

Lars Schnieder

European Train Control System (ETCS)

Einführung in das einheitliche
europäische Zugbeeinflussungssystem

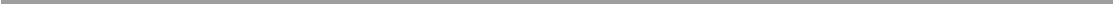
4. Auflage

FLASH-
CARDS
INSIDE

MOREMEDIA



Springer Vieweg



European Train Control System (ETCS)

SPRINGER NATURE

**FLASH-
CARDS
INSIDE**

SN Flashcards Microlearning

Schnelles und effizientes Lernen mit digitalen Karteikarten – für Arbeit oder Schule!

Diese Möglichkeiten bieten Ihnen die SN Flashcards:

- Jederzeit und überall auf Ihrem Smartphone, Tablet oder Computer **lernen**
- Den Inhalt des Buches lernen und Ihr Wissen **testen**
- Sich durch verschiedene, mit multimedialen Komponenten angereicherte Fragetypen **motivieren lassen** und zwischen drei Lernalgorithmen (Langzeitgedächtnis-, Kurzzeitgedächtnis- oder Prüfungs-Modus) **wählen**
- Ihre eigenen Fragen-Sets **erstellen**, um Ihre Lernerfahrung zu **personalisieren**

So greifen Sie auf Ihre SN Flashcards zu:

1. Gehen Sie auf die **1. Seite des 1. Kapitels** dieses Buches und folgen Sie den Anweisungen in der Box, um sich für einen SN Flashcards-Account anzumelden und auf die Flashcards-Inhalte für dieses Buch zuzugreifen.
2. Laden Sie die SN Flashcards Mobile App aus dem Apple App Store oder Google Play Store herunter, öffnen Sie die App und folgen Sie den Anweisungen in der App.
3. Wählen Sie in der mobilen App oder der Web-App die Lernkarten für dieses Buch aus und beginnen Sie zu lernen!

Sollten Sie Schwierigkeiten haben, auf die SN Flashcards zuzugreifen, schreiben Sie bitte eine E-Mail an customerservice@springernature.com und geben Sie in der Betreffzeile **SN Flashcards** und den Buchtitel an.

Lars Schnieder

European Train Control System (ETCS)

Einführung in das einheitliche europäische
Zugbeeinflussungssystem

4. Auflage

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

ISBN 978-3-662-68969-1 ISBN 978-3-662-68970-7 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-68970-7>

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

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2020, 2021, 2022, 2024

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 Grün

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

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

Vorwort zur 4. Auflage

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 sorgten 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 umfassende technische Spezifikationen für einheitliche Systeme zur Überwachung der zulässigen Fahrzeugbewegungen (European Train Control System, ETCS) sowie der Steuerung des Zuges (Automatic Train Operation, ATO) geschaffen und regelmäßig fortgeschrieben. Weiterhin wurden harmonisierte Normen als Grundlage europaweit einheitlicher Zulassungsprozesse erstellt. Im Ergebnis beseitigt dies ein zentrales technisches Hemmnis für einen leistungsfähigen grenzüberschreitenden Zugverkehr. ETCS und ATO steigern die Wettbewerbsfähigkeit der Eisenbahn durch die Erhöhung ihrer Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit.

Meine berufliche Tätigkeit in der Eisenbahnzulieferindustrie, meine berufs begleitende Lehre an wissenschaftlichen Hochschulen sowie die Praxis in meinen internationalen Beratungs- und Begutachtungsprojekten zeigt den Bedarf, die Grundsätze des Zugsteuerungs- und Zugsicherungssystems ETCS und der ATO 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. Die vorliegende vierte Auflage ergänzt die Inhalte der vorherigen Auflage und passt diese an die unlängst erschienene Baseline 4 an.

Den folgenden Herstellern der Eisenbahnleit- und -sicherungstechnik 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 ist mir ein Hinweis zum Sprachgebrauch in diesem Buch wichtig. 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.

Braunschweig, Deutschland
April 2024

Prof. Dr.-Ing. habil. Lars Schnieder



Gestalte die **Zukunft** der **Mobilität!**

Gestalte mit uns den ETCS Rollout in Deutschland und der Welt!
Ob Vertrieb, Entwicklung, Projektleitung, Engineering, Logistik,
Fertigung oder Montage: Du willst eine Karriere mit echtem
Impact? Steige bei Siemens ein oder entdecke unsere Studie-Jobs!



Create a better **#TomorrowWithUs**

Bewirb dich jetzt über unser Jobportal:
[siemens.com/braunschweig-jobs](https://www.siemens.com/braunschweig-jobs)

SIEMENS

Inhaltsverzeichnis

1	Historie und Motivation von Standards für einen interoperablen Eisenbahnverkehr	1
1.1	Automatisierung des Fahrbetriebs	2
1.1.1	Gewährleistung sicherer Zugbewegungen durch Zugbeeinflussung	2
1.1.2	Steuern und Überwachen der Fahrzeugbewegung	3
1.1.3	Ausschluss weiterer Gefährdungen in höheren Automatisierungsgraden	3
1.2	Harmonisierung von Systemkomponenten des halb automatischen Bahnbetriebs	4
1.2.1	Notwendigkeit der Harmonisierung	4
1.2.2	Zielsetzung der Harmonisierung	5
1.2.3	Umsetzung der Harmonisierung	7
	Literatur	7
2	Regelungsrahmen des European Train Control Systems	9
2.1	Europäischer Rechtsrahmen	10
2.1.1	Primärrecht und Sekundärrecht	10
2.1.2	Harmonisierte Normen	12
2.1.3	Notifizierungsverfahren	13
2.2	Nationaler Rechtsrahmen	14
2.2.1	Nationale Gesetze und Verordnungen	14
2.2.2	Notifizierte nationale technische Regeln (NNTR)	15
2.3	Spezifikationen von European Train Control System und Automatic Train Operation	15
2.4	Zulassung des European Train Control Systems	17
2.4.1	Voraussetzungen für eine Inbetriebnahmegenehmigung	17
2.4.2	Vorgehensweise der Konformitätsbewertung durch die Benannte Stelle	18

2.4.3	Anforderungen an die Akkreditierung von Konformitätsbewertungsstellen	22
	Literatur	22
3	Ausrüstungsstufen und technische Komponenten	23
3.1	Ausrüstungsstufen des European Train Control Systems	24
3.1.1	Ausrüstungsstufe ETCS Level 0	24
3.1.2	Ausrüstungsstufe ETCS Level National Train Control (NTC)	24
3.1.3	Ausrüstungsstufe ETCS Level 1	27
3.1.4	Ausrüstungsstufe ETCS Level 2	28
3.2	Aufbau und Struktur der ETCS Streckeneinrichtung	30
3.2.1	Punktförmige Übertragungskomponente: Eurobalise	30
3.2.2	Quasi-kontinuierliche Übertragungskomponente: Euroloop	32
3.2.3	Lineside Electronic Unit (LEU)	33
3.2.4	Radio Block Center (RBC)	35
3.3	Aufbau und Struktur der ETCS-Fahrzeugeinrichtung	39
3.3.1	Odometrie	41
3.3.2	Schnittstellen zur Kommunikation mit Streckeneinrichtungen ...	45
3.3.3	Schnittstellen zu nationalen Zugbeeinflussungssystemen	45
3.3.4	Schnittstelle zur Fahrzeugsteuerung	47
3.3.5	Bedien- und Anzeigeschnittstelle	48
3.3.6	Schnittstelle zum Fahrdatenrekorder	50
3.3.7	Zuggestützte Überwachung der Zugvollständigkeit	51
3.4	Aufbau und Struktur der ATO-Fahrzeugeinrichtung	51
3.4.1	Schnittstelle zur ATO-Streckeneinrichtung	52
3.4.2	Schnittstelle zum ETCS-Fahrzeuggerät	53
3.4.3	Schnittstelle zur Fahrzeugsteuerung	53
3.5	Datenkommunikation zwischen Fahrzeug- und Streckeneinrichtungen ...	54
3.5.1	Global System for Mobile Communication Railway (GSM-R) ...	54
3.5.2	Future Railway Mobile Communication System (FRMCS)	57
3.5.3	Sicheres Datenübertragungsverfahren (EuroRadio)	58
3.5.4	Management digitaler kryptografischer Schlüssel	59
	Literatur	60
4	Funktionsweise des European Train Control Systems	63
4.1	Kommunikation zwischen ETCS-Fahrzeug- und Streckenausrüstung ...	64
4.1.1	Variablen	64
4.1.2	Pakete	67
4.1.3	Telegramme und Nachrichten	69
4.2	Übergänge zwischen den Ausrüstungsstufen	70
4.2.1	Aufnahme in Ausrüstungsstufe 1	70
4.2.2	Aufnahme in Ausrüstungsstufe 2	71

4.2.3	Entlassung in Ausrüstungsstufe 0	72
4.2.4	Aufnahme und Entlassung in Ausrüstungsstufe NTC	73
4.3	Betriebsarten des European Train Control Systems	76
4.3.1	Betriebsarten mit aktiver Überwachung durch das ETCS-Fahrzeuggerät	76
4.3.2	Betriebsarten ohne Überwachung durch das ETCSFahrzeuggerät	80
4.3.3	Betriebsarten bei inaktivem ETCS-Fahrzeuggerät	81
4.4	Beispielhafte Betriebsartenübergänge	82
4.4.1	Betriebsartenübergänge zwischen den Betriebsarten SR und FS	82
4.4.2	Einnahme und Verlassen der Betriebsart SH	84
4.5	Ende der Fahrerlaubnis und überwachter Gefahrenpunkt	85
4.6	Lokalisierung der Fahrzeuge	86
4.6.1	Koordinatensystem der Eurobalisen	87
4.6.2	Logische Verkettung von Eurobalisen (Linking)	88
4.6.3	Vereindeutigen der Fahrzeugposition (Repositioning)	90
4.7	Geschwindigkeitsüberwachung und Bremskurven	91
4.7.1	Übertragung des statischen Geschwindigkeitsprofils	91
4.7.2	Ermittlung des restriktivsten statischen Geschwindigkeitsprofils	93
4.7.3	Behandlung von vorübergehenden Langsamfahrstellen	93
4.7.4	Gradientenprofil	94
4.7.5	Ermittlung des dynamischen Geschwindigkeitsprofils (Bremskurven)	95
	Literatur	96
5	Funktionsweise der Automatic Train Operation	99
5.1	Ausgewählte Funktionen der Automatic Train Operation	100
5.1.1	Ermittlung des von der ATO-Fahrzeugeinrichtung überwachten Geschwindigkeitsprofils	100
5.1.2	Unterstützung der Abfertigung des Zuges	101
5.2	Betriebszustände und Zustandsübergänge der Automatic Train Operation	102
	Literatur	104
6	Umsetzung des European Train Control Systems	105
6.1	Umsetzung von ETCS in Deutschland	106
6.1.1	Ausrüstungsprojekte mit ETCS in Deutschland	106
6.1.2	Nationale Ausprägung von ETCS L1 LS („ETCS signalgeführt“)	107
6.1.3	Ausrüstungsprojekte mit ATO in Deutschland	112

6.2	Umsetzung von ETCS und ATO in Europa	112
6.3	Umsetzung von ETCS weltweit	114
6.3.1	Ausrüstungsprojekte im Nahen Osten und in Nordafrika	114
6.3.2	Ausrüstungsprojekte in Ostasien und Südostasien	115
6.3.3	Ausrüstungsprojekte in Nordamerika	116
6.3.4	Ausrüstungsprojekte in Australien	116
	Literatur	117
7	Kapazitätswirkung des European Train Control Systems	119
7.1	Faktoren für Kapazitätssteigerungen mit ETCS	120
7.2	Kapazitätssteigerung durch Automatisierung (ATO over ETCS)	125
7.3	Kapazitätssteigerung durch Fahren im wandernden Raumabstand	127
	Literatur	129
	Stichwortverzeichnis	131

Abkürzungsverzeichnis

ASCI	Advanced Speech Call Items
AssBo	Assessment Body (Bewertungsstelle)
ATO	Automatic Train Operation
ATP	Automatic Train Protection
BSC	Base Station Controller
BTM	Balise Transmission Module
BTS	Base Transceiver Station
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
CMD	Cold Movement Detection
CSD	Circuit Switched Data
CSM	Common Safety Methods
DeBo	Designated Body (Bestimmte Stelle)
DMI	Driver Machine Interface
eMLPP	enhanced Multi-Level Precedence and Preemption service
EoA	End of Authority
EOLM	End of Loop Marker
ERA	European Railway Agency
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ESG	ETCS signalgeführt
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