

Jochen Trinckauf · Ulrich Maschek · Richard Kahl (Hrsg.)

ETCS



in Deutschland

2.
AUFLAGE

ÜBERARBEITET
& ERWEITERT



EDITION

Eurail
press



eBOOK
INSIDE



ETCS

in Deutschland

Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Jochen Trinckauf
PD Dr.-Ing. habil. Ulrich Maschek
Dr.-Ing. Richard Kahl

Autoren

Sascha Baumhacker
Wolfgang Braun M. Sc.
Lars Brune M. Sc.
Dr.-Ing. Jens Buder
Moritz Cichos M. Sc.
Yadi Han M. Sc.
Dr.-Ing. Richard Kahl
Dipl.-Ing. Matthias Kopitzki
Dipl.-Ing. Elisabeth Kretschmer
Dr.-Ing. Michael Dieter Kunze
Jan O. Lübs M. Sc.
PD Dr.-Ing. habil. Ulrich Maschek
Richard Frhr. Poschinger von Frauenau M. Sc.
Dipl.-Inf. Frank Skowron
Dipl.-Ing. Martin Erik Sommer

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Verlag: GRT Global Rail Academy and Media GmbH
Werkstättenstraße 18
D-51379 Leverkusen

Office Hamburg: Frankenstraße 29, D-20097 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40 228679 506
Fax: +49 (0) 40 228679 503
Web: www.trackomedia.com
E-Mail: office@globalrailmedia.com

Geschäftsführer: Detlev K. Suchanek
Lektorat: Alexandra Schöner (verantw.)
Vertrieb und Buchservice: Sabine Braun
Anzeigen: Dirk Bogisch

Titelillustration: Juliane Trinckauf
(machzwei: Kreativ-Gemeinschaft, Dresden)

Satz und Druck: TZ-Verlag & Print GmbH, Roßdorf

© 2024 GRT Global Rail Academy and Media GmbH
2. Auflage 2024

ISBN 978-3-96245-263-6

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen jeder Art, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Trotz sorgfältiger Recherche war es leider nicht in allen Fällen möglich, die Urheber der Bilder zu ermitteln. Sollten ohne Absicht Bilder in unerwünschter Weise veröffentlicht worden sein, teilen Sie dies bitte dem Verlag mit.

Eine Publikation von



TrackoMedia ist die Verlagsmarke der
GRT Global Rail Academy and Media GmbH.

Vorwort

Der freie Warenverkehr und die Personenfreizügigkeit gehören zu den vier Grundfreiheiten der Europäischen Union. Doch während es für den Straßen- und Luftverkehr in der EU heute keine Grenzen mehr gibt, sind sie im Eisenbahnverkehr noch deutlich spürbar und stellen damit einen Wettbewerbsnachteil gegenüber den anderen Verkehrsträgern dar. Eine wichtige Ursache sind die unterschiedlichen Zugbeeinflussungssysteme, die eine Interoperabilität der Triebfahrzeuge stark behindern. Um Eisenbahnverkehrsunternehmen die Möglichkeit zu geben, behinderungsfrei durch ganz Europa zu fahren und damit den Schienenverkehr zu stärken, wurde 1989 auf einer Sitzung des internationalen Eisenbahnverbands UIC in Dresden die Initiative gestartet, die europäischen Zugbeeinflussungssysteme zu vereinheitlichen: die Geburtsstunde des European Train Control Systems (ETCS).

In Deutschland wurden bislang erst wenige Strecken mit ETCS ausgerüstet. Doch die Pläne sind ambitioniert und erfordern eine große Anzahl von Ingenieuren und Technikern für Planung, Bau und Betrieb des Systems. Hierfür ein ausführliches Kompendium bereitzustellen war Motivation des vorliegenden Werks, das nicht nur theoretische Grundlagen, sondern auch die deutsche Umsetzung sowie Ausführungen zur Planung von ETCS beinhaltet.

Noch ist die ETCS-Entwicklung sehr dynamisch. Deshalb haben sich vier Jahre nach dem Erscheinen der 1. Auflage bereits viele Dinge geändert. Nicht nur, dass inzwischen die Baseline 4 der europäischen Spezifikation veröffentlicht wurde; auch in der deutschen Umsetzung gab es signifikante Änderungen. Die zukünftige Einführung eines neuen Funksystems wirft ebenfalls ihre Schatten voraus. Alles in allem gewichtige Gründe für eine komplett überarbeitete 2. Auflage, um das Wissen aktuell zu halten und Neueinsteigern den Zugang für eine Zukunftstechnologie zu ebnen – für ETCS in Deutschland.

Die Herausgeber

Dresden, im Juli 2024

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....3

Inhaltsverzeichnis.....5

Abkürzungsverzeichnis12

Symbolverzeichnis28

1 ETCS nach europäischer Spezifikation 31

1.1 Motivation31

1.1.1 Harmonisierung der Eisenbahnverkehrssteuerung.....31

1.1.2 Gründe für ein europäisches Eisenbahnverkehrslsytstem.....38

1.2 Europäische Standardisierung.....41

1.2.1 Hintergrund und Handlungsfelder41

1.2.2 Grundlagen der europäischen Gesetzgebung43

1.2.3 Eisenbahnpakete44

1.2.4 Technische Spezifikationen für Interoperabilität.....47

1.2.5 Spezifikationen von ETCS51

1.2.6 Common Safety Methods55

1.2.7 Transeuropäische Netze für Verkehr56

1.2.8 European Rail Traffic Management System58

1.2.9 Beteiligte an der Weiterentwicklung.....59

1.3 ETCS-Level/Ausrüstungsstufen.....62

1.3.1 ETCS Level 162

1.3.2 ETCS Level 2.....64

1.3.3 ETCS Level 3.....65

1.3.4 ETCS Level NTC.....66

1.3.5 ETCS Level 0.....67

1.3.6 Level-Überblick.....67

1.3.7 Übergang in ein anderes ETCS-Level.....68

1.4	ETCS-Referenzarchitektur.....	70
1.4.1	Systemaufbau.....	70
1.4.2	Systemumgebung und Schnittstellen	72
1.4.3	Übersicht zu Architekturdokumenten	73
1.5	Infrastrukturseitiges Teilsystem	75
1.5.1	Eurobalise.....	75
1.5.2	Euroloop	84
1.5.3	Lineside Electronic Unit.....	86
1.5.4	Radio Infill Unit	87
1.5.5	Radio Block Centre.....	88
1.5.6	Schlüsselmanagement.....	94
1.6	Fahrzeugseitiges Teilsystem	101
1.6.1	Überblick und Schnittstellen.....	101
1.6.2	European Vital Computer	102
1.6.3	Driver Machine Interface	103
1.6.4	Odometrie und Ortungsverfahren	104
1.6.5	GSM-R-Fahrzeugausrüstung	107
1.7	Funksysteme – Railway Mobile Radio.....	109
1.7.1	GSM-R	109
1.7.2	FRMCS.....	125
1.8	Betriebsarten	153
1.8.1	Betriebsarten für den Regelbetrieb.....	153
1.8.2	Betriebsart für die Rückfallebene: Staff Responsible.....	157
1.8.3	Betriebsarten für Gefahrensituationen	158
1.8.4	Betriebsarten für Mehrfachtraktion	159
1.8.5	Betriebsarten für nicht mit ETCS ausgerüstete Strecken	160
1.8.6	Betriebsarten für Ausschalt- und Störzustände	161
1.9	Betriebliche Funktionalität	163
1.9.1	Grundbegriffe.....	163
1.9.2	Systemdaten	168
1.9.3	Infrastrukturdaten.....	170
1.9.4	Spezielle Funktionen	172
1.9.5	Signalisierung bei ETCS	173
1.9.6	Definierte Prozeduren.....	175

1.10 Überwachungsfunktionen177

1.10.1 Übersicht zur fahrzeugseitigen ETCS-Überwachung 177

1.10.2 Berechnung der Brems- und Überwachungskurven..... 181

1.10.3 CSM – Sollgeschwindigkeitsüberwachung 191

1.10.4 TSM – Zielgeschwindigkeitsüberwachung..... 192

1.10.5 RSM – Überwachung der Freigabegeschwindigkeit 194

1.10.6 Darstellung auf dem Driver Machine Interface 195

1.10.7 Überwachung unzulässiger Fahrzeugbewegungen.....200

1.11 Security201

1.11.1 Grundlagen.....201

1.11.2 Safety und Security.....204

1.11.3 Europäische Spezifizierung Security für ETCS205

1.11.4 ETCS-Security206

1.11.5 Ausblick.....216

1.12 Änderungen mit Baseline 4218

1.12.1 Spezifikationsänderungen218

1.12.2 Systemversionen220

1.12.3 Erweiterung der Referenzarchitektur221

1.12.4 Fahrzeugseitige Schnittstellen222

1.12.5 Verschmelzung von ETCS Level 2 und 3.....223

1.12.6 Weiterentwickelte Betriebsarten225

1.12.7 Fristen228

1.12.8 Sonstige Änderungen229

2 Deutsche Umsetzung von ETCS 231

2.1 Bestehende und geplante Streckenausrüstung.....231

2.1.1 ETCS-Einführung im europäischen Kontext.....231

2.1.2 ETCS-Ausrüstungsstrategie.....232

2.2 Lastenhefte der DB.....239

2.2.1 Hintergrund und Zweck239

2.2.2 Rechtlicher Rahmen und mitgeltende Dokumente.....241

2.2.3 Von der Erstellung bis zur Freigabe241

2.2.4 Fortschreibung der ETCS-Lastenhefte243

2.2.5 Dokumentation der ETCS-Lastenhefte.....244

2.2.6	Lastenheft BTSF3: Betrieblich-technische Systemfunktionen für ETCS SRS Baseline 3	245
2.2.7	Lastenheft Zugbeeinflussungssystem „ETCS signalgeführt“	247
2.3	ETCS signalgeführt	249
2.3.1	Grundlagen	249
2.3.2	Komponenten	250
2.3.3	Anwendungen	252
2.3.4	Nationale Werte	260
2.3.5	Fehlerreaktion bei Störung der Streckenausrüstung	260
2.4	ETCS Level 2	262
2.4.1	Grundlagen	262
2.4.2	Technische Anforderungen	272
2.4.3	Bewertung von Fahrzeugpositionen	277
2.4.4	Einstieg nach Level 2	280
2.4.5	Beginn einer Fahrt	283
2.4.6	Durchführen einer Fahrt	287
2.4.7	Ausstieg aus Level 2	297
2.5	Transitionen	298
2.5.1	Grundlagen	298
2.5.2	Transitionen zwischen ESG und PZB/LZB	300
2.5.3	Transitionen in Verbindung mit Level 2	304
2.5.4	Transitionen zwischen Klasse B-Systemen	314
2.6	Betriebliche Regeln für ETCS Level 2	316
2.6.1	Betriebliche Regelwerke	316
2.6.2	Beginn und Ende einer Zugfahrt	317
2.6.3	Signalisierung bei der Durchführung anzeigegeführter Zugfahrten	319
2.6.4	Rangieren	325
2.6.5	Spezielle betriebliche Szenarien	326
2.6.6	Rückfallebene	328
2.7	Systementwicklung, Test und Inbetriebnahme	332
2.7.1	Regulatorische Grundlagen für eine Inbetriebnahme	332
2.7.2	Entwicklung sowie Zulassungsbewertung des infrastrukturseitigen ETCS	334
2.7.3	Realisierung im Ausrüstungsprojekt	342

2.8	ETCS an Landesgrenzen	346
2.8.1	ETCS-Ausrüstungsprojekte an Landesgrenzen	346
2.8.2	Ausrüstungsvarianten an Landesgrenzen	350
2.8.3	Bilaterale Planung	353
3	ETCS-Planung	359
3.1	Grundlagen für ETCS-Planungen.....	359
3.1.1	Planungsablauf	359
3.1.2	Regelwerke.....	363
3.1.3	Planungsgrundlagen und Planungsergebnisse	366
3.1.4	Balisenplanung	367
3.2	ETCS Level 2.....	370
3.2.1	Grundsätze.....	370
3.2.2	Planungsvoraussetzungen	373
3.2.3	Datenpunktplanung	374
3.2.4	Planunterlagen.....	391
3.2.5	Kostenplanung	395
3.3	Transitionen.....	396
3.3.1	Grundlagen.....	396
3.3.2	Wechsel zwischen ESG und Level 2	397
3.3.3	Transitionen zwischen Level 2 und PZB/LZB.....	399
3.4	Digitale Planung.....	401
3.4.1	Motivation.....	401
3.4.2	Entwicklung der Informationsmodelle.....	401
3.4.3	Das Projekt „PlanPro“	402
3.4.4	Das Projekt „D3iP“	404
3.4.5	Stand und Ausblick.....	404
4	Zukünftige Entwicklungen	405
4.1	Strategie.....	405
4.1.1	Ausgangssituation	405
4.1.2	Entwicklungsschwerpunkte aus Sicht der ERA	407
4.1.3	Europe's Rail.....	409

