



Lars Schnieder

European Train Control System (ETCS)

Einführung in das einheitliche
europäische Zugbeeinflussungssystem

 Springer Vieweg

European Train Control System (ETCS)

Lars Schnieder

European Train Control System (ETCS)

Einführung in das einheitliche europäische Zugbeeinflussungssystem

Lars Schnieder
ESE Engineering und Software-Entwicklung
GmbH
Braunschweig, Deutschland

ISBN 978-3-662-62014-4 ISBN 978-3-662-62015-1 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-62015-1>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Alexander Gruen

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Grenzüberschreitende Mobilität war im europäischen Schienenverkehr lange Zeit geprägt von technischen, betrieblichen und auch normativen Hemmnissen. Unterschiedliche Traktionsstromsysteme, verschiedene Spurweiten aber auch unterschiedliche Zugsteuerungs- und Zugsicherungssysteme waren ursächlich dafür, dass die Eisenbahn gegenüber anderen Verkehrsträgern zunehmend weniger wettbewerbsfähig war. Im letzten Jahrzehnt des letzten Jahrhunderts wurde in der Europäischen Union der rechtliche Rahmen zum Aufbau eines einheitlichen Eisenbahnsystems geschaffen. Seither wurden einheitliche technische Spezifikationen für das einheitliche Zugbeeinflussungssystem ETCS sowie harmonisierte Normen als Grundlage europaweit einheitlicher Zulassungsprozesse geschaffen. Im Ergebnis beseitigt ein zentrales technisches Hemmnis im grenzüberschreitenden Zugverkehr. ETCS steigert die Wettbewerbsfähigkeit der Eisenbahn durch die Erhöhung ihrer Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit.

Meine berufliche Tätigkeit in der Eisenbahnzulieferindustrie, meine berufs begleitende Hochschullehre sowie die Praxis in meinen Beratungs- und Begutachtungsprojekten zeigt den Bedarf, die Grundsätze des Zugsteuerungs- und Zugsicherungssystems ETCS in einer deutschsprachigen Publikation prägnant zusammenzufassen. Dieses Buch soll Studierenden und Praktikern der Bahnbranche einen schnellen Einstieg in das Thema ermöglichen. Darüber hinaus soll es Anknüpfungspunkte für eine weitergehende Recherche bieten.

Den folgenden Herstellern der Eisenbahnsignaltechnik sei an dieser Stelle für die freundliche Abdruckgenehmigung von Bildern gedankt:

- Alstom S.A.
- Bombardier Transportation signal Germany GmbH
- Deutawerke GmbH
- HASLERRAIL AG
- Lenord, Bauer & Co. GmbH
- Siemens Mobility GmbH

Zum Abschluss möchte ich noch einen Hinweis zum Sprachgebrauch in diesem Buch geben. Die Begrifflichkeiten im ETCS sind generell englischsprachig. Aus Projekten im deutschsprachigen In- und Ausland werden von den Spezifikationsdokumenten abweichende deutschsprachige Begriffe verwendet. Ich habe diese deutschen Begriffe aus didaktischen Gründen in diesem Buch verwendet.

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Lars Schnieder

Inhaltsverzeichnis

1	Historie und Motivation für das European Train Control System	1
1.1	Notwendigkeit der Harmonisierung von Zugbeeinflussungssystemen	1
1.2	Zielsetzung der Harmonisierung von Zugbeeinflussungssystemen	2
1.3	Umsetzung der Harmonisierung von Zugbeeinflussungssystemen	4
	Literatur	4
2	Regelungsrahmen des European Train Control Systems	5
2.1	Europäischer Rechtsrahmen	5
2.2	Nationaler Rechtsrahmen	8
2.3	Spezifikationen des European Train Control Systems	10
2.4	Zulassung des European Train Control Systems	11
2.4.1	Vorgehensweise der Zertifizierung	11
2.4.2	Anforderungen an die Zertifizierungsstelle	14
2.4.3	Voraussetzungen für eine Inbetriebnahmegenehmigung	15
	Literatur	17
3	Ausrüstungsstufen und technische Komponenten	19
3.1	Ausrüstungsstufen des European Train Control Systems	20
3.2	Komponenten der ETCS Streckeneinrichtung	23
3.2.1	Punktförmige Übertragungskomponente: Eurobalise	23
3.2.2	Quasi-kontinuierliche Übertragungskomponente: Euroloop	24
3.2.3	Lineside Electronic Unit (LEU)	25
3.2.4	Radio Block Center (RBC)	27
3.3	Komponenten der ETCS-Fahrzeugeinrichtung	31
3.3.1	Odometrie	31
3.3.2	Kommunikationsschnittstellen zur Streckeneinrichtung	36
3.3.3	Schnittstellen zu nationalen Zugbeeinflussungssystemen	36
3.3.4	Schnittstelle zur Fahrzeugsteuerung	37
3.3.5	Bedien- und Anzeigeschnittstelle	37
3.3.6	Fahrdatenrekorder	39
3.3.7	Fahrzeuggestützte Zugvollständigkeitskontrolle	40

3.4	Datenkommunikation zwischen Fahrzeug- und Streckeneinrichtungen	40
3.4.1	Digitales Mobilfunksystem	41
3.4.2	Sicheres Datenübertragungsverfahren (Euroradio)	44
3.4.3	Management digitaler kryptografischer Schlüssel	44
	Literatur	46
4	Funktionsweise des European Train Control Systems	49
4.1	Kommunikation zwischen ETCS-Fahrzeug- und Streckenausrüstung	49
4.1.1	Variablen	50
4.1.2	Pakete	51
4.1.3	Nachrichten	52
4.2	Übergänge zwischen den Ausrüstungsstufen	54
4.2.1	Aufnahme in Ausrüstungsstufe 1	54
4.2.2	Aufnahme in Ausrüstungsstufe 2	55
4.2.3	Entlassung in Ausrüstungsstufe 0	56
4.2.4	Aufnahme und Entlassung in Ausrüstungsstufe NTC	57
4.3	Betriebsarten des European Train Control Systems	60
4.3.1	Betriebsarten mit aktiver Überwachung durch das ETCS-Fahrzeuggerät	60
4.3.2	Betriebsarten ohne Überwachung durch das ETCS-Fahrzeuggerät	63
4.3.3	Betriebsarten bei inaktivem ETCS-Fahrzeuggerät	64
4.4	Beispielhafte Betriebsartenübergänge	65
4.4.1	Betriebsartenübergänge zwischen den Betriebsarten SR und FS	65
4.4.2	Einnahme und Verlassen der Betriebsart SH	68
4.5	Ende der Fahrerlaubnis und überwachter Gefahrenpunkt	68
4.6	Lokalisierung der Fahrzeuge	70
4.6.1	Koordinatensystem der Eurobalisen	71
4.6.2	Logische Verkettung von Eurobalisen (Linking)	72
4.6.3	Vereindeutigen der Fahrzeugposition (Repositioning)	73
4.7	Geschwindigkeitsüberwachung und Bremskurven	74
4.7.1	Übertragung des statischen Geschwindigkeitsprofils	74
4.7.2	Ermittlung des restriktivsten statischen Geschwindigkeitsprofils	76
4.7.3	Behandeln von temporären Langsamfahrstellen	77
4.7.4	Gradientenprofil	78
4.7.5	Ermittlung des dynamischen Geschwindigkeitsprofils (Bremskurven)	78
	Literatur	80

5	Umsetzung des European Train Control Systems	81
5.1	Umsetzung von ETCS in Deutschland	81
5.1.1	Ausrüstungsprojekte in Deutschland	81
5.1.2	Nationale Ausprägung von ETCS L1 LS („ETCS signalgeführt“)	83
5.2	Umsetzung von ETCS in Europa	84
5.3	Umsetzung von ETCS weltweit	86
	Literatur	87
6	Kapazitätswirkung des European Train Control Systems	89
6.1	Faktoren für Kapazitätssteigerungen mit ETCS	89
6.2	Kapazitätssteigerung durch Automatisierung (ATO over ETCS)	95
6.3	Kapazitätssteigerung durch Fahren im wandernden Raumabstand (ETCS Level 3)	99
	Literatur	102
	Stichwortverzeichnis	103

Abkürzungsverzeichnis

AssBo	Assessment Body (Bewertungsstelle)
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
CSD	Circuit Switched Data
DeBo	Designated Body (Bestimmte Stelle)
DMI	Driver Machine Interface
EoA	End of Authority
EOLM	End of Loop Marker
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ETCS	European Train Control System
EVC	European Vital Computer
FFFIS	Form Fit Function Interface Specification
FIS	Functional Interface Specification
FRMCS	Future Railway Mobile Communication System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GSM-R	Global System for Mobile Communication Railway
KMC	Key Management Center
LEU	Lineside Electronic Unit
LoA	Limit of Authority
LZB	Linienförmige Zugbeeinflussung
MA	Movement Authority
MSC	Mobile Services Switching Centre
NoBo	Notified Body (Benannte Stelle)
NNTR	notifizierte nationale technische Regeln
NTC	National Train Control
PSD	Packet Switched Data
PZB	Punkt förmige Zugbeeinflussung
RBC	Radio Block Center

SRS	System Requirements Specification
STM	Specific Transmission Module
TIMS	Train Integrity Monitoring System
TSI	Technische Spezifikation für die Interoperabilität
TSR	Temporary Speed Restriction (Langsamfahrstelle)
TVM	Transmission Voie-Machine

Historie und Motivation für das European Train Control System

1

In den letzten mehr als hundert Jahren haben sich in Europa sehr stark national geprägte Eisenbahnsysteme herausgebildet. In der Vergangenheit erschwerten technische und betriebliche Hemmnisse einen grenzüberschreitenden Bahnverkehr oder machten diesen in der Praxis gar unmöglich. In der Folge war der Verkehrsträger Schiene im intermodalen Wettbewerb zunehmend nicht mehr wettbewerbsfähig. Dieses einführende Kapitel stellt dar, warum die Einführung eines einheitlichen Zugbeeinflussungssystems in Europa erforderlich ist (vgl. Abschn. 1.1). Darauf basierend werden die mit der Vereinheitlichung von Zugbeeinflussungssystemen verbundenen Ziele vorgestellt (Abschn. 1.2). Abschließend wird ein kurzer Abriss über die zeitliche Entwicklung der Harmonisierungsaktivitäten gegeben (Abschn. 1.3).

1.1 Notwendigkeit der Harmonisierung von Zugbeeinflussungssystemen

Aus historischen Gründen entwickelten die europäischen Eisenbahnen unterschiedliche Verfahren zur Zugsicherung und Zugsteuerung. Eisenbahninfrastruktur- und Eisenbahnverkehrsunternehmen nutzen bis heute vorwiegend eigene, nationale Systeme mit entsprechenden Außensignalen für den konventionellen Bahnverkehr oder eine nationale Ausprägung der Führerstandssignalisierung für den Hochgeschwindigkeitsverkehr. Teilweise werden bei einem Bahnbetreiber auch mehrere unterschiedliche Zugbeeinflussungssysteme eingesetzt. Aus diesem Grund existieren heute europaweit immer noch über 20 verschiedene Zugsteuerungs- und Zugsicherungssysteme. Als Beispiele seien hier Deutschland (PZB/Indusi, LZB, ZUB für Neigetechnik), Frankreich (Crocodile, KVB, TVM) und die Schweiz (SIGNUM, ZUB 121) genannt. Dies hat die folgenden Nachteile: