Gleisanlagen als eingleisige oder zweigleisige Strecke nutzbar*
- *außer geometrischer Einschränkungen nichts*

Wesentliche Aussagen:

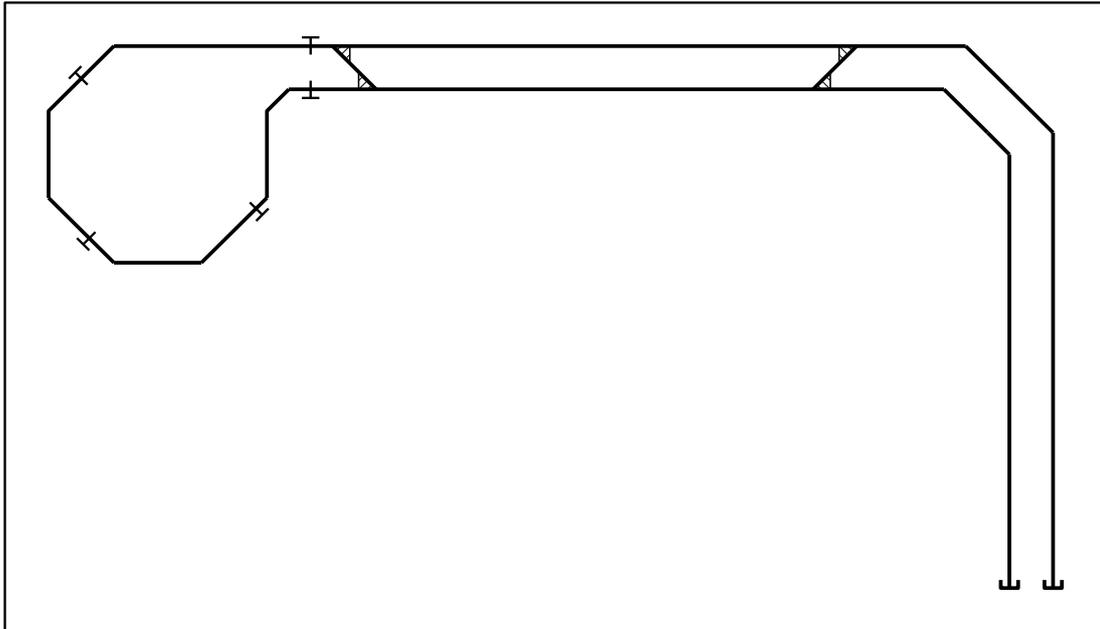
- *Die Nachbildung schaltbarer Balisen kann umgesetzt werden. Dazu muss bei der Auslese der Telegramme aus der Computerdatenbank ein entsprechendes Verhalten programmiert werden.*
- *Das Fahrzeug auf dem ETCS-Versuchsstand wird über eine Selectrix-Steuerung (digitale Modellbahnsteuerung) angesteuert.*

- Prinzipiell sind bei dieser Steuerung über einen Daten-Bus sowohl Fahrzeuge als auch Peripherie ansteuerbar.
- Es werden von einer Zentraleinheit mit einem Schreib- und Lesemechanismus Datenpakete versendet oder empfangen. Diese enthalten jeweils die Adresse des Empfängers und die zu übertragende Information. Dabei kann es sich entweder um Befehle an ein Element oder Informationen von einem Element für die Zentraleinheit handeln. Die Befehlspakete bewirken ein Schalten der analogen Ausgänge eines Decoders, die anderen Pakete dienen der Auslese von Informationen eines Elements und der Übertragung dieser Informationen an die Zentrale. Weitere Erläuterungen zum Selectrix-System finden sich im Selectrix-Wiki des MEC-Arnsdorf:

<http://sx-wiki.mec-arnsdorf.de/wiki/index.php/Hauptseite>

- Die Digitalsteuerung ist verbunden mit einem Computer. Darauf läuft eine Steuerungssoftware. Die Steuerung erfolgt also durch die Software, deren Befehle in Befehle der Digitalsteuerung umgewandelt werden. Im Fahrzeug werden die Selectrix-Befehle in entsprechende Schaltung der analogen Ausgänge des Selectrix-Decoders umgesetzt.
- Die Software zur Anlagensteuerung wurde im SIL mit LabVIEW realisiert. Im EBL wird eine andere Programmiersprache verwendet. Zur Situation im EBL kann keine gesicherte Aussage getätigt werden, eine separate Abklärung ist deshalb unerlässlich. Herr Frank Schubert ist dafür der kompetente Ansprechpartner.
- Die Architektur unterscheidet sich zwischen beiden Laboranlagen, da die fahrzeugseitige Steuerung im EBL durch einen Fahrzeugrechner, die streckenseitige Anlagensteuerung durch verschiedene Bahnhofsrechner vorgenommen wird.
- Beim ETCS-Versuchsstand ist keine derartige Trennung vorhanden. Momentan wird nur das Fahrzeug gesteuert, eine Steuerung streckenseitiger Elemente ist nicht vorhanden. Grundsätzlich kann eine solche Funktionalität programmiert werden.
- Der ETCS-Versuchsstand kann mit einem Rechner gesteuert werden, da die Aufgabe einen geringeren Komplexitätsgrad als die Anlage des EBL aufweist. Eine Trennung in fahrzeugseitige und streckenseitige Steuerung kann – falls nötig – später vorgenommen werden. Neben einer „Modellbahnzentrale“ ist die weitere Hardware begrenzt.
- Eine Kombination der Programmierung für beide Anlagen scheidet einerseits wegen der unterschiedlichen Programmiersprachen aus, andererseits wegen der verschiedenen Architekturen der Steuerungen.
- Die Steuerbefehle, die die Digitalsteuerung verarbeitet sind bei beiden Anlagen gleich. Ein Austausch des Rechners/der Software ist damit ohne weiteres möglich. Die Digitalsteuerung muss in beiden Fällen die gleichen Befehle übertragen bekommen.

- Eine Insellösung zur reinen Demonstration der Einbindung eines BÜ auf ETCS-Strecken im EBL könnte mit einer Programmierung für den ETCS-Versuchsstand realisiert werden. Diese wäre aber ein Sonderfall in der Anlagensteuerung und losgelöst von der restlichen Anlagensteuerung nur für Demonstrationszwecke möglich.
- Wegen der Polaritätsproblematik der Wendeschleife sind bereits fünf Trennstellen (vier Abschnitte) vorhanden (siehe Abbildung). Es ist unproblematisch bei Bedarf weitere einzufügen.



- Der Einsatz einer Lichtschranke als Einschaltkontakt ist möglich. Damit kann ein fahrzeuggesteuerter Einschaltstoß für die BÜ-Darstellung realisiert werden. Eine Lichtschranke ist einfach installierbar und kann ohne große Eingriffe in die bestehende Anlage montiert werden.
- Daneben kann auf die Nachbildung der Odometrie zurückgegriffen werden („virtueller Einschaltkontakt“). Eine Abweichung gibt es in geringem Maße wegen der Getriebeübersetzung im Fahrzeug und des vorhandenen Schlupfs (Rad – Schien). Zusätzlich ist zu Demonstrationszwecken eine künstliche Ungenauigkeit implementiert. Insgesamt ist die Odometrie für den angedachten Zweck hinreichend genau.
- Die Darstellung des DMI wird momentan auf dem Laptop, der zur Steuerung verwendet wird, angezeigt. Eine Leinwandprojektion ist möglich, sofern ein passendes Kabel mit ausreichender Länge zum Anschluss des vorhandenen Beamers verfügbar ist.
- Perspektivisch wird eine W-LAN-Übertragung der DMI-Anzeige angestrebt. Damit soll eine Übertragung u. a. auf mobile Endgeräte möglich sein. Der Zugang dazu wird über eine Website realisiert.

Gespräch mit Herrn Dipl.-Ing. Klaus Koop, Projektleiter, ICS AG, am 24. August 2015

Wesentliche Aussagen

- alle Informationen beziehen sich auf die Ausrüsten des westlichen Eisenbahnnetzes Dänemarks (Thales hat den Auftrag für DK West Jütland gewonnen)
- Alstom hat den Auftrag für den Ostteil gewonnen
- Ausrüstung der Strecken mit ETCS L2 ohne Signale
- Aktuell Teile in der Entwicklung bzw. auch teilweise in der Testphase im Feld (siehe hierzu auch Roll-out Plans)
- Stand der Regelwerke ist eine stabile Entwurfsversion
- Zuständigkeit Herr Dipl.-Ing. Klaus Koop:
 - Systemarchitekt für die Spezifikation der BÜ-Anforderungen d. h. alle Anforderungen, die die BÜ-Technik selber und die Einbindung in die weitere LST betreffen;
 - Spezifizierung und Prüfung bestehender Spezifikationen und Testfälle
- Erlaubter Geschwindigkeitsbereich im Zusammenhang mit BÜ:
 - Regelfall: Strecken mit 120 km/h
 - Sonderfälle: Strecke mit 180 km/h
 - Schnellfahrstrecke: ohne BÜ
- Schnellfahrstrecke auf der Verbindung Flensburg – Inseln – Schweden
- Technische Sicherung von BÜ in folgenden Fällen:
 - Generell für BÜ für den Straßenverkehr
 - Reisendenübergänge
 - Mitarbeiterübergänge
- Ausnahme sind „Private Crossings“, Bahnübergänge zur Benutzung von einzelnen Personen/Personengruppen hier wird die Sicherung anders vorgenommen:
 - keine technische Sicherung
 - vor Überquerung telefonische Verständigung des Fdl
 - anschließend gibt dieser die Überquerung frei
- Signalisierung/Sicherung straßenseitig:
 - Mindestens zwei Blinklichter je Richtung