4.2	Automatisches Fahren mit ETCS	414
4.2.1	Grundlagen	414
4.2.2	Einbindung von ATO in ETCS.....	418
4.2.3	Status	421
4.2.4	ATO-Profile	423
4.2.5	Geschwindigkeitsberechnung	426
4.2.6	Darstellung im DMI.....	427
4.2.7	Umsetzung	429
4.3	Betriebliche Umsetzung in Deutschland	431
4.3.1	Anforderungsmanagement und Betriebliches Zielbild	431
4.3.2	Fahrdienstvorschrift für den Digitalen Bahnbetrieb.....	434
4.3.3	Betriebliche Regeln für ATO	442
4.4	Zugintegrität.....	443
4.4.1	Voraussetzungen für die Fahrtzulassung	443
4.4.2	TIMS aus Sicht von ETCS	444
4.4.3	Sicherheitsanforderungen	447
4.4.4	Techniken	448
4.5	Alternative Ortungssysteme.....	450
4.5.1	Ausgangslage	450
4.5.2	Rahmenbedingungen und Zulassung.....	451
4.5.3	Satellitenortung.....	453
4.5.4	Faseroptische Ortung	458
4.6	Umsetzungsmöglichkeiten für ETCS Level 3	461
4.6.1	ETCS Level 3-Varianten	461
4.6.2	Motivation und erste Umsetzung von ETCS Hybrid Level 3	463
4.6.3	Funktionsprinzip von ETCS Hybrid Level 3	464
4.6.4	Technische Ausrüstung.....	469
4.6.5	Chancen und Herausforderungen von ETCS Hybrid Level 3.....	469
4.7	Zugorientierte und geometrische Sicherungslogik.....	471
4.7.1	Einleitung	471
4.7.2	Schutzfunktionen	472
4.7.3	Voraussetzungen	473
4.7.4	RCA-Schichtenarchitektur.....	474
4.7.5	Topologische Objekte und Abstraktionen	475

4.7.6	Schutzfunktionen in der Sicherungslogik.....	480
4.7.7	Migration	481
4.7.8	Zusammenfassung	482
4.8	Technologieerprobung.....	483
4.8.1	Erprobung im Digitalen Testfeld Bahn.....	483
4.8.2	Erprobungsgegenstand	484
4.9	ETCS für schwach belastete Strecken	491
4.9.1	Motivation	491
4.9.2	Systembeschreibung	491
4.9.3	Bewertung der Lösung	493
Anhänge.....		494
Quellenverzeichnis		497
Autorenvitaen.....		514
Stichwortverzeichnis		522
Inserentenverzeichnis		532

Nutzungshinweis:

Aus Gründen der Lesbarkeit und der Kompatibilität zu Regelwerken wird in diesem Werk bei Personen- und Funktionsbeschreibungen nur die männliche Form verwendet, auch wenn alle Geschlechter gemeint sind.

Abkürzungsverzeichnis

2G	2. Generation der Mobilfunksysteme (GSM mit GPRS)
3DES	Triple-Data Encryption Standard
3G	3. Generation der Mobilfunksysteme (UMTS mit HSPA und HSPA+)
3GPP	3rd Generation Partnership Project
4G	4. Generation der Mobilfunksysteme (LTE und LTE-Advanced)
5G	5. Generation der Mobilfunksysteme
6G	6. Generation der Mobilfunksysteme
γ -Zug	Gammazugmodell
λ -Zug	Lambdazugmodell

A-DP	Ankündigungsdatenpunkt
A-GNSS	Assisted GNSS
ABS	Ausbaustrecke
AD	Automatic Driving
ADC	Assured Data Communication
ADF	Augmentation and Dissemination Function
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
AFB	automatische Fahr- und Bremssteuerung
ALE	Autonome Lokomotivführer-Gewerkschaften Europas
ALLRAIL	Alliance of Passenger Rail New Entrants
AP	Ausführungsplanung
API	Application Programming Interface
APS	Advanced Protection System
AS	Allocation Section
AsBo	Assessment Body
ASP	Axle load Speed Profile
ATC	Automatic Train Control
ATO	Automatic Train Operation
ATO-OB	ATO on-board
ATO-TS	ATO trackside
ATP	Automatic Train Protection
ATS	Automatic Train Supervision
ATSM	Automatic Train Stopping Management
AVC	Assured Voice Communication
AWS	Automatic Warning System

BAst	Betriebliche Aufgabenstellung
BAV	Balisenanschlussverteiler
BBS	Balisenbefestigungssystem
BBU	Baseband Unit
BE	Belgien
BeSt	Bewertungsstelle
BEVA	Bahnenergieversorgungsanlagen
Bf	Bahnhof
BG	Balise Group, Balisengruppe
bGA	betriebliche Gefährdungsanalyse
BHS	Balisenhalterungssystem
BIM	Building Information Modelling
BIU	Break Interface Unit
Bkz	Blockkennzeichen
BKW	(LZB-)Bereichskennungswechsel
BL	Baseline
BLST	Betriebsleitstelle
BMM	Big Metal Masses
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BRA	Bremsart
Brh	Bremshundertstel
BRH	Einstellwert für Bremshundertstel
BSC	Base Station Controller
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BSO	Betriebsstandort
BSS	Base Station System
BTM	Balise Transmission Module
BTS	Base Transceiver Station
BTSF	Lastenheft für betrieblich-technische Systemfunktionen
BTZ	Betrieblich-Technisches Zielbild
BÜ	Bahnübergang
BÜSA	Bahnübergangssicherungsanlage
BZ	Betriebszentrale

CA	Certificate Authority (auch: Certification Authority)
CAD	Computer-Aided Design
CAN	Controller Area Network
Cb	Kontroll-Bit
CBTC	Communications-Based Train Control

CCM	Change Control Management
CCS	Control Command and Signalling (Leit- und Sicherungstechnik)
CDMA	Code Division Multiple Access
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
CER	Communauté européenne du rail
CES	Conditional Emergency Stop
CINEA	Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency
CLUG	Certifiable Localisation Unit with GNSS in the Railway Environment
CMD	Cold Movement Detection
CMP	Certificate Management Protocol
COMPASS	chinesisches GNSS Beidou
COTS	commercial off-the-shelves
CR	Change Request
CRC	Cyclic Redundancy Check
CRL	Certificate Revocation List
CS	Circuit Switched (Kommunikationsmodus)
CS	Cold-Standby (Zustand des STM)
CSM	Ceiling Speed Monitoring
CSM	Common Safety Methods
CSM-RA	Common Safety Methods – Risk Assessment
CSM-VO	Common Safety Methods-Verordnung 402/2013 über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken
CST	Common Safety Targets
CTA	Contiguous Track Area
CTMS	Capacity and Traffic Management System
CYSIS	Cyber-Security für sicherheitskritische Infrastrukturen
D3iP	durchgängige digitale Datenhaltung im LST-Planungsprozess
DA	Data-Available
DAK	Digitale Automatische Kupplung
DB	Deutsche Bahn
DC	Data Confidentiality
DE	Deutschland
DeBo	Designated Body
DIN	Deutsches Institut für Normung
DKS	Digitaler Knoten Stuttgart
DKW	Doppelkreuzungsweiche
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DMI	Driver Machine Interface

DOS	Denial of Service
DP	Danger Point
DP	Datenpunkt
DPS	Drive Protection Section
DSB	Danske Statsbaner
DSD	Digitale Schiene Deutschland
DSTW	Digitales Stellwerk
DZSF	Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung
E-GSM	Extended GSM
E-UIC	Extended UIC GSM-R
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBCL	Emergency Brake Confidence Level
EBD	Emergency Brake Deceleration Curve
EBI	Emergency Brake Intervention Curve
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
EBuLa	elektronischer Buchfahrplan und Langsamfahrstellen
ECC	Electronic Communications Committee
EdB	Eisenbahnen des Bundes
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM-Evolution
EDOR	ETCS data only radio
EDP	European Deployment Plan
EDV	elektronische Datenverarbeitung
EEA	Elektrische Energieanlagen
EfeS	EULYNX field element Subsystem
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
EIBV	Eisenbahninfrastruktur-Benutzungsverordnung
EIGV	Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung
EIM	European Rail Infrastructure Managers
EIRENE	European Integrated Radio Enhanced Network
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ELC	European Leaky Cable
eMLPP	Enhanced Multi-Level Precedence and Pre-emption
EMV	elektromagnetische Verträglichkeit
EN	Europäische Norm
ENIF	ERTMS National Integration Facility
EOA	End of Authority
EOLM	End of Loop Marker
EOM	End of Mission

EOW	elektrisch ortsgestellte Weiche
EPC	Evolved Packet Core
EPTTOLA	European Passengers Train and Traction Operating Lessors' Association
ERA	European Union Agency for Railways
ERADIS	European Railway Agency Database of Interoperability and Safety
ERFA	European Rail Freight Association
ERfW	elektrische Rückfallweiche
ERJU	Europe's Rail Joint Undertaking
ERRI	European Railway Research Institute
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ES	erhöhte Seitenbeschleunigung
Esb	Extra-Shaping-Bit
ESCG	ERTMS Security Core Group
ESG	ETCS signalgeführt
ESO	Eisenbahn-Signalordnung
ESTW	Elektronisches Stellwerk
ESTW-A	abgesetzter Bestandteil eines ESTW
ETA	eisenbahntechnische Ausrüstung
ETCS	European Train Control System
ETCS MT	ETCS Mobile Terminals
ETF	European Transport Workers' Federation
ETML	European Traffic Management Layer
ETRS89	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EU	Europäische Union
EUG	ERTMS Users Group
EULYNX	Organisation westeuropäischer Eisenbahninfrastrukturbetreiber zur Entwicklung und Bereitstellung einheitlicher Industriestandards für neue modulare Stellwerkstechnik
EVC	European Vital Computer
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FA	Flagship Area
FB	Fixed Block
Fdl	Fahrdienstleiter
FDMA	Frequency Division Multiple Access Verfahren
FEDECRAIL	European Federation of Museum & Tourist Railways
FFFIS	Form Fit Functional Interface Specifications

FGV	Freigabeverantwortlicher
FIS	Functional Interface Specifications
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
FOS	faseroptischer Sensor
FRMCS	Future Railway Mobile Communication System
FRS	Functional Requirement Specification
FS	Ferrovie dello Stato Italiane
FS	Full Supervision
FSK	Frequency Shift Keying
FSÜ	Fahrstraßenüberwachung
Fü	Fernüberwachung
FV	Fahrdienstvorschrift
FVdB	Fahrdienstvorschrift für den digitalen Bahnbetrieb
GA	Gefährdungsanalyse
GBAS	Ground Based Augmentation System
GCR	Group Call Register
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GluV	Genehmigung zum Inverkehrbringen und Verwenden
GNSS	Global Navigation Satellite System
GNT	Geschwindigkeitsüberwachung für Neigetechnik
GOA	Grade of Automation
GPE	Geschwindigkeitsprüfeinrichtung
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSL	geometrische Sicherungslogik
GSM	Global System for Mobile Communication
GSM-R	Global System for Mobile Communication – Rail(way)
GUI	Guidance Curve
HAS	High Accuracy Service
HiL	Hardware-in-the-Loop
HL3	ETCS Hybrid Level 3
HLR	Home Location Register
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
Hp	Hauptsignal
HSM	Hardware Security Module
HTD	Hybrid Train Detection
HW	Hardware

I	Indication Supervision Limit
IAC	Identification and Authentication Control
IACS	Industrielle Automatisierungs- und Steuerungssysteme
IAM	Identity Access Management
IBG	Inbetriebnahmegenehmigung
IBN	Inbetriebnahme
ICE	InterCityExpress
ID	Identifikator
IEC	International Electrotechnical Commission
IIM	Infrastructure Information Modelling
iLBS	integriertes Leit- und Bediensystem
INA	Induktive Sicherung anfahrender Züge (mittels PZB)
IndS	Indication Status
INEA	Innovation and Networks Executive Agency
INESS	Integrated European Signalling System
IntS	Intervention Status
IP	Internet Protocol
IPSec	Internet Protocol Security
IS	Isolation
ISMS	Informationssicherheitmanagementsystem
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie
ITD	Integrated Technology Demonstrator
iUZ	integrierte Unterzentrale

JRU Juridical Recording Unit

K-KMC	Inter KMC Key
KDC	Key Distribution Centre
KM	Key Management
KMAC	Authentication Key
KMC	Key Management Centre
KMG	EUG Key Management Group
KMS	Key Management System
KoRil	Konzernrichtlinie (der DB)
KRITIS	Kritische Infrastruktur
KSMAC	Session Key
KTB	Kabeltiefbau
KTRANS	Transport Key

L0	ETCS Level 0
L1	ETCS Level 1
L2	ETCS Level 2
L2-A2	ETCS Level 2 mit ATO GOA2
L2/NTC	Doppelausrüstung L2 und ein Klasse B-System
L2/PZB	Doppelausrüstung L2 und PZB
L2H	ETCS Level 2 hybrid
L2I	ETCS Level 2 mit TIMS
L2oS	ETCS Level 2 ohne Signale
L3	ETCS Level 3
LC	loose-coupled
LCTA	Linear Contiguous Track Area
LDA	Local Depending Addressing
LEU	Lineside Electronic Unit
LH	Lastenheft
LH ESG	Lastenheft Zugbeeinflussungssystem ETCS signalgeführt
LMB	Location Marker Board
LNTC	ETCS Level NTC
LOA	Limit of Authority
LOOMO	Loop Modem
LRBC	Limited Radio Block Centre
LRBG	Last Relevant Balise Group
LS	Limited Supervision
LSSMA	Lowest Supervised Speed within the Movement Authority
LST	Leit- und Sicherungstechnik
LTE	Long Term Evolution
LTM	Loop Transmission Module
LTO	Level Transition Order
LWL	Lichtwellenleiter
LZB	Linienförmige Zugbeeinflussung (bis 1993: Linienzugbeeinflussung)
MA	Movement Authority
MA LS	Fahrterlaubnis ohne Restriktionen in der Betriebsart LS
MAC	Message Authentication Code
MB	Moving Block
MCG	Mobile Communication Gateway
MCPTT	Mission Critical Push to Talk
MCx	Mission Critical Services
MDM	Maintenance and Data Management

MGW	Media Gateway
MOB	Movable Object
MORANE	Mobile Oriented Radio Network
MP	Movement Permission
MR	Maintenance Release
MRSP	Most Restrictive Speed Profile
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Centre
MSC-S	MSC-Server
MuKa	ETCS Melde- und Kommandoschaltung
MVB	Multifunction Vehicle Bus
NBN	Nutzungsbedingungen Netz
NBS	Neubaustrecke
NE	Nichtbundeseigene Eisenbahn
NeuPro	Neuausrichtung der Produktionssteuerung
NGTC	Forschungsprojekt „Next Generation Train Control“
NIP	National Implementation Plan
NIS	Netzwerk- und Informationssicherheit
NIST	National Institute of Standards and Technology
NL	Non Leading
NMBG	Next Main Signal Balise Group
NMC	Network Management Centre
NoBo	Notified Body
NoS	Normal Status
NP	No Power
NRBC	Nachbar-RBC
NS	Nederlandse Spoorwegen
NSA	National Safety Authority
NSS	Network Switching System
NTC	National Train Control
NTP	Network Time Protocol
NTR	National Technical Rules
NTV	notifizierte technische Vorschriften
NV	National Value
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
OBU	On-board Unit
OCORA	Open CCS On-board Reference Architecture

OCSF	Online Certificate Status Protocol
OdLw	Ort des Levelwechsels
OL	Overlap
OLA	Oberleitungsanlagen
OMC	Operation and Maintenance Centre
ÖPV	öffentlicher Personenverkehr
ORBG	Other Reference Balise Group
ORD	On-board Recording Device
OS	On Sight
OSI	Open Systems Interconnection
OTIF	Organisation intergouvernementale pour les transports internationaux ferroviaires
OvS	Overspeed Status
P	Permitted Speed Supervision Limit
P-GSM	Primary GSM
PASP	Planning Area Speed Profile
PAV	PZB-Anschlussverteiler
PBD	Permitted Braking Distance
PBDSR	Entfernung bis zum Erreichen der PBD
PCU	Packet Control Unit
PDF	Portable Document Format
PKI	Public Key Infrastructure
PL	Polen
PlanPro	durchgängige elektronische Datenhaltung im ESTW-Planungsprozess
PlaZ	Plausibilitäts- und Zulässigkeitsprüfung
PMNO	Public Mobile Network Operator
POS	ETCS Ausrüstungsprojekt Paris – Ostfrankreich – Südwestdeutschland
PS	Packet Switched (Kommunikationsmodus)
PS	Passive Shunting (ETCS-Modus)
PSK	Pre-Shared-Key
PSV	Prüfsachverständiger
PT	Post Trip
PT 1	Planteil 1
PT 2	Planteil 2
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
QoS	Quality of Service

R-Vst	Railway-Vermittlungsstelle
RA	Resource Availability
RA	Risikoanalyse
Rail2X	Rail-to-Everything-Kommunikation
RailSiTe	Railway Simulation and Testing
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Safety
RAN	Radio Access Network
RAP	Roll Away Protection
RaSTA	Rail Safe Transport Application
RBC	Radio Block Centre
RCA	Reference CCS Architecture
RDD	Reference Documents Database
RDF	Restricted Data Flow
RE	Requirement Enhancements
REC	Railway Emergency Call (Bahnnotruf bei GSM-R)
REC	Railway Emergency Communication (Bahnnotruf bei FRMCS)
Rf	Rückfallweiche
RFC	Request for Comments
RFID	Radio Frequency Identification
Ril	Richtlinie der Deutschen Bahn
RINF	Registers of Infrastructure
RISC	Railway Interoperability and Safety Committee
RIU	Radio Infill Unit
RMP	Reverse Movement Protection
RMR	Railway Mobile Radio
RNE	RailNetEurope
RRH	Remote Radio Head
RRI	Route Related Information
RS	Regelseitenbeschleunigung
RS	Release Speed
RSEG	Rail Security Expert Group
RSM	Release Speed Monitoring
RSU	Road Site Units
RV	Reversing
S2R JU	Shift to Rail Joint Undertaking
SAC	sicherheitsbezogene Anwendungsbedingungen
SAHARA	Safe, Highly Available and Redundant
SATCOM	Satellitenkommunikationssystem

SAV	sicherheitsbezogene Anwendungsvorschriften
Sb	Scrambling-Bit
SB	Stand By
SBAS	Satellite Based Augmentation System
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SBD	Service Brake Deceleration Curve
SBI	Service Brake Intervention Curve
ScanMed	Scandinavian–Mediterranean
SCI	Standard Communication Interface
SCI-CC	Standard Communication Interface – Command Control
SCI-CMD	Standard Communication Interface – Command (TMS zu APS)
SCI-ILS	Standard Communication Interface – Interlocking
SCI-IO	Standard Communication Interface – Input/Output
SCI-LS	Standard Communication Interface – Light Signal
SCI-LX	Standard Communication Interface – Level Crossing
SCI-P	Standard Communication Interface – Point
SCI-RBC	Standard Communication Interface – Radio Block Centre
SCI-TDS	Standard Communication Interface – Track Detection System
SCMT	Sistema Controllo Marcia Treno
SCS	Subsystem – Communication System
SE	STM European
SektLL	Sektorleitlinie
SERA	Single European Railway Area
SF	System Failure
SFS KRM	Schnellfahrstrecke Köln – Rhein/Main
SGSN	Serving GPRS Support Node
SGV	Schienengüterverkehr
SH	Shunting
SI	System Integrity
SiBeBe	Sicherheitsbewertungsbericht
SiL	Software-in-the-Loop
SIL	Safety Integrity Level
SIM	Subscriber Identity Module
SIP	Session Initiation Protocol
SK	Schaltkasten
SL	Security Level
SL	Sleeping
SL-A	Security Level – Achieved
SL-C	Security Level – Capability

SL-T	Security Level – Target
SLA	Service Level Agreement
SLC	super-loose-coupled
SLP	Schnellläuferprogramm
SM	Supervised Manoeuvre
SMB	Stop Marker Board
SMI	Standard Maintenance Interface
SMS	Safety Management System
SN	National System
SNCF	Société Nationale des Chemins de Fer français
SOC	Security Operations Centre
SoL	Safety of Life
SOLR	Single On-board Location Reference
SOM	Start of Mission
SPD	System Platform Demonstrator
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SR	Staff Responsible
SR	System Requirements
SRAC	Safety Related Application Conditions
SRD	Single Rules Database
SRS	System Requirement Specification
SSEM	Supervised Speed Envelope Management
SSP	Static Speed Profile
SSS	Shared Security Services
STM	Specific Transmission Module
STRIDE	Spoofing Identity – Tampering with Data – Repudiation – Information Disclosure – Denial of Service – Elevation of Privileges
Stw	Stellwerk
SV	Systemversion
SvL	Supervised Location
SW	Software
SWOC	Smart Wayside Object Controller
SysML	Systems Modeling Language
TA	Track Area
TC	tight-coupled
TC-RT	ETSI Technical Committee for Rail Telecommunications
TCMS	Train Control Management System
TCN	Train Control Network

TCO	Traction Cut Off
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TCS	Traffic Control System
TD	Technology Demonstrator
TDMA	Time Division Multiple Access
TE	Track Edge
TEIV	Transeuropäische Eisenbahn-Interoperabilitätsverordnung
TEN	Trans-European Networks
TEN-T	Trans-European Networks for Traffic
TEN-V	Transeuropäisches Netz – Verkehr
TEP	Technologie- und Entwicklungsplan
TEP	Track Edge Point
TES	Track Edge Section
Tf	Triebfahrzeugführer
Tfz	Triebfahrzeug
THR	Tolerable Hazard Rate
TIM	Train Integrity Monitoring
TIMS	Train Integrity Monitoring System
TIU	Train Interface Unit
TK	Telekommunikationsanlagen
TLH	Teillastenheft
TLS	Transport Layer Security
TMS	Traffic Management System
TN	Track Node
TOBA	Telekommunikations-On-board-Architektur
TR	Trip
TR-DP	Transitionsdatenpunkt
TRE	Timely Response to Events
TRL	Technology Readiness Level (Technologie-Reifegrad)
TSI	Technische Spezifikation für die Interoperabilität
TSI CCS	TSI Control Command and Signalling
TSI LOC&PAS	TSI Locomotives and Passengers
TSM	Target Speed Monitoring
TSR	Temporary Speed Restriction
TTD	Trackside Train Detection
TTSM	Time Table Speed Management
TV	technische Vorschriften
TVM	Transmission Voie-Machine


















UC	Use Control
UDMP	Unauthorised Direction Movement Protection
UES	Unconditional Emergency Stop
ÜGR	Übergangsregelung
UIC	Union Internationale des Chemins de fer
UiG	unternehmensinterne Genehmigung
UIP	Union Internationale des Wagons Privés
UIRR	Union Internationale pour le Transport Combiné Rail-Route
UITP	Union Internationale des Transports Publics
UMTS	Universal Mobile Communications System
UN	Unfitted
UNIFE	Union des Industries Ferroviaires Européennes
UNISIG	Union Industry of Signalling
URA	Usage Restriction Area
URS	User Requirement Specification
ÜS	Überwachungssignal
USB	Universal Serial Bus
ÜS _{OE}	optimierte Einschaltung mit Überwachungssignal
USV	unterbrechungsfreie Stromversorgung
ÜSW	Überwachungssignal-Wiederholer
UTC	koordinierte Weltzeit
UZ	Unterzentrale
VB	Virtual Block
VBC	Virtual Balise Cover
VPF	Virtual Block Function
VBR	Virtual Balise Reader
VBS	Voice Broadcast Service
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
VDE	Verkehrsprojekte Deutsche Einheit
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VGCS	Voice Group Call Service
VLR	Visitor Location Register
VMZ	maximal zulässige Geschwindigkeit des Zugs
VSS	Virtual Sub Sections
VV BAU-STE	Verwaltungsvorschrift für die Bauaufsicht über Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnische Anlagen
VV IBG-F	Verwaltungsvorschrift für die Genehmigung der Inbetriebnahme von Eisenbahnfahrzeugen gemäß §§ 6 ff. TEIV im Zuständigkeitsbereich des Eisenbahn-Bundesamtes

W IBG-I	Verwaltungsvorschrift zur Anwendung der Verordnung über die Erteilung von Inbetriebnahmegenehmigungen für das Eisenbahnsystem (Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung – EIGV) in Bezug auf die Teilsysteme Infrastruktur, Energie, streckenseitige Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung sowie für die übrige Eisenbahninfrastruktur
W NTZ	Verwaltungsvorschrift „Neue Typzulassung von Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnischen Anlagen“
VzG	Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten
W	Warning Supervision Limit
WA	Warning Area
WaS	Warning Status
WLAN	Wireless Local Area Network
WLAN5	WLAN-Standard 802.11ac
WLANp	WLAN-Standard 802.11p
XML	Extensible Markup Language
ZDS	Zugdeckungssignal
ZE	Zielentfernung
ZiE	Zustimmung im Einzelfall
ZL	Zuglenkung
ZN	Zugnummernmeldeanlage
ZSTW	Zugorientiertes Stellwerk
ZVS	Zugvollständigkeitsüberwachung
ZZS	Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung (Leit- und Sicherungstechnik)




Symbolverzeichnis

Die in diesem Buch verwendeten Symbole entstammen der „Signalschablone“, entwickelt mit Visio. Sie beinhaltet die wichtigsten Symbole für sicherungstechnische Lage- und Übersichtspläne gemäß DB-Richtlinie 819.9002; allerdings sind sie in der Größe etwas verkleinert und teilweise vereinfacht. Die Signalschablone von Ulrich Maschek ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND 4.0). Sie kann kostenfrei heruntergeladen werden unter signalschablone.maschexx.de.



1 Signale

	Vorsignal
	Hauptsignal
	Mehrabschnittsignal
	Geschwindigkeitsanzeiger (Licht)
	Geschwindigkeitsanzeiger (Form)
	Geschwindigkeitsvoranzeiger (Licht)
	Geschwindigkeitsvoranzeiger (Form)
	Sperrsignal
	Rangierhalttafel
	Geschwindigkeits-Ankündesignal
	Geschwindigkeitssignal
	Kenn-/Zusatzlicht
	Haltetafel (H-Tafel)
	Zugdeckungssignal
	Bahnübergangsüberwachungssignal
	Blockkennzeichen (ETCS Location Marker Board)
	ETCS-Halt-Tafel (ETCS Stop Marker Board)






2 Weichen und Gleissperren

	Weiche, fernbedient oder elektrisch ortsbedient
	Doppelte Kreuzungsweiche, fernbedient oder elektrisch ortsbedient
	Gleissperre, fernbedient, Auswurfrichtung rechts



3 Ortung

	Radsensor (Achszählpunkt, richtungsselektiv)
	Radsensor für BÜ (richtungsselektiv)

4 Zugbeeinflussung

	PZB-Gleismagnet 500/1000/2000 Hz
	PZB-Gleismagnet 1000 und 2000 Hz
	PZB-Gleismagnet, ständig wirksam
	Balise (auch Datenpunkt), ungesteuert/gesteuert
	Balisengruppe (auch Datenpunkt), ungesteuert/gesteuert

5 Sonstiges

	Zug, Fahrtrichtung nach rechts
	Bahnsteig

1 ETCS nach europäischer Spezifikation

Zur Beschreibung der Anwendung von ETCS in Deutschland sollen zunächst die generischen Grundlagen des Systems auf Basis der Systemversion 2.1 erläutert werden. Zuerst werden Hintergründe und Ziele der Entwicklung eines europäischen Standards aufgezeigt sowie in den Stand der europäischen Harmonisierung eingeführt. Anschließend wird ETCS in seiner technischen Ausprägung (Architektur, Teilsysteme, Funktionen) vorgestellt. Betriebliche Funktionalitäten, Aspekte der Security sowie die Neuerungen der Baseline 4 komplettieren das Kapitel.

1.1 Motivation

Michael Dieter Kunze

Einleitend wird auf die Hintergründe für die Einführung des europäischen Eisenbahnverkehrssystems (European Rail Traffic Management System – ERTMS) eingegangen. Ausgehend von den vorhandenen Problemen beim klassischen Verkehrsmanagement im Eisenbahnwesen werden die Notwendigkeit der Einführung und wesentliche Zielstellungen erläutert.

1.1.1 Harmonisierung der Eisenbahnverkehrssteuerung

1.1.1.1 Aufbau und Struktur

Für die koordinierte Betriebsabwicklung werden bei allen Verkehrsträgern Systeme für Steuerung und Management des Verkehrs eingesetzt. Ohne moderne, in der Regel rechnergestützte Leittechnik wäre die zur Koordinierung und Steuerung komplexer Verkehrssysteme notwendige Informationsverarbeitung nicht umsetzbar.

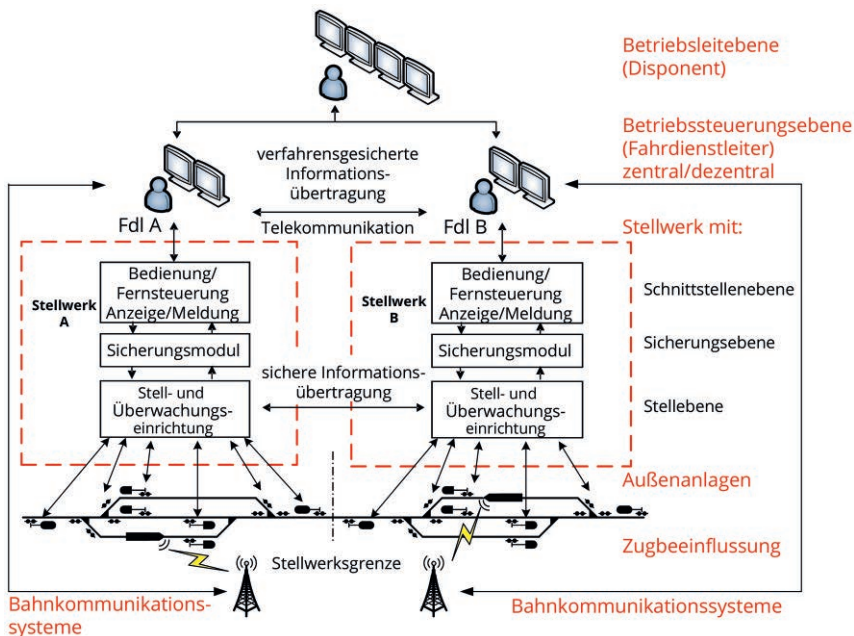


Abb. 1.1-1: Konventionelles System für die Steuerung des Eisenbahnbetriebs

Auch im Eisenbahnwesen sind solche Systeme unerlässlich. Hier gilt es, Fahrpläne einzuhalten, Anschlüsse zu gewährleisten, den Fahrweg einzustellen und Fahrzeugbewegungen zu sichern. Dazu werden unterschiedliche Komponenten innerhalb des Management- und Steuerungssystems benötigt. Der prinzipielle Aufbau und die Struktur der konventionellen Steuerung des Eisenbahnverkehrs ist in einer allgemeinen und vereinfachten Form in Abb. 1.1-1 dargestellt. Dabei lassen sich mehrere Ebenen voneinander unterscheiden, die im Folgenden vorgestellt werden.

1.1.1.2 Betriebsleitebene – Disponent

Die Aufgaben der Betriebsleitebene betreffen kurzfristige Fragen der Betriebsleitung wie Disposition von Zügen sowie vorrausschauende Konflikterkennung und -lösung. Diese Arbeit wird durch einen Disponenten für einen geografisch abgegrenzten Bereich übernommen.

Ursprünglich erfolgte die Überwachung des Bahnbetriebs in den Betriebsstellen. Durch die dezentrale Struktur der Fahrdienstleitung waren die Fahrdienstleiter (Fdl) auch für die Disposition der Züge in ihrem Bereich zuständig. Für größere Knotenbereiche und höher belastete Strecken ist aber eine betriebsstellenübergreifende Disposition erforderlich. Daher wurden später Betriebsleitstellen (BLST) eingerichtet (Abb. 1.1-2). Sie erhalten die Informationen über die aktuelle Betriebssituation auf den Strecken durch technische Meldeeinrichtungen (Zuglaufverfolgung) oder fernmündliche Meldungen der jeweiligen Betriebsstellen. Die Ausgabe von Anweisungen an die Fahrdienstleiter (z. B. Festlegung von Überholungen) erfolgt ebenfalls fernmündlich über die Bahnkommunikationssysteme. Disponenten führen selbst keine Bedienungshandlungen an der Sicherungstechnik durch, sofern sie nicht gleichzeitig als Fahrdienstleiter für einen örtlichen Bereich zuständig sind.

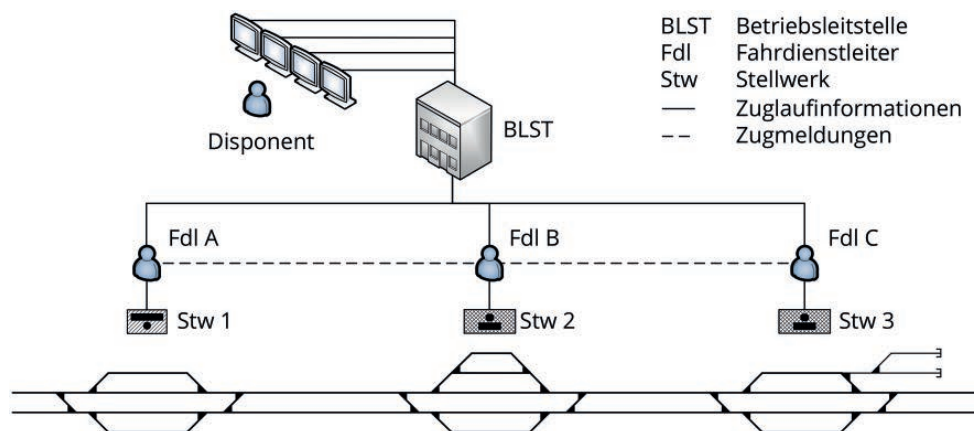


Abb. 1.1-2: Betriebsleitung und -steuerung mit technischer Unterstützung

Anfangs nahmen die Disponenten die übermittelten Daten handschriftlich auf und zeichneten die Zeit-Weg-Linien in einen Ist-Fahrplan ein. Heute ersetzen Zugnummernmeldeanlagen und die automatische Zuglaufverfolgung die Papierunterlagen. Fahrdienstleiter von Betriebsstellen, die keine derartigen Systeme besitzen, übermitteln die Zuglaufdaten nach manueller Eingabe EDV-gestützt an die Betriebsleitstelle. Disponenten arbeiten heute rechnergestützt mit mehreren Bildschirmen zur Darstellung von Bildfahrplänen, Streckenübersichten, Anschlussüberwachung und Ähnlichem (Abb. 1.1-3).

Die eingesetzten Methoden und Werkzeuge sind nicht bahnspezifisch. Entscheidungen dieser Ebene wirken sich nicht direkt auf die Sicherheit im Bahnbetrieb aus, daher muss die Leittechnik auch nicht die hohen Sicherheitsanforderungen der Sicherungstechnik erfüllen. Trotzdem muss im Sinne eines möglichst reibungslosen Betriebsablaufs eine hohe Verfügbarkeit gegeben sein.

Bisher wurden diese Systeme lediglich national beschafft und eingesetzt. Trotzdem wird eine internationale Zusammenarbeit auf dieser Ebene durch die weitgehende Vereinheitlichung wichtiger Fahrplanparameter über Vorgaben des Internationalen Eisenbahnverbands UIC (z. B. Gestaltung der Zugnummern) ermöglicht.

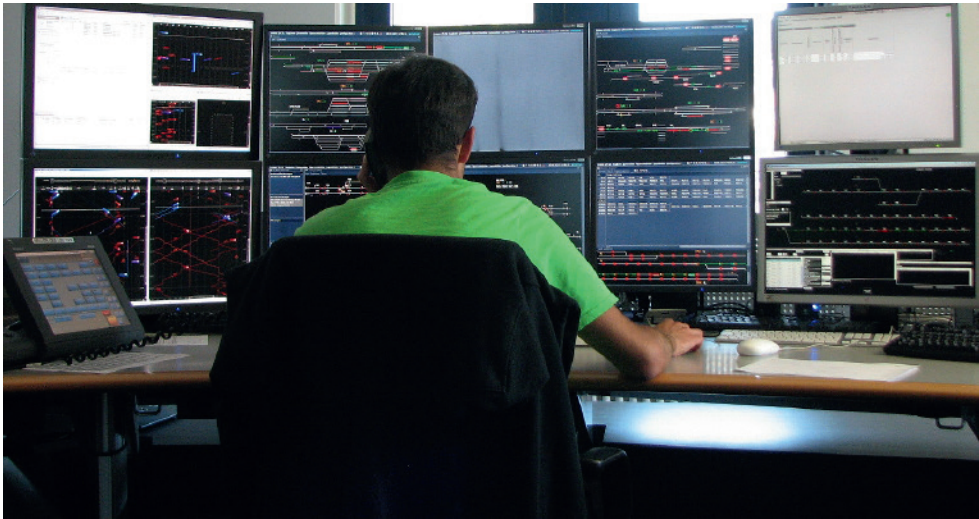


Abb. 1.1-3: Disponent am Arbeitsplatz

1.1.1.3 Betriebssteuerungsebene – Fahrdienstleiter

In der Betriebssteuerungsebene befinden sich die Fahrdienstleiter, die die kurzfristige, operative Betriebsführung realisieren. Sie setzen die Vorgaben des Fahrplans und der Disponenten in Befehle und Bedienhandlungen um und sind verantwortlich für die Zulassung von Fahrten in ihrem Zuständigkeitsbereich. Je nach Anlagenart erfolgt die Betriebssteuerung von einer zentralen Stelle oder von mehreren dezentralen Stellen aus. Die Fahrdienstleiter benachbarter Stellwerke tauschen untereinander Informationen über nicht sichere Telekommunikation aus.

Die historisch ältere Form ist die dezentrale Betriebsführung mit einer Vielzahl örtlich besetzter Betriebsstellen. Durch Fortschritte in der Automatisierungs- und Stellwerkstechnik wurde die Betriebsführung von einer zentralen Stelle aus ermöglicht (Fernsteuerung). Dieses Konzept wird heute auch bei den Betriebszentralen (BZ) und zukünftig bei den Bedienstandorten (BSO) der DB InfraGO umgesetzt. Dabei werden die örtlich besetzten durch unbesetzte Stellwerke (Unterzentralen – UZ, bzw. integrierte Unterzentralen – iUZ) ersetzt, die von der Betriebszentrale aus gesteuert werden und über die abgesetzten Bestandteile der elektronischen Stellwerke (ESTW-A) die Feldelemente anbinden (Abb. 1.1-4).

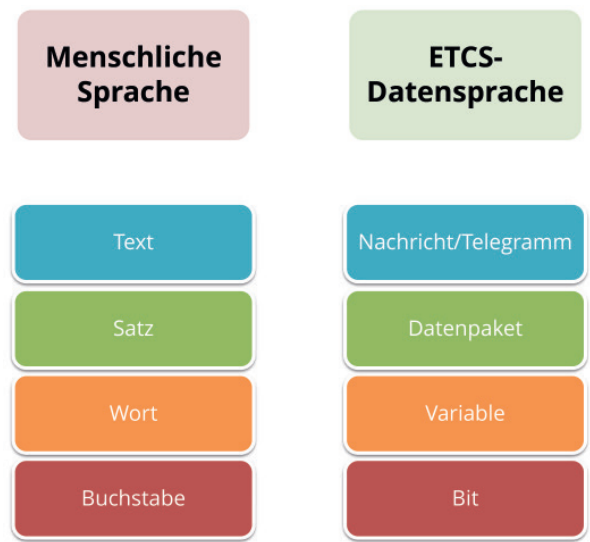


Abb. 1.5-8: Vergleich von menschlicher und ETCS-Sprache

Durch diese Gestaltung ist die Datenstruktur zwar flexibel, es müssen aber auch einheitliche Vorgaben für die Bestandteile festgelegt werden, damit ETCS tatsächlich interoperabel sein kann.

Bits bilden die physikalische Grundlage der ETCS-Datensprache. Mit ihnen lassen sich durch Kodierung konkrete Werte den jeweiligen Variablen zuordnen. Die Variable bildet dann die kleinste funktionale Einheit, die eine Information über einen bestimmten Sachverhalt (z. B. Geschwindigkeit, Entfernung etc.) enthält. Dabei bleiben Variablenbezeichnungen immer gleich, nur die Werte sind veränderlich. Beispielsweise enthält die Variable *L_TRAIN* den Wert für die Länge eines Zugs, wobei das erste Zeichen die Art der Variable definiert (Tab. 1.5-2, hier: L für „length“ – Länge). Eine Auflistung und Erläuterung aller Variablen enthält [SUB026] Kapitel 7.

Präfix der Variable	Bedeutung
A_	Beschleunigung/Verzögerung
D_	Entfernung
G_	Gradiente
L_	Länge
M_	Verschiedenes
N_	Nummer
NC_	Nummer zur Klassifizierung
NID_	ID-Nummer
Q_	Kennzeichner
T_	Zeit/Datum
V_	Geschwindigkeit
X_	Text

Tab. 1.5-2: Variablen-Präfixe und deren Bedeutung

Als Datenpaket wird eine Struktur mehrerer Variablen bezeichnet, die in einer definierten Folge zusammengefasst wurden. Solch ein Datenpaket besteht immer auch aus einem Paketkopf, der wichtige Informationen enthält (Abb. 1.5-9):

1. ID des Pakets
2. Geltungsrichtung bei Nachrichten zum Fahrzeug
3. Länge des Datenpakets
4. Skalierungsinformation für Distanzangaben

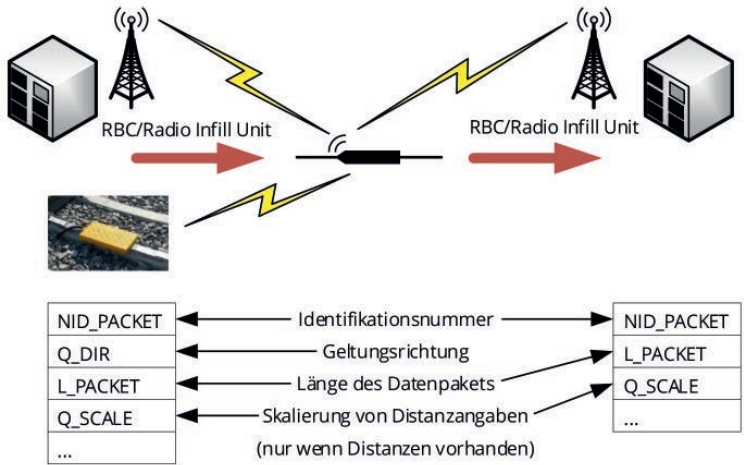


Abb. 1.5-9: Inhalte des Paketkopfs von Datenpaketen für verschiedene Senderrichtungen

Bei Eurobalisen wird die aus Nachrichtenkopf und Datenpaketen bestehende übermittelte Information einer Balise Telegramm genannt. Die übermittelte Information einer Balisengruppe besteht aus einem oder mehreren Telegrammen und wird Nachricht genannt. Ein Telegrammkopf hat dabei eine vorgegebene Struktur, die in Tab. 1.5-3 dargestellt ist.

Feld Nr.	Variable	Länge [bit]	Erläuterung
1	Q_UPDOWN	1	Richtung der Information: down-link (0), up-link (1)
2	M_VERSION	7	ERTMS/ETCS-Systemversion
3	Q_MEDIA	1	Medientyp: Balise (0), Loop (1)
4	N_PIG	3	Position in der Balisengruppe
5	N_TOTAL	3	Anzahl der Balisen in der Gruppe
6	M_DUP	2	Angabe, ob die Balise ein Duplikat einer anderen Balise ist
7	M_MCOUNT	8	Nachrichtenzähler zur Erkennung von Wechseln des Dateninhalts während der Überfahrt einer Balisengruppe
8	NID_C	10	Land/Region
9	NID_BG	14	ID der Balisengruppe
10	Q_LINK	1	Kennzeichnung der Balisengruppe als verkettet (1) oder nicht verkettet (0)
	Information	variabel	Datenpakete; abschließend Paket 255

Tab. 1.5-3: Aufbau eines Balisen-Telegrammkopfs

In Abb. 1.10-5 sind die fahrzeugseitigen Einflussgrößen (siehe Abschnitt 1.10.2.1) im blauen Bereich dargestellt. Infrastrukturseitige Einflussgrößen (siehe Abschnitt 1.10.2.2) sind orange gekennzeichnet. Sie werden im European Vital Computer (EVC, Abb. 1.10-5, Mitte) bei den Berechnungen für die Geschwindigkeits- und Entfernungsüberwachung verarbeitet (siehe Abschnitt 1.10.2.3).

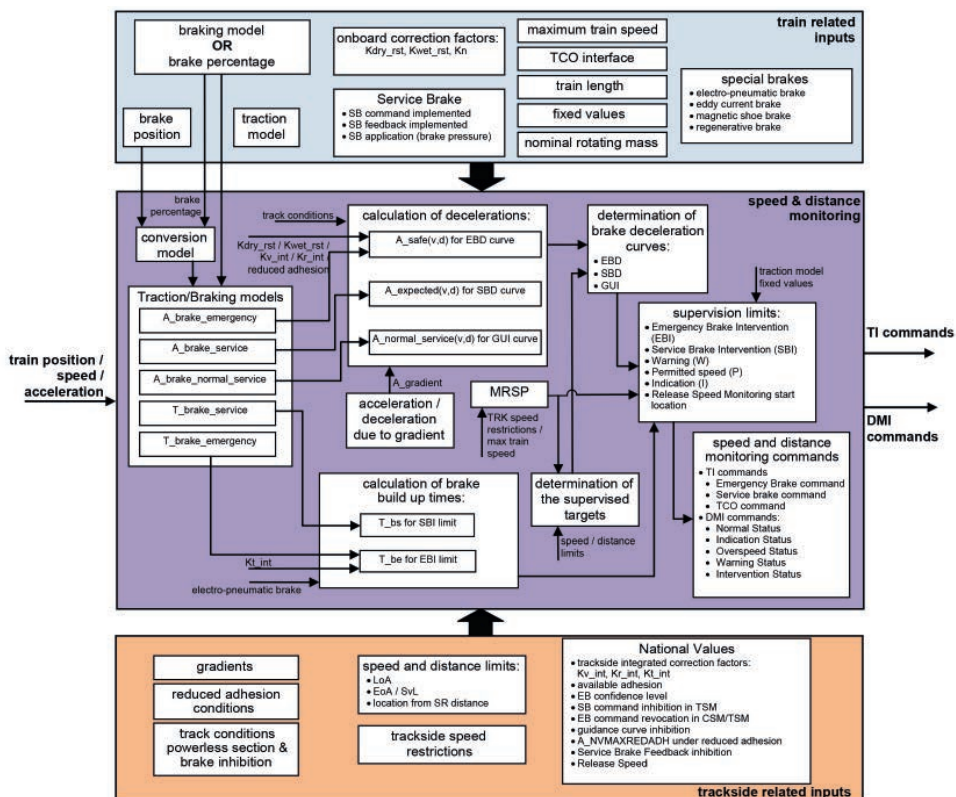


Abb. 1.10-5: Berechnung der Überwachungsfunktionen im EVC ([SUB026] Kapitel 3)

1.10.2.1 Fahrzeugseitige Einflussgrößen

Nur mit den bekannten Eigenschaften der Fahrzeuge können realistische Bremswege und somit der Ort für den notwendigen Bremsbeginn berechnet werden, um das Überfahren von maßgebenden Gefahrstellen oder Durchrutschwegenden zu vermeiden (siehe auch [Feh18]).

Antriebs- und Bremsmodell

Ein wesentlicher Bestandteil zur Berechnung von Bremskurven ist ein Modell zur Beschreibung von Beschleunigungen und Verzögerungen (Abb. 1.10-6) durch die Abbildung einer Verzögerungszeit $T_{traction_cut_off}$ zwischen Abschaltkommando TCO des Antriebs (Zeitpunkt t_0) und dem garantierten Abschalten der Antriebsbeschleunigung (Zeitpunkt $t_{c,1}$). Für die Zeitdauer von $T_{traction_cut_off}$ wird die geschätzte Beschleunigung des Fahrzeugs (estimated acceleration) zur Berechnung genutzt. Im ETCS-Fahrzeuggerät ist hinterlegt, ob eine TCO-Schnittstelle zur automatischen Abschaltung des Antriebs vorhanden ist und über die TIU angesteuert wird.

Außerdem wird ein Bremsaufbau durch Bremsaufbauzeiten in die Berechnungen einbezogen, sodass die Bremsverzögerung A_{brake} nicht unmittelbar mit Bremseingriff wirksam wird. Die Bestandteile der Modellierung sind:

- die Berücksichtigung einer Totzeit T_{brake_react} zwischen Bremsansteuerung zum Zeitpunkt $t_{b,0}$ und dem Beginn des Aufbaus einer Verzögerung zum Zeitpunkt $t_{b,1}$
- die Verwendung einer Zeit für den Bremskraftaufbau $T_{brake_increase}$ zwischen Zeitpunkt $t_{b,1}$ und dem Erreichen von 95 % der Bremskraft zum Zeitpunkt $t_{b,2}$
- Abbildung der äquivalenten Bremsaufbauzeit $T_{brake_build_up}$ als Stufenfunktion zwischen Zeitpunkt $t_{b,0}$ und Zeitpunkt $t_{b,3}$, mit

$$t_{b,3} = t_{b,1} + \frac{t_{b,2} - t_{b,1}}{2} \quad (1.10-1)$$

$$T_{brake_build_up} = T_{brake_react} + 0,5 \cdot T_{brake_increase} \quad (1.10-2)$$

Das Modell wird für die Berechnung der Schnellbremsaufbauzeit $T_{brake_emergency}$ und der Vollbremsaufbauzeit $T_{brake_service}$ genutzt (siehe Abschnitt 1.10.2.3). Für jede Kombination von verschiedenen Bremstypen (z. B. Magnetschienenbremse und generatorische Bremse) müssen sich unterschiedliche Aufbauzeiten definieren lassen ([SUB026] Kapitel 3.13.2.2.3.2).

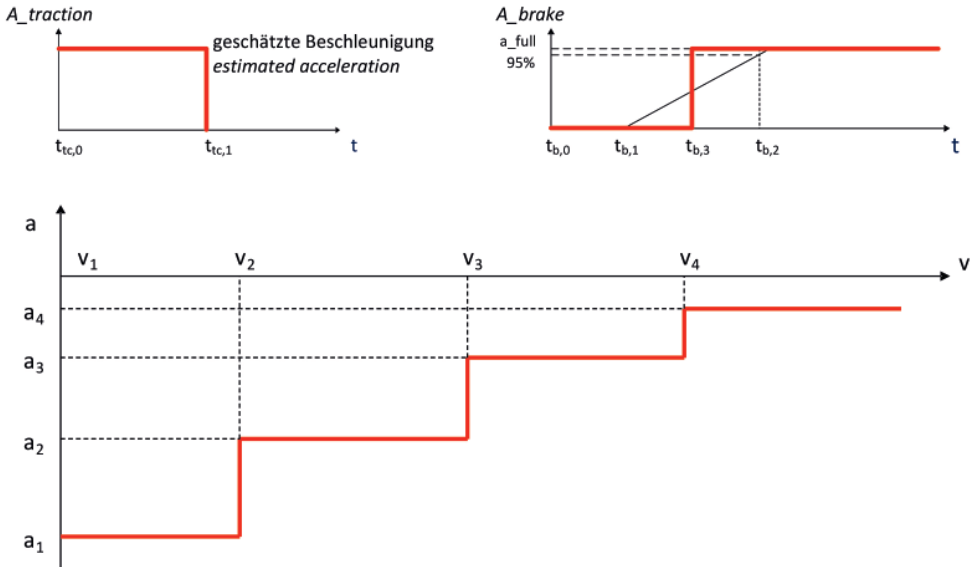


Abb. 1.10-6: Einflüsse im ETCS-Beschleunigungsmodell

Des Weiteren wird die mögliche Bremsverzögerung durch eine geschwindigkeitsabhängige Stufenfunktion $a(v)$ mit maximal sieben Stufen abgebildet (Abb. 1.10-6). Die Stufenfunktion wird für die Abbildung der nominalen Schnellbremsverzögerung $A_{brake_emergency}(v)$, der Vollbremsverzögerung $A_{brake_service}(v)$ und der Betriebsbremsverzögerung $A_{brake_normal_service}(v)$ genutzt (siehe Abschnitt 1.10.2.3). Auch diese können individuell für jede Kombination von Bremstypen hinterlegt werden.

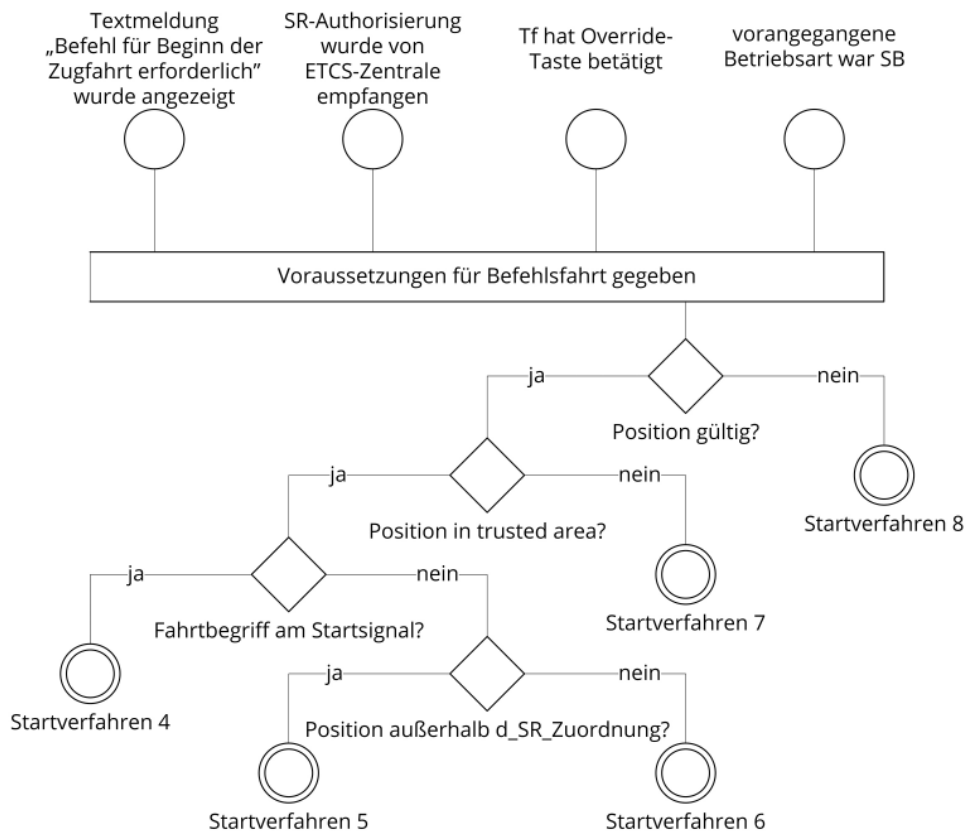


Abb. 2.4-10: Entscheidungsdiagramm für das Verfahren „Start mit Befehl“

Startverfahren 4

Da beim Startverfahren 4 alle Voraussetzungen für eine Fahrt in FS gegeben sind, ist trotz aktiviertem Override EOA keine Fahrt in der Betriebsart SR notwendig. Das Fahrzeug erhält aufgrund seiner gültigen sowie vertrauenswürdigen Position eine FS-Fahrterlaubnis mit einer maximalen Geschwindigkeit, die der Höchstgeschwindigkeit einer (signalgeführten) Befehlsfahrt entspricht. Diese beträgt 40 km/h [DB408] im anschließenden Weichenbereich gemäß [DB301] und anschließend 160 km/h bis zur nächsten, durch Signal Ne 14 gekennzeichneten Ganzblockgrenze [BTSF3]. Wird der Datenpunkt am Startsignal überfahren, erhält das Fahrzeug eine FS-Fahrterlaubnis mit Berücksichtigung der Streckeneigenschaften.

Startverfahren 5

Meldet das Fahrzeug eine gültige und vertrauenswürdige Position und das Startsignal zeigt noch keinen Fahrtbegriff, ist die Entfernung des Fahrzeugs zum Startsignal von Bedeutung für die weitere Verfahrensweise. Steht das Fahrzeug **mehr als 400 m** vor dem Startsignal (*d_SR_Zuordnung*), erhält es ebenfalls eine FS-Fahrterlaubnis mit einer maximalen Geschwindigkeit von 160 km/h, die am Startsignal endet. So kann ein zügiges Aufrücken zum Signal ermöglicht werden.

Startverfahren 6

Das Startverfahren 6 findet unter ähnlichen Bedingungen wie Verfahren 5 statt, allerdings steht das Fahrzeug **weniger als 400 m** (*d_{SR_Zuordnung}*) vom Startsignal entfernt. In dem Fall kann keine Fahrterlaubnis durch die ETCS-Zentrale erteilt werden. Eine Fahrt ist nur in der Betriebsart SR und mit maximal 40 km/h zulässig, um an das Startsignal vorzurücken. Erst nach Signalisierung eines Fahrtbegriffs kann eine Weiterfahrt erfolgen, was dann dem Startverfahren 4 entspricht.

Startverfahren 7

Das Fahrzeug meldet eine gültige Position, die allerdings nicht als vertrauenswürdig bewertet wird, da sich das Fahrzeug nicht in einer „trusted area“ befindet. Da die Fahrzeugposition nicht sicher zugeordnet werden kann, darf auch keine Fahrterlaubnis gesendet werden. Daher ist nur eine Fahrt in SR mit einer maximalen Geschwindigkeit von 40 km/h zulässig.

Startverfahren 8

Meldet das Fahrzeug keine gültige Position, ist nur eine Befehlsfahrt in Betriebsart SR mit maximal 40 km/h möglich. Erst nach Überfahrt eines Datenpunkts mit Ortungsfunktion und Zuordnung als LRBG kann eine Zuordnung der Position geschehen und eine Fahrterlaubnis generiert werden.

2.4.6 Durchführen einer Fahrt

2.4.6.1 Verlängerung der Fahrterlaubnis

Um die Fahrt behinderungsfrei fortzusetzen, muss die übersendete Fahrterlaubnis regelmäßig verlängert werden. Das geschieht durch Übertragung von Paket 15, das die notwendigen Parameter enthält. Bei einer Fahrterlaubnisverlängerung ist es notwendig, dass vor dem Senden von Paket 15 alle Informationen über den bevorstehenden Fahrweg vorliegen und auf dem aktuellen Stand sind, um bei eventuellem Ausfall der Funkverbindung keine Informationslücken entstehen zu lassen. In der Regel werden die benötigten Informationen in der Fahrterlaubnis integriert oder vorher durch ein entsprechendes Paket übertragen. Hierbei sind besonders Informationen über temporäre Langsamfahrstellen, Streckeneigenschaften und Textmeldungen zu berücksichtigen.

Bevor eine neue Fahrterlaubnis gesendet werden darf, muss die ETCS-Zentrale prüfen, ob bereits ein anderes Fahrzeug eine Fahrterlaubnis in diesen Bereich erhalten hat. Weiterhin sind alle dem vorgesehenen Fahrweg zugeordneten Signalbegriffe und Weichenlagen auf Korrektheit zu prüfen.

2.4.6.2 Flankenschutz

Eine grundlegende Schutzfunktion ist der Flankenschutz, der das Eindringen feindlicher Fahrten in den freigegebenen Fahrweg an Fahrwegverzweigungen verhindern soll. Dabei wird zwischen mittelbarem Flankenschutz durch organisatorische Regelungen und unmittelbarem Flankenschutz durch technische Maßnahmen unterschieden. Letztgenannter unterscheidet sich in den direkt wirkenden (Flankenschutzweiche oder Gleissperre) und den indirekt wirkenden Flankenschutz (Halt zeigendes Signal). Halt zeigende Signale werden betrieblich auch als Lichtschutz bezeichnet. [Mas22]

Der direkt wirkende Flankenschutz bei L2oS wird analog zu anderen Systemen realisiert und bedarf daher unter ETCS keiner besonderen Betrachtung. Gleiches gilt für Abstellverbote (mit-

3.2 ETCS Level 2

Richard Kahl

Die Funktionen von ETCS Level 2 wurden bereits in Abschnitt 2.4 beschrieben. Im folgenden Abschnitt werden Schwerpunkte der planerischen Umsetzung vorgestellt, wie sie nach [DB1344] vorgesehen sind. An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass für das Planungsregelwerk für ETCS (siehe Abschnitt 3.1) zwar aktuell eine freigegebene Version vorliegt, sich dieses aber in vielen Einzelheiten noch in der Erstellung bzw. Überarbeitung befindet und zukünftig noch inhaltliche Änderungen zu erwarten sind. Weiterhin stellt der nachfolgende Abschnitt keine vollständige Darstellung aller, sondern nur eine Auswahl der bedeutendsten Planungsregeln für L2 dar.

3.2.1 Grundsätze

3.2.1.1 Begriffe

Ein- und Ausstieg

Der Einstieg wurde ausführlich in Abschnitt 2.4.4 beschrieben und bezeichnet den Beginn des L2-Ausrüstungsbereichs. Dem entgegen steht der Ausstieg, der das Ende des Ausrüstungsbereichs beschreibt (siehe Abschnitt 2.4.7). Hier ist jeweils ein Levelwechsel vorzusehen. Das Ein- bzw. Ausstiegssignal markiert dabei in der Regel die Ausrüstungsgrenze und ist entsprechend zu berücksichtigen. Die planerischen Vorgaben werden in Abschnitt 3.3.3 erläutert.

Datenpunkt

Die Bezeichnung Datenpunkt (DP) (siehe Abschnitt 2.4.2.1) gilt für Einzelbalisen und Balisengruppen gleichermaßen. Die Bezeichnung der in einem Datenpunkt enthaltenen Datenpunkttypen erfolgt durch Zahlen (z.B. Datenpunkt Typ 20) und einer zusätzlichen Angabe der Wirkrichtung mit einer spitzen Klammer. Eine Auflistung aller nach [DB1344] möglichen Datenpunkttypen enthält Anhang 2. Datenpunkttypen für L2 können miteinander kombiniert und in einem Datenpunkt hinterlegt werden, wenn diese am gleichen Ort vorzusehen sind. In den nachfolgenden Abschnitten wird die Planung von Datenpunkttypen vorgestellt.

Signal

In den folgenden Ausführungen werden

- Hauptsignale,
- alleinstehende ETCS-Halt-Tafeln,
- Blockkennzeichen und
- Sperrsignale (sofern an diesen Zugfahrten beginnen oder enden)

vereinfacht mit dem Begriff Signal bezeichnet. Der jeweilige Signalstandort ist üblicherweise der Stellwerksplanung zu entnehmen. Vorsignale werden in der Regel unter L2 nicht berücksichtigt.

ETCS-Gefahrpunkt

Der ETCS-Gefahrpunkt ist die maßgebende Gefahrstelle und beschreibt den Punkt in der Infrastruktur, an dem es nach dem Überfahren des EOA zuerst zu einer Gefährdung (meist Zusammenstoß) kommen kann. Nach [DB1344] sind darunter

- Grenzzeichen bzw. Spitzen von Weichen,
- Zugschluss oder –spitze eines am gewöhnlichen Halteplatz stehenden Zugs,
- Rangier- und Schutzsignale der Gegenrichtung und
- Gefahrstellen hinter Deckungssignalen

zu verstehen. Der ETCS-Gefahrpunkt wird zur Dimensionierung verschiedener DP herangezogen.

3.2.1.2 Variablen

Mindestabstände an Datenpunkten

Zwei aufeinanderfolgende Balisen müssen einen Mindestabstand zueinander einhalten, damit das Fahrzeuggerät beide unterscheiden kann und kein Lesefehler auftritt. Der Abstand zwischen der letzten Balise eines Datenpunkts und der ersten Balise des nachfolgenden Datenpunkts wird als d_{Min-DP} bezeichnet. Dieser hängt von der infrastrukturell zulässigen Geschwindigkeit (v_{max}) ab und berechnet sich wie folgt:

$$d_{Min-DP} = 2,6 \text{ m} + 0,2 \text{ s} \cdot v_{max} \quad (3.2-1)$$

Für den DP vom Typ 28 und 39 gelten aufgrund der besonderen Bedingungen bei der Verlegung gesonderte Abstände (siehe Abschnitt 3.2.3.2). Hierbei werden die in d_{Min-DP} enthaltenen Reserven genutzt.

Weiterhin muss an Balisen ein Mindestabstand von 1,4 m zu einer Balisenantenne sichergestellt werden, wenn diese **nicht** im vorgesehenen Fahrweg des Fahrzeugs liegt. Dies kann beispielsweise an Weichenverbindungen auftreten (Abb. 3.2-1, a)). An Balisen, die durch eine Antenne angeregt werden, muss ein Mindestabstand von 3 m zu einer anderen Balisenantenne sichergestellt werden, um eine gegenseitige Beeinflussung zu vermeiden (Abb. 3.2-1, b)). Einen solchen Anwendungsfall stellen beispielsweise parallel verlaufende Gleise dar.

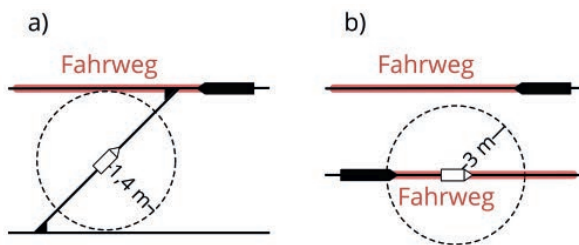


Abb. 3.2-1: Mindestabstände zwischen Balise und Balisenantenne nach [DB1344]

Weiterhin sind für Balisen innerhalb eines Datenpunkts ebenfalls definierte Abstände vorzusehen. Diese müssen mindestens 3 m und maximal 12 m betragen; dabei gelten 3 m als Standard.

Auch zu Ein- bzw. Ausschalterschleifen ist ein Mindestabstand von 3 m einzuhalten, um eine Beeinflussung der Balisentelegramme zu vermeiden. Erforderliche Mindestabstände zu großen Metallteilen thematisiert Abschnitt 3.2.3.3.

4.7.4 RCA-Schichtenarchitektur

Wesentliches Ergebnis der europäischen Standardisierungsbemühungen der Eisenbahninfrastrukturbetreiber im Rahmen von EUG und EULYNX Reference CCS Architecture (RCA) [RCA10] war die Definition einer Referenzarchitektur für zukünftige CCS-Systeme im europäischen Kontext.

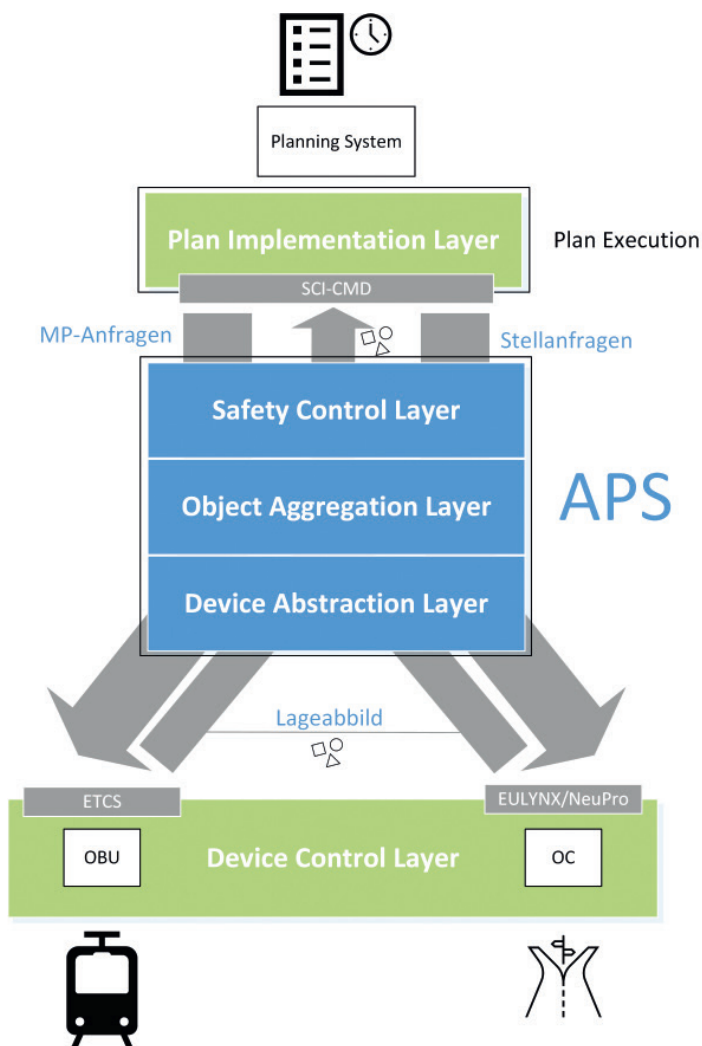


Abb. 4.7-1: APS in der RCA-Referenzarchitektur

Vereinfachend werden in Abb. 4.7-1 nur die drei wesentlichen Schnittstellen von APS dargestellt:

1. Über die neu zu definierende SCI-CMD (Standard Communication Interface – Command: TMS zu APS) werden vom TMS (Planning System) einerseits Anforderungen zum Stellen beweglicher Fahrweegelemente entgegengenommen, durch APS geprüft und bei erfolgreicher Prüfung über EULYNX-/NeuPro-Schnittstellen (z.B. SCI-P) zu den Object Controllern der Fahrweegelemente übertragen.
2. Andererseits werden Anfragen zur Erteilung von MP vom TMS erhalten, die ebenfalls durch APS auf Zulässigkeit geprüft werden und im Erfolgsfall zur Bildung entsprechender ETCS-Movement Authoritys führen, die über ETCS-Schnittstellen zum Fahrzeug übertragen werden.
3. In die Gegenrichtung wird ein Lageabbild sowohl über Fahrzeuge als auch stellbare Fahrweegelemente sowie Gleisfreimeldezustände übertragen, sodass das TMS jederzeit die richtigen dispositiven Entscheidungen treffen kann.

Nicht dargestellt sind Wartungs- und Diagnoseschnittstellen sowie Schnittstellen zu Nachbarsystemen. Schlüsselement der Architektur ist der Aufbau in Schichten:

- Spezifika zu ETCS und Fahrweegelementen in APS sind im Device Abstraction Layer gekapselt; entsprechend sind etwaige Anpassungen nur in dieser Schicht notwendig.
- Der Object Aggregation Layer hat hauptsächlich den Zweck, Information über Fahrzeugpositionen aus verschiedenen Quellen zu einem **Movable Object** (siehe Abschnitt 4.7.5.2) zu aggregieren.
- Der Safety Control Layer schließlich trifft ausschließlich sicherheitsrelevante Entscheidungen auf Basis von abstrakten Objekten (siehe Abschnitt 4.7.5.2), überwacht die Einhaltung zugesicherter Bedingungen und ist strikt minimal gehalten.

4.7.5 Topologische Objekte und Abstraktionen

4.7.5.1 Topologische Objekte

Knoten-Kanten-Modell und Gleiseigenschaften

Um eine GSL einzuführen, wird zunächst ein Knoten-Kanten-Modell benutzt, das die eigentliche Topologie abbildet (Tab. 4.7-1). Der Lageplan aus Abb. 4.7-2 würde, ohne Fahrzeuge und begrenzende Nachbarknoten, wie in Abb. 4.7-3 dargestellt.

Element	Erläuterung
Track Node (TN)	Punkt der Topologie, an dem eine Gleisverzweigung auftritt oder der die Topologie begrenzt.
Track Edge (TE)	Verbindung genau zweier Track Nodes. Eine TE hat insbesondere eine Länge.

Tab. 4.7-1: Knoten und Kanten

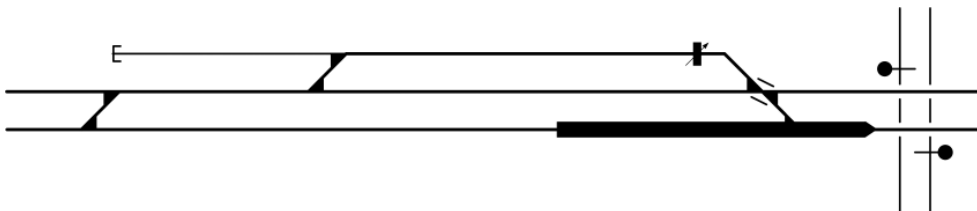


Abb. 4.7-2: Beispielhafter Lageplan

Die Herausgeber



Prof. Dr.-Ing. Jochen Trinckauf

Nach dem Studium des Verkehrsingenieurwesens an der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“ in Dresden bekleidete er seit 1979 verschiedene Positionen in der Wissenschaft, bei einem Bahnunternehmen, in der Bahnindustrie und in bahnaffinen Ingenieurbüros. Er promovierte 1984 und wurde 1998 als Professor für Verkehrssicherungstechnik an die TU Dresden berufen. Mit seinen vielfältigen Erfahrungen als System- und Software-Entwickler, Planer, Dozent, Gutachter und Unternehmer gründete er im Jahr 2007 das CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik. Ungezählte Absolventen haben ihre Abschlussarbeiten bei ihm verteidigt. Bisher 21 Doktoranden hat er bis zur Promotion begleitet; einige weitere streben unter seiner Betreuung ein erfolgreiches Verfahren an. In vielen Fachbeiträgen in Zeitschriften, Vorträgen auf Fachtagungen und als Mitautor von Standardwerken hat er über Stand und Entwicklung von Stellwerks-, Bahnübergangs- und Zugbeeinflussungs- bzw. Zugsicherungstechnik berichtet. In den Jahren 2011 bis 2019 hat er als Systemgutachter und bis 2023 als anerkannter Planprüfer wesentlich zur Einführung von ETCS in Deutschland beigetragen. Nach Übergabe seiner Führungsverantwortung 2022 ist er als Gutachter, Initiator und Ratgeber fachlich aktiv.



PD Dr.-Ing. habil. Ulrich Maschek (EURAIL-ING)

Nach einer Lehre zum Elektrosignalmechaniker mit Abitur bei der Deutschen Reichsbahn studierte er Elektrotechnik an der Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“/TU Dresden mit dem Studienschwerpunkt Verkehrssicherungstechnik. Der Berufseinstieg begann 1996 als LST-Planungsingenieur. Ab 1999 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Braunschweig, wo er 2002 promovierte. Seitdem arbeitet er als wissenschaftlicher Oberassistent und seit 2023 als kommissarischer Leiter an der Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden und ist in Forschung und Lehre im Bereich des spurgeführten Verkehrs tätig. Parallel ist er wissenschaftlicher Leiter vieler Weiterbildungskurse sowie Studienleiter an der Wilhelm-Büchner-Hochschule Darmstadt. Zahlreiche Veröffentlichungen, darunter das Grundlagenwerk „Sicherung des Schienenverkehrs“, sind in den letzten zwei Jahrzehnten entstanden. 2017 erfolgte die Habilitation, kurz darauf wurde ihm von der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der Titel Privatdozent (PD) verliehen.

Weitere Informationen unter maschexx.de.

Dr.-Ing. Richard Kahl

Nach einer Berufsausbildung zum Elektroinstallateur studierte er im Diplomstudiengang Elektrotechnik mit der Vertiefung Automatisierungstechnik an der Staatlichen Studienakademie Bautzen. Parallel war er als Elektroplaner tätig und unterstützte in der Bauüberwachung von Verkehrsprojekten. Anschließend folgte das Studium der Mechatronik mit der Vertiefung Schienenfahrzeugtechnik an der TU Dresden, wobei sich die Diplomarbeit bereits mit der Simulation von ETCS befasste. Seit 2014 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden. Neben Forschung und Lehre im Bereich des spurgeführten Verkehrs befasst er sich im Rahmen von Forschungsprojekten mit der Modellbildung und Simulation von Zugbeeinflussungssystemen, vorrangig ETCS, worüber er im Jahr 2023 zum Dr.-Ing. promovierte. Zudem ist er Dozent für Leit- und Sicherungstechnik der Dresden International University und der Wilhelm-Büchner-Hochschule Darmstadt. In Aufsätzen und Vorträgen veröffentlichte er bereits zum Thema ETCS, wobei „ETCS in Deutschland“ das bisher umfangreichste Werk darstellt.



Die Autoren

Sascha Baumhacker

Nach dem Abitur absolvierte er erfolgreich die Ausbildung zum Eisenbahner im Betriebsdienst, Fachrichtung Fahrweg bei DB Netz. Zum Berufseinstieg begann er als Fahrdienstleiter im Betriebsbezirk Hamm. Zusätzlich bildete er sich als Fachwirt für den Bahnbetrieb weiter und arbeitete nach bestandener IHK-Prüfung in verschiedenen betrieblichen Funktionen im Betriebsbezirk Regensburg unter anderem als Bezirksleiter Betrieb. Seit 2019 ist er in der Zentrale der DB Netz (jetzt DB InfraGO) in Frankfurt am Main tätig. Zunächst widmete er sich als Fachautor dem Aufgabengebiet der Betriebszentralen und den dazugehörigen Schnittstellen zum Fahrplan. Heute ist er bei der Digitalen Schiene der DB InfraGO tätig. Sein Aufgabengebiet umfasst die Optimierung von bestehenden Prozessen und Regelwerken, zusätzlich entwickelt er neue Prozesse und Regelwerke zu Digitalisierungs- und Automatisierungsthemen bis hin zur Umsetzung inklusive der erforderlichen Sicherheitshinweise.





Wolfgang Braun M. Sc.

Nach dem Abitur studierte er zunächst Wirtschaftsinformatik (B. Sc.) an der Universität Regensburg und am University College Dublin. Anschließend absolvierte er an der Fakultät „Friedrich List“ der TU Dresden den Masterstudiengang Bahnsystemingenieurwesen mit dem Schwerpunkt Bahnbetrieb. In seiner darauffolgenden Tätigkeit bei DB Netz (jetzt DB InfraGO) gestaltete er im Rahmen des Betrieblichen Zielbilds die künftigen Betriebsprozesse unter ETCS Level 2 ohne Signale mit. Dabei ist die Schnittstelle zu anderen Eisenbahninfrastrukturunternehmen von besonderer Bedeutung, um beim anstehenden ETCS-Rollout Lösungen zu finden, die für die gesamte Eisenbahnbranche passfähig sind. In Zusammenarbeit mit dem Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) erarbeitete er neben Planungsregeln für ETCS Level 1 FS auch standardisierte Betriebsverfahren an der Schnittstelle der DB-Infrastruktur zu nichtbundeseigenen Eisenbahnen. Heute ist er bei DB Fernverkehr im Bereich Angebotsmanagement beschäftigt.



Lars Brune M. Sc.

Nach einer Ausbildung zum Energieelektroniker und dem Abschluss als staatlich geprüfter Techniker der Fachrichtung Energietechnik studierte er Elektrotechnik an der TH Köln. Bei der DB Engineering & Consulting war er von 2013 bis 2017 als LST-Fachplaner und LST-Abnahmeassistent tätig. Seit 2017 ist er Projektleiter im Rahmen des Zulassungsmanagements für den Innovationsanteil der ETCS-Streckenausrüstung. Als Mitglied der Engineering Support Group bei der ERTMS Users Group ist die ETCS-Gremientätigkeit eine wesentliche Säule, um die notwendigen Innovationen auf europäischer Ebene voranzutreiben. Seit 2019 hat er zudem einen Lehrauftrag an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg. Seit 2021 promoviert er nebenberuflich an der TU Dresden zum Thema „Interoperable Lösungen für die ETCS-Streckenausrüstung an Landesgrenzen“. Mit seiner Ausbildung zum systemischen Coach an der Universität zu Köln und als Mitbegründer von www.coachquartier.de unterstützt er insbesondere Studierende und Doktoranden in ihrer Entwicklung.

Dr.-Ing. Jens Buder

Nach dem Abitur studierte er an der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden Verkehrsingenieurwesen mit dem Schwerpunkt Eisenbahn- und ÖPN-Verkehr. Zum Berufseinstieg 2011 war er als LST-Planungsingenieur tätig, bevor sich im selben Jahr die Chance als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden in Verbindung mit einem Promotionsstudium ergab. Neben der Forschung und Lehre im Bereich des spurgeführten Verkehrs beschäftigte er sich im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojekts mit der Einführung der durchgängigen elektronischen Datenhaltung im ESTW-Planungsprozess und promovierte 2017 zu diesem Thema. Seit 2018 ist er beim CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik in Dresden als Ingenieur für Bahnsicherungstechnik sowie seit 2023 als vom EBA anerkannter Planprüfer, u. a. für ETCS, tätig. Parallel dazu ist er Lehrbeauftragter und Referent in zahlreichen Weiterbildungskursen sowie an der Wilhelm-Büchner-Hochschule. Nach einigen Veröffentlichungen in Form von Aufsätzen in Fachzeitschriften und Vorträgen stellt „ETCS in Deutschland“ seinen ersten wesentlichen Buchbeitrag dar.

**Moritz Cichos M. Sc.**

2015 begann er im Zuge eines Dualen Studiums bei DB Netz die Ausbildung zum Eisenbahner im Betriebsdienst, Fachrichtung Fahrweg, sowie den Bachelorstudiengang Wirtschaftsingenieur für Eisenbahnwesen (B. Eng.) an der FH Erfurt mit der Vertiefung Bahnbetrieb und Infrastruktur. Währenddessen arbeitete er als Fahrdienstleiter im Bereich Schwerin sowie als studentische Hilfskraft an der Fachschule Gotha. Mit Abschluss 2019 folgte das Masterstudium Bahnsystemingenieurwesen mit der Vertiefung Bahnbetrieb an der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden. Zudem führte er im Rahmen seiner Tätigkeit in der Zentrale der DB Netz eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchungen (EBWU) durch. Seit 2022 arbeitet er als Referent digitale Prozesse im Bahnbetrieb im Bereich der Digitalen Schiene Deutschland (DSD) der DB Netz (jetzt DB InfraGO). Dort gestaltet er neue betriebliche Regelwerke und begleitet das zugehörige IT-Projekt. Weiterhin promoviert er an der Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden und nimmt Lehrtätigkeiten als freier Mitarbeiter wahr.





Yadi Han M. Sc.

Sie studierte den Masterstudiengang Bahnsystemingenieurwesen mit dem Schwerpunkt Bahnsicherung und -telematik an der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden. Anschließend war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Verkehrssicherungstechnik und dabei mit verschiedenen Forschungsthemen der Leit- und Sicherungstechnik befasst. Danach arbeitete sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik in Dresden und bearbeitete hauptsächlich ETCS-Projekte, Verifizierungsprozesse sowie Sicherheitsnachweise nach CENELEC. Seit März 2021 ist sie in der Systementwicklung ETCS bei der Zentrale der DB Netz (jetzt DB InfraGO) beschäftigt und beteiligt sich an der Erarbeitung projektspezifischer Themen, an der Lastenheftentwicklung und an den dazugehörigen Nachweisführungsprozessen und -aktivitäten.



Dipl.-Ing. Matthias Kopitzki

Er studierte allgemeinen Maschinenbau an der TU Darmstadt. Zum Berufseinstieg war er beim EBL der DB Regio tätig und übernahm im Jahr 2014 die Projektleitung zur Rezertifizierung des Sicherheitsmanagementsystems. Anschließend wurde er zum Start-up Regionalverkehre Start Deutschland GmbH entsandt, das er als EVU maßgeblich mit aufbaute. 2018 wechselte er zur DB Netz und war zunächst für den konventionellen Bahnbetrieb, u.a. für die Fahrdienstvorschrift Ril 408, verantwortlich. Seit 2020 ist er Leiter der Abteilungen „Transformation digitaler Bahnbetrieb“ und „Entwicklung betriebliche Prozesse und Regelwerke DSD“ innerhalb der Digitalen Schiene Deutschland. Zu seinen Aufgaben zählen u.a. die Gestaltung des betrieblichen Zielbilds als Grundlage für die Betriebsprozesse unter ETCS L2 ohne Signale. Des Weiteren ist er verantwortlich für die Entwicklung der Fahrdienstvorschrift für den Digitalen Bahnbetrieb (Ril 400), den Aufbau der digitalen Befehlsübermittlung, betriebliche Ausgestaltung des Automatischen Fahrens (ATO) oder die Erstellung einer Konzeption für Disposition und Steuerung. Heute ist er bei der DB InfraGO als Leiter im Netz Karlsruhe tätig.

Dipl.-Ing. Elisabeth Kretschmer

Bis 2020 studierte sie Verkehrsingenieurwesen mit dem Schwerpunkt Eisenbahn- und ÖPN-Verkehr an der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden. Ihr besonderes fachliches Interesse galt dabei der Leit- und Sicherungstechnik mit dem Fokus ETCS. In ihrer Studienarbeit mit der DB Netz als Praxispartner beschäftigte sie sich mit den Anforderungen von ETCS Level 3 an die Planung sowie Möglichkeiten für Praxistests. Parallel dazu war sie als Werkstudentin beim CERSS Kompetenzzentrum für Bahnsicherungstechnik in Dresden tätig. Seit 2020 ist sie bei der DB Netz (jetzt DB InfraGO) als ETCS-Planerin tätig. Bei der Digitalen Schiene Deutschland betreut sie Projekte in der Anwendung der digitalen Planungsmethode und wirkt an der Weiterentwicklung des PlanPro-Standards sowie der zugehörigen Werkzeuglandschaft mit.

**Dr.-Ing. Michael Dieter Kunze**

Er studierte Verkehrsingenieurwesen an der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden mit dem Studienschwerpunkt Verkehrstelematik. Von 2009 bis 2015 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Verkehrssicherungstechnik, wo er unter anderem an Projekten zu Zugbeeinflussungssystemen, Stellwerksenergieversorgung und Sicherheitsanalysen von Bahnsteigtüren arbeitete. Mit Abschluss des Promotionsverfahrens im Jahr 2015 wechselte er als leitender Ingenieur zum CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik in Dresden, dessen alleiniger Geschäftsführer er seit 2021 ist.

Weiterhin ist er als Lehrbeauftragter im Bereich der Leit- und Sicherungstechnik für die TU Dresden, die Wilhelm-Büchner-Hochschule Darmstadt und als Dozent in Weiterbildungsveranstaltungen der Thales University, DB Training und Dresden International University tätig. Neben regelmäßigen Veröffentlichungen in Fachzeitschriften ist er Mitautor des internationalen Standardwerks „Railway Signalling and Interlocking“.





Jan O. Lübs M. Sc.

Nach der Ausbildung zum Eisenbahner im Betriebsdienst, Fachrichtung Fahrweg bei der Deutschen Bahn, ist er seit 2016 als Fahr-dienstleiter auf Stellwerken verschiedenster Bauformen tätig. Seine akademische Ausbildung führte ihn über die Fachhochschule Erfurt (Wirtschaftsingenieur für Eisenbahnwesen) mit betrieblichem Schwerpunkt an die Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden, wo er das Masterstudium zum Bahnsystemingenieur mit der Vertiefung Bahnsicherung und -telematik abschloss. Seitdem ist er am CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik tätig und wirkt an Planprüfungen von ETCS-Ausführungsplanungen mit. Parallel dazu forscht und lehrt er an der Professur für Verkehrssicherungs-technik und widmet sich insbesondere den Themen Betriebsverfahren und betrieblich-sicherheitliche Aspekte von ETCS. Sein Wissen vermittelt er auch als Dozent für Bahnbetrieb, Bedienung von Stellwerken und Sicherungstechnik.



Richard Frhr. Poschinger von Frauenau M. Sc.

Er studierte an der OTH Regensburg und der Ludwig-Maximilians-Universität München Informatik und spezialisierte sich während des Studiums auf den Fachbereich Cyber-Security. Berufliche Erfahrungen sammelte er unter anderem in der Abteilung für Cyber-Security von PricewaterhouseCoopers. Seit 2020 ist er für die auf die Cyber-Security von Industriesystemen spezialisierten Firma INCYDE – Industrial Cyber Defense tätig. Dort fokussiert er sich auf die Cyber-Security von Bahnsystemen und verantwortet den Bereich Standardisierung. Im Rahmen dieser Arbeit ist er Mitglied der Security-Gruppen verschiedener Standardisierungsprojekte (unter anderem ERTMS Users Group, EULYNX, EU