-
- Halbschranken
 - für Vollschrankenanlagen induktive Gefahrraumfreimeldung im Gleisbereich
 - Derzeitige Überwachungsart ohne den Einsatz von ETCS
 - ÜS
 - Teilweise Hp
 - aktueller Stand bei den BÜ-Sicherungsanlagen hinsichtlich autonom oder abhängig vom Stw
 - es werden teilweise autonome Anlagen verwendet
 - teilweise sind auch Anlagen mit Einbindung vorhanden
 - Zukünftig unterschiedlich gehandhabt in Ost- und Westteil des Eisenbahnnetzes
 - Besonderheit in Dänemark ist die Form der HET:
 - Umfangreichere Bedienungseinheit als in Deutschland (neu wird diese als *Local Activation Unit* bezeichnet)
 - möglich ist eine manuelle, gleisweise Einschaltung (je Gleis ein eigener Einschalter)
 - Öffnung ohne weitere Bedingung(en) möglich
 - komplette Ausschaltung möglich
 - teilweise Ausschaltung, d. h. nur die Schranken deaktiviert, möglich
 - permanente Schaltung zweier Zustände:
 - aktiviert
 - deaktiviert
 - Meldung des Zustands vom BÜ an das Stw (BÜ aktiviert/BÜ deaktiviert)
 - Lokale Bedieneinrichtung auch zukünftig vorhanden
 - Unter ETCS sind alle BÜ in einer Abhängigkeit zum Stw, autonomen Anlagen gibt es dann nicht mehr
 - Meldung vom BÜ ans Stw:
 - BÜ gesichert
 - BÜ nicht gesichert
 - Bedingung für BÜ gesichert: Schranken haben untere Endlage erreicht
 - Übertragung vom RBC an das Fahrzeug bei der Annäherung an den BÜ:
 - MA mit Paket 88
-

-
- Halt vor dem BÜ notwendig
 - anschließend $v_{\text{überw}} = 10 \text{ km/h}$ auf dem BÜ
 - keine Balisen im Gleis verlegt, alles über Mobilfunk übertragen
 - Balisen dienen nur der Korrektur der Ortung
 - Halt vor dem BÜ vorgesehen, damit:
 - Überprüfung durch Tf ob der BÜ geschlossen ist
 - evtl. eine Sicherung über die lokale Bedieneinheit erfolgen kann
 - bisher existiert Signal am BÜ mit einem zugehörigen, vorgelagerten Vorsignal
 - Beginn einer Fstr 50 m vor einem BÜ vorgeschrieben
 - Einschaltung im Regelfall mit verschiedenen Kriterien:
 - Fahrplan für voraussichtlichen Zeitpunkt → Zuglenkung (Thales) berechnet optimalen Schließzeitpunkt
 - Fahrstraße über BÜ besteht
 - MA request bei Annäherung 50 s vor Beginn der Bremskurve
 - Daraus wird ein Einschaltauftrag vom dispositiven System/der Zuglenkung generiert
 - Ausnahmen z. B. Verkehrshalt eines Zuges in der Annäherung; Vermeidung unnötiger Schließzeiten
 - Andere Einschaltung falls ein Systemausfall der Zuglenkung auftritt, also eine klassische Betriebsweise (Fdl stellt die Fstr) notwendig ist
 - Einschaltanstoß über Gleisfreimeldeabschnitt
 - Bereich vor dem BÜ dafür bestimmt
 - Anstoß durch Wechsel des Zustandes von frei auf belegt
 - Einschaltung mit bestimmter Verzögerung
 - Falls der Gleisfreimeldeabschnitt, der für den Einschaltanstoß genutzt wird belegt ist und erst danach eine Fstr über den BÜ eingestellt wird, erfolgt die Sicherung des BÜ unverzüglich (ohne die projektierte Verzögerung)
 - Sonderfall BÜ-BÜ-Kette
 - Übertragung der Information „alle BÜ gesichert“, wenn letzter BÜ gesicherten Zustand erreicht hat
 - Wenn ein BÜ ungesichert, dann Übertragung „alle ungesichert“, um zu vermeiden, dass kurz hintereinander verschiedene MA an den Zug übertragen werden
-

- Haltebereich festgelegt beginnend am BÜ bis 50 m vor dem BÜ
- interessanter Fall bei ETCS ist:
 - MA mit „Fahrerlaubnis über BÜ“ bereits übertragen
 - Störung tritt auf
- BÜ für Reisende werden anders überwacht
 - Verwendung des Paket 65 TSR
 - Überwachung der Einschaltbereitschaft
- Bei Störung nach Revocation der TSR keine Bremsung des Zuges

**E-Mail-Korrespondenz mit Herrn Dipl.-Ing. Niels Neuberg,
Anforderungsmanagement ETCS, DB Netz AG**

E-Mail vom 05.10.2015

Frage:

Bei der Fachtagung ETCS und Leittechnik der TU Dresden am 24.09.2015/25.09.2015 war im Vortrag zur Planung von ETCS signalgeführt die Rede davon, dass ein Datenpunkt mit *Track Condition Big Metal Masses* geplant wird. Welche Details dazu gibt es (z. B: welchen Wert nimmt die Variable an des Paket 67 an, ist das nur bei ETCS signalgeführt der Fall, welche Metallteile sind ausschlagend für die Verlegung eines solchen Datenpunktes vor BÜ (Teile der Straßenfahrbahn?))?

Antwort:

Neuberg: Ich kenne diesen Vortrag nicht. „ETCS signalgeführt“ sieht jedoch einen solchen DP mit Standardprojektierung vor. BMM werden in Subset 36 beschrieben.

Auszug aus der E-Mail an Herrn Dipl.-Ing. Niels Neuberg vom 05.10.2015:

Sehr geehrter Herr Neuberg,

...

Eine Nachfrage erscheint mir nur notwendig und sinnvoll in Bezug auf das Zitat aus der Ril 819.1348 vom 25.06.2015. Dort heißt es im Abschnitt 12 Sicherung von Bahnübergängen im Absatz Lfst-Löschung:

Pro Gleis liegt ein ungesteuerter DatenpunktB Typ BR unmittelbar vor der Kante des Bahnübergangs; auf eingleisigen Strecken in Richtung des Gefälles und auf zweigleisigen Strecken in Regelfahrrichtung. Ein Typ BR nimmt die Ankündigung gem Abs. 12 (2) zurück.

Aus welchem Grund ist auf eingleisigen Strecken das Gefälle relevant für die Positionierung des Datenpunkts BR?

Vielen Dank für Ihre Bemühungen!

Mit freundlichem Gruß

Fabian Kirschbauer

Antwort von Herrn Dipl.-Ing. Niels Neuberg vom 05.10.2015:

Sehr geehrter Herr Kirschbauer,

da es auf eingleisigen Strecken keine Regelfahrrichtung gibt, mussten wir ein anderes Entscheidungskriterium finden. Und da es bergauf leichter ist als bergab, eine Geschwindigkeitsbegrenzung einzuhalten, ist die Entscheidung auf diese Regel gefallen.

Mit freundlichen Grüßen

Niels Neuberg

Anforderungsmanagement ETCS (I.NPS 321)

**Gespräch mit Herrn Dipl.-Ing György Sélley, Projektverantwortlicher,
Ingenieurgesellschaft für Sicherungstechnik und Bau mbH, am 27.
Oktober 2015**

Wesentliche Aussagen

- Grundlegendes zur technischen Sicherung
 - eine technische Sicherung von BÜ kann auf unterschiedliche Weise erfolgen
 - eine technische Sicherung umfasst immer zwei rote Blinklichtern (Wechselblinken)
 - im Grundzustand (Ruhezustand, technische Sicherung betriebsbereit) blinkt ein weißes Licht
 - alle drei Lampen sind in einer Blende in der Form eines auf der Spitze stehenden Dreiecks angeordnet, das weiße Licht unter den zwei roten
 - neben allein stehenden Blinklichtern kann auch noch eine Sicherung mit Halbschranken (nach deutschem Verständnis BliH) installiert werden
 - es existieren noch BÜ mit Vollschranken ohne Blinklichter oder Lichtzeichen, diese werden neu aber nicht mehr eingerichtet
- Überwachung der technischen Sicherung
 - Überwachung, ob das Blinken für eine festgelegte Zeit erfolgt ist (analog der Vorleuchtzeit in Deutschland)
 - gegenüber Deutschland gibt es bei der Überwachung Besonderheiten
 - Überwachung verschiedener Stellungen der Schranken beim Schließen (z. B. 12,5°)
 - Überwachung der Vollständigkeit des Schrankenbaums
 - die Schrankenbäume sind mit roten Lichtern ausgerüstet, deshalb verläuft ein Kabel im Baum, um die Lichter mit Strom zu versorgen; wenn dieser Stromkreis unterbrochen wird, registriert die Anlage das als einen gebrochenen Baum und die Anlage geht in den Stöorzustand
 - Beeinträchtigungen der technischen Sicherung werden in leichte und schwerwiegende unterteilt
 - leichte Beeinträchtigungen können z. B. ein defektes Rotlicht (wenn das zweite noch funktioniert) oder ein nicht ganz geschlossener Schrankenbaum (12,5°-Stellung) sein; die Geschwindigkeit beim Befahren muss dann auf 120 km/h reduziert werden

-
- schwerwiegende Beeinträchtigungen, z. B. wenn die Technik komplett ausfällt, erfordern eine Reduktion der Geschwindigkeit auf 15 km/h
 - Einteilung der BÜ aus ETCS-Sicht
 - es gibt drei verschiedene Typen von BÜ
 - BÜ auf der Strecke (vergleichbar mit deutschen ÜS-BÜ)
 - BÜ in der Nähe eines Bahnhofs („hauptsignalüberwachte“ BÜ)
 - BÜ im Bereich von Bahnhöfen („hauptsignalabhängige“ BÜ)
 - Strecken-BÜ
 - können auf verschiedene Arten gedeckt sein
 - eine Möglichkeit besteht darin, dass ein Hauptsignal , das nur zur der Deckung des BÜ dient, 30 m vor dem BÜ aufgestellt wird
 - es gibt noch zwei weitere mögliche Signale
 - die Einschaltung erfolgt über gesonderte Einschaltkontakte, für BÜ im Bahnhofsbereich dagegen durch den Fdl in Kombination mit Anrückmelder
 - „hauptsignalüberwachte“ BÜ liegen nicht direkt im Bahnhofsbereich, die Einschaltung erfolgt auf der einen Seite aber wegen der Nähe zum Bahnhof, im Bahnhofsbereich
 - ist der BÜ gestört läuft die Fahrstraße ein, das deckende Ausfahrtsignal kann aber nicht in die Fahrtstellung gebracht werden
 - die Zustimmung zur Fahrt erfolgt dann mittels Ersatzsignal oder Befehl
 - eine Unterscheidung beim Ersatzsignal in Zs 1 und Zs 7 wie in Deutschland gibt es nicht
 - diese Anlagen sind mit den Hp/ÜS-Anlagen im Streckennetz der DB vergleichbar
 - bei der Fahrt vom Bahnhof in Richtung BÜ wird die TSR vom RBC über GSM-R übertragen, da Balisen für die Einbindung des BÜ sonst im Weichenbereich verlegt werden müssten
 - „hauptsignalabhängige“ BÜ liegen im Bahnhof , d. h. zwischen den Einfahrtsignalen, und sind ein Fahrstraßenelement
 - wenn der BÜ nicht ordnungsgemäß gesichert ist, läuft die Fahrstraße nicht vollständig ein
 - es ist somit kein gesicherter Fahrweg gegeben
 - können mit BÜ der Überwachungsart Hp in Deutschland verglichen werden

- Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken
 - BÜ werden unter ETCS L1 und ETCS L2 über eine TSR eingebunden, es gibt aber Unterschiede in der Übertragung der Restriktion
 - es werden drei Zustände unterschieden
 - „gesichert und v_{\max} “: sofern keine Störung vorliegt darf der BÜ mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (BÜ sind bis $v_{\max} = 160$ km/h zugelassen) befahren werden
 - „gesichert und keine v_{\max} “: bei kleinen Beeinträchtigungen wird eine TSR mit $v = 120$ km/h übertragen
 - „nicht gesichert“: bei schwerwiegenden Beeinträchtigungen wird eine TSR mit $v = 15$ km/h übertragen
- Vorgehen bei Strecken-BÜ
 - für Strecken-BÜ wird mit einer LEU vom ÜS der Zustand des BÜ ausgelesen und im Falle der nicht ordnungsgemäßen Sicherung die jeweilige TSR über Balisen übertragen
 - das gilt für ETCS L1 und ETCS L2
- Vorgehen bei BÜ in Bahnhofsnähe („hauptsignalüberwachte“ BÜ)
 - je nach Richtung wird bei ETCS L2 die TSR unterschiedlich übertragen
 - nach der Fahrstraßeneinstellung wird unabhängig vom Sicherungszustand des BÜ vom RBC zusammen mit einer MA die über den Bereich des BÜ hinaus geht eine TSR mit $v = 15$ km/h übertragen
 - im Regelfall wird die MA in der Betriebsart FS übertragen, im Falle eines Ersatzsignals hingegen ist das eine MA in der Betriebsart OS
 - bleibt der BÜ im Zustand „nicht gesichert“, so bleibt die TSR unverändert bestehen
 - erreicht der BÜ den Zustand „gesichert und keine v_{\max} “, so wird die Geschwindigkeit der TSR auf $v = 120$ km/h angepasst
 - nur wenn das Stellwerk für den Zustand des BÜ „gesichert und v_{\max} “ gegeben hat, wird die TSR gelöscht, das geschieht
 - entweder mit Paket 66
 - oder durch Übertragung einer TSR mit $v = 500$ km/h
 - in der anderen Fahrtrichtung wird eine TSR über Balisen übertragen

- Vorgehen bei Bahnhofs-BÜ („hauptsignalabhängige“ BÜ)
 - die TSR wird vom RBC erzeugt und übermittelt
- für Paket 65 gilt außerdem:
 - Für NID_TSR gibt es keine speziellen NID-Bereiche für BÜ-TSR
 - $Q_FRONT = 1$, es gibt keine Verzögerung
 - D_TSR hängt von der jeweiligen Topologie ab
 - die Länge der TSR beträgt zwischen 8 m und 14 m
 - Überwachung auf Zugspitze

Gespräch mit Frau Dipl.-Ing. Julia Zimmer, LST-Planerin, DB ProjektBau GmbH, am 04. August 2015

Wesentliche Aussagen:

- Grundlagen für die Planung sind die ausgehändigten Richtlinien (Ril 819.1348 für ETCS L1 LS und Ril 819.1344 für ETCS L2)
- beide Richtlinien stellen einen Entwurf dar und werden projektbezogen freigegeben
- spürbare Änderungen sind bis jetzt mit jedem neuen Entwurf der Richtlinien vorgenommen worden
- Planung im Grunde für Standardfälle möglich, bei Sonderfällen muss eine Abstimmung mit den Fachautoren erfolgen
- Hintergrundwissen (z. B. Lastenheft o. ä.) wird an LST-Planer nicht weitergegeben; lediglich in Ausnahmefällen werden diese Dokumente weitergegeben
- Entstehende Fragen wie etwa die Verlegung des Datenpunkts BR an ÜS-BÜ auf eingleisigen ETCS L1 LS-Strecken in Richtung des Gefälles vor der Kante des BÜ werden als Nachfrage an den zuständigen Fachautor gerichtet; eine Antwort erhält ein LST-Planer – wenn überhaupt – erst nach langer Zeit
- Der aktuelle Stand der Dokumente (z. B. Lastenheft in Bezug auf ETCS) liegt einem LST-Planer nur teilweise vor; manchmal werden die Lastenhefte ausnahmsweise an die LST-Planer weitergegeben
- Die Einbindung von BÜ auf ETCS-Strecken kann also nur durch Interpretation der Planungsrichtlinien eine auf die Anwendung von Paket 65 TSR oder Paket 88 LXI zurückgeführt werden; gesicherte Aussagen kann nur der Fachautor machen
- Erfahrungen mit ETCS müssen erst noch gesammelt werden
- Jeder Planer macht in seinen Projekten eigne Erfahrungen; bestimmte Fragen können nur bestimmte Personen beantworten

Einige Fragen wurden konkret an Frau Dipl.-Ing. Julia Zimmer gestellt. Sie sind zusammen mit den dazugehörigen antworten auf den folgenden Seiten zu finden.

Generelle Fragen zur ETCS Planung:

1. ETCS-Planungen, bei denen BÜ eine Rolle spielen, sind vorrangig Planungen auf bestehenden Strecken. Ist das für die momentane Situation richtig? Es wird derzeit nicht ETCS für Strecken geplant, die komplett neu errichtet werden und BÜ aufweisen, oder? (Schnellfahrstrecken werden natürlich neu gebaut und mit ETCS ausgerüstet, sind aber ohne BÜ zu errichten)

Antwort:

Auf Neubaustrecken werden i. d. R. keine BÜ mehr vorgesehen. Daher ist Ihre Aussage so richtig.

2. Was bedeutet Muka-Signale (siehe Ril 819.1344, Abschnitt 5.5 Datenpunkte an Bahnübergängen, Seite 108)?

Antwort:

Muka steht für „Melde- und Kommandoanschaltung“. Es handelt sich dabei um eine Tabelle, die bei der Level2- PTI-Planung erstellt wird. Sie enthält die für die Projektierung von ETCS relevanten Informationen von Weichen und Signalen.

Fragen zur Ausrüstung mit ETCS L1 LS:

1. Gibt es eine besondere Kennzeichnung für Balisengruppen (z. B. für Datenpunkte aus zwei Balisen)?

Antwort:

Was ist mit Kennzeichnung gemeint? An der Balisenbezeichnung wird nicht ersichtlich, ob es sich um Balisengruppen oder Einzelbalisen handelt. Allerdings gibt es gemäß Ril 819.9002 vorgeschriebene Symbole für den sicherungstechnischen Lage- und Übersichtsplan:

Bezeichnung	Symbol
Datenpunkt als Einzelbalise - ungesteuert	
Datenpunkt als Einzelbalise - gesteuert	
Datenpunkt als Balisengruppe - ungesteuert	
Datenpunkt als Balisengruppe - gesteuert	

Fragen zur Ausrüstung mit ETCS L2:

1. Was verbirgt sich hinter einem Datenpunkt Typ 9?

(Verwendet bei Sonderfall im Rahmen der ETCS L2-Planung, siehe Ril 819.1344, Abschnitt 5.5 Datenpunkte an Bahnübergängen, Seite 108.)

Antwort:

Hierzu ein Auszug aus der Ril 819.1344:

„Der Datenpunkt vom Typ 9 soll eine Zwangsbremmung beim Beginn einer Zugfahrt verhindern, die entstehen kann, wenn sich ein Fahrzeug mit der Balisenantenne z.B. auf der Balise eines Datenpunktes aus zwei Balisen oder zwischen zwei Balisen eines Datenpunktes befindet. Hierzu sind im Bereich (B) in Bahnhofsgleisen, in denen

Zugfahrten beginnen können, alle Datenpunkte, die aus zwei Balisen bestehen, mit dem Datenpunkt vom Typ 9 zu ergänzen. Hierbei muss nicht das gesamte Bahnhofsgleis betrachtet werden, sondern der Gleisabschnitt zwischen den Ausfahrtsignalen ist ausreichend.

Datenpunkte, die am Ausfahrtsignal verlegt sind, in der Regel ist dies der Datenpunkt vom Typ 21, dürfen nicht mit dem Datenpunkt vom Typ 9 versehen werden.

Der Datenpunkt vom Typ 9 besteht aus zwei ungesteuerten Balisen.“

Und als Ergänzung: Der Bereich (B) deckt den Bereich ab, in dem Datenpunkte verlegt werden. Dies entspricht in der Regel dem L2-Bereich zuzüglich des Bereiches zur Netzeinwahl und zum Funkaufbau.

Fragen zu zur Verfügung gestellten Dokumenten:

1. Wie lautet die zitierfähige, genaue Bezeichnung folgender Dokumente mit „Hintergrundwissen“:

2015-05-08 ETCS L1 LS Version: 0.5 (Grundlage Begutachtung)

‘Anforderungen BTSF3‘ Baseline: 4.7 (BVersion 1.5) Stand: 25.06.2014)

Antwort:

- *Lastenheft - Zugbeeinflussungssystem "ETCS signalgeführt" -*
- *Lastenheft BTSF3 Betrieblich-technische Systemfunktionen für ETCS SRS Baseline 3*

2. Gilt das erstgenannte Dokument für ETCS L1 LS?

Antwort: Ja.

3. Gilt das zweitgenannte Dokument nur für ETCS L2 oder ist es ein Dokument, welches nicht ausschließlich für ETCS L2 gilt? Kann es sein, dass zwar das zweite Dokument für mehrere Level gilt, aber in Bezug auf ETCS L1 LS das erstgenannte Dokument einen aktuelleren Stand wiedergibt?

Antwort:

Das 1. Lastenheft (LH) gilt nur für L1 LS und hat einen Stand von 2015. Es ist definitiv aktueller als das 2. LH (Stand 2014). Letzteres gilt allgemein für die ETCS-Systemversion 3.0, d. h. nicht nur für Level 2, sondern generell für ETCS. Es existiert hiervon bereits ein aktuellerer Stand, welcher uns leider noch nicht vorliegt.

Anhang B: BÜ Klardorf – Berechnung der technischen Sicherung

Auszug der Berechnung der technischen Sicherung mit [DBV01]

Bemerkungen :

1. Bei der Überwachungsart Hp/UES wird die Nachlaufzeit in der BÜ-Verbindungsgruppe im Stellwerk auf 0 gesetzt, da sie in der BÜ-Anlage programmiert wird.
- 2) Nach Montage örtlich aufmessen
3. bleibt frei
- 4) Angaben der Leit- und Sicherungstechnik
- 5) Auf Strecken mit Vorsignaltafeln anstelle von Vorsignalen ist tTf = 0 anzusetzen.

Berechnungen für:

Lz, Bli(H, F) - Hp/UES
 Lz, Bli(H, F) - UES
 Lz, Bli(H, F) - Hp

Eisenbahn-Bundesamt Außenstelle		2		5		8									
		1		4		7									
		0		3		6									
		Zust.	Datum	Name	Zust.	Datum	Name	Zust.	Datum						
8									E						
7															
6															
5															
4															
3															
2															
1															
DB Netz Deutsche Bahn Gruppe		Ausgabe		01		02		03		04		05		06	
Niederlassung		Datum													
Zur Ausführung genehmigt		Vor-/ Geprüft		Bauart		: BUES 2000-LZH-0S		Kennwort		: Klardorf		Bü-Nr.		: 17,400	
Datum		Name		km		: 17,400		Strecke		: Adorf - Zellwald		Einschaltstreckenberechnung nach Ril 815			
Bearb		05.10.2015		Kirschbauer										Blatt	
Gepr.														2-	
Norm														Bl.	
Über															
Nr.	Aenderung	Bearb	Gepr.	Gen.	Über.	Ungpr.	#15699.0a	Barcode: "0140012345"							

Lage des BÜ in km	BÜ-Mitte	km	17,400
BÜ eingleisig/mehrgleisig		Nachlaufzeit (tn)	
Blinklicht/Lichtzeichen		Lz-Anlage	
Zugrundegelegte Straßengeschwindigkeit	vStmax = 50, 60 oder 70 km/h	=	70 km/h
Min. Räumgeschwindigkeit Fahrzeuge	vSt = 10 oder 5 km/h	=	10 km/h
Räumgeschwindigkeit Fußgänger	vF = 1,0 - 1,5 m/s	=	m/s
Max. Länge der Straßenfahrzeuge einschl. Ladung	lSt = gem. Ril 815: 20m eintragen	=	20 m
Max. Teilsperrestrecke (Lz-Schranke)	d1 = 2)	<=	1,0 m
Max. Räumstrecke (Schr.-Regellichraum)	d2 = 2)	<=	11,0 m
Max. Sperrestrecke	d = 2)	<=	12,0 m
Max. Räumstrecke für Fußgänger	dF = 2)	<=	m
Teilzeitkonstante für vLz	tk1 =	=	0 s
Zeitbedarf für die Beeinflussung des Straßenverkehrs	tk1 =	=	s
Gelbzeit	tG =	=	5 s
	tG = gewählt: 3, 4 oder 5s	=	s
Vorleuchtzeit für Fußgänger	tIF = dF/vF	=	s
Vorleuchtzeit für Fahrzeuge	tI = 8,8+0,36d1 (vSt=10km/h, lSt=20m)	=	10 s
Erforderliche Vorleuchtzeit	tI = (>= 12s)	=	12 s
	tI = gewählt	=	12 s
Max. Schrankenbaumlänge am BÜ	Sblmax = <= 6m oder > 6m	=	5,00 m
Schrankenschließzeit	ts = bei Sbl <=6m: 6s sonst 10s	=	6 s
	ts = gewählt	=	6 s
Schrankenöffnungszeiten	tö = bei Sbl <=6m: 6s sonst 10s	=	6 s
	tö = gewählt	=	6 s
Errechnete Nachlaufzeit	tn = tö + td (1 bis 5s)	=	7 s
	tn 4) = gewählt	=	10,00 s
Restzeit	tw = (Sollwert 8s)	=	8 s
Annäherungszeit	ta = 13+0,36d (vSt=10km/h, lSt=20m)	=	18 s
	ta = tI + ts + tw	=	26 s
	ta = tamax (>= 20s)	=	26 s
Gesamtannäherungszeit des BÜ	taBUE = ta + tn + tk1	=	36 s
Sichtzeit auf das Vorsignal	tTf = (Sollwert bei Hp >= 10s) 5)	=	s
Sichtzeit auf das Überwachungssignal	tTIUES = (Soll bei BÜd/1 >=7s; So16 >=9s)	=	7,2 s
Vorgabezeit, Überwachungsart US	tvgUES = tTIUES+tG+tn+tk1	=	22 s
Errechnete Räumzeit	tr = d2*3,6/vSt	=	3,9 s
Für die Berechnung maßgebende Räumzeit	tr = trmax (>= ts)	=	6,0 s
Signalstellzeit	tsig = 3 bzw. 5s	=	3 s
Vorgabezeit, Überwachungsart Hp	tvg = tn+tI+ts+tsig+(tI+tk1)	=	31 s
Zeitüberschreitungs meldung			
Zeitüberschreitungs meldung ÜS/FÜ	tZÜ = semax (ÜS/FÜ) * 3,6/vE20	=	358 s
Zeitüberschreitungs meldung Hp	tZÜ = semax (HP) * 3,6/vEL	=	- s
	tZÜ =	=	400 s
	tZÜ 4) = gewählt (100er-Schritte)	=	s
Mindestgeschwindigkeit der Eisenbahn innerhalb der Einschaltstrecke für die Berechnung der Zeitüberschreitungs meldung und der evtl. vorhandenen Grundstellerzeit	vE20 = gem. Ril 408: 20km/h	=	20 km/h
Bauart : BUES 2000-Lzh-US Kennwort : Klardorf km : 17,400 Strecke : Adorf - Zellwald Einschaltstreckenberechnung nach Ril 815			0 E Blatt 2- 2 Bl.
Datei: BÜ-Einschaltstrecke Klardorf 17,4_2 Druckdatum/Uhrzeit: 18.10.2015/13:05		- Grunddaten - Teil 2 von 11	

	Richtung vL (1A/2A, 1B/2B)		
Streckengeschwindigkeit	vE	=	160 km/h
Langsamste Regelzüge	vEL	=	80 km/h
	Überwachungsart UES, Berechnung der Einschaltstrecke		
Bremsweg der Strecke	sbr	= >= 400, 700, 1000m	1000 m
Bremsweg, gewählt	sbr	= (s. evtl. Sonderbremsstafel)	1000 m
Standort des Überwachungssignals		UES/So16 in	16,400 km
Einschaltstrecke (ÜS)	se	= sbr + tvgUES * vE/3,6	1987 m
	se	= taBUE * vE/3,6	1600 m
	se	= gewählt	-- m
Errechnete Einschaltverzögerung	tEV	= (se gew - se) * 3,6/vE	-- s
Gewählte Einschaltverzögerung	tEVgew 4)	= gewählt	-- s
Max. Annäherungszeit (<= 90, 240s)	tamax	= se max * 3,6/vEL - tv - tk1 - tEVgew	90 s
Errechneter Einschaltpunkt		Einschaltung in	15,413 km
Gewählter Einschaltpunkt	4)	Einschaltung gewählt in	km
Einschaltkriterium	4)		
	Abschaltzeit für Überwachungssignal		
Errechnete Abschaltzeit (ÜS)	tÜA1	= (max se - sbr) * 3,6/vE20	177 s
Gewählte Abschaltzeit	tÜA1gew	= gewählt	-- s
	Abschaltzeit für Überwachungssignalwiederholer		
Abstand ÜSW von BÜ-Mitte	sÜSW	=	-- m
Errechnete Abschaltzeit (ÜSW)	tÜA2	= (max se - sÜSW) * 3,6/vE20	-- s
Gewählte Abschaltzeit	tÜA2gew	= gewählt	-- s
	Richtung vR (1A/2A, 1B/2B)		
Streckengeschwindigkeit	vE	=	160 km/h
Langsamste Regelzüge	vEL	=	80 km/h
	Überwachungsart UES, Berechnung der Einschaltstrecke		
Bremsweg der Strecke	sbr	= >= 400, 700, 1000m	1000 m
Bremsweg, gewählt	sbr	= (s. evtl. Sonderbremsstafel)	1000 m
Standort des Überwachungssignals		UES/So16 in	18,400 km
Einschaltstrecke (ÜS)	se	= sbr + tvgUES * vE/3,6	1987 m
	se	= taBUE * vE/3,6	1600 m
	se	= gewählt	-- m
Errechnete Einschaltverzögerung	tEV	= (se gew - se) * 3,6/vE	-- s
Gewählte Einschaltverzögerung	tEVgew 4)	= gewählt	-- s
Max. Annäherungszeit (<= 90, 240s)	tamax	= se max * 3,6/vEL - tv - tk1 - tEVgew	90 s
Errechneter Einschaltpunkt		Einschaltung in	19,387 km
Gewählter Einschaltpunkt	4)	Einschaltung gewählt in	km
Einschaltkriterium	4)		
	Abschaltzeit für Überwachungssignal		
Errechnete Abschaltzeit (ÜS)	tÜA1	= (max se - sbr) * 3,6/vE20	177 s
Gewählte Abschaltzeit	tÜA1gew	= gewählt	-- s
	Abschaltzeit für Überwachungssignalwiederholer		
Abstand ÜSW von BÜ-Mitte	sÜSW	=	-- m
Errechnete Abschaltzeit (ÜSW)	tÜA2	= (max se - sÜSW) * 3,6/vE20	-- s
Gewählte Abschaltzeit	tÜA2gew	= gewählt	-- s
Bauart : BUES 2000-LZH-ÜS Kennwort : Klardorf km : 17,400 Strecke : Adorf - Zellwald Einschaltstreckenberechnung nach Ril 815		0	E
			Blatt
			2-
			2 Bl.
Datei: BÜ-Einschaltstrecke Klardorf 17,4_2 Druckdatum/Uhrzeit: 18.10.2015/13:05		- UES (1) - Teil 5 von 11	

Anhang C: BÜ Hallalit der ETCS-Strecke Berlin – Rostock

Es folgen zwei Blätter mit dem ETCS-Übersichtsplan der Strecke Berlin – Rostock im Bereich BÜ Hallalit im Format A3.

Hier ist das erste Blatt einzufügen. Geschieht dies nicht bleibt diese Seite frei.

Hier ist das zweite Blatt einzufügen. Geschieht dies nicht bleibt diese Seite frei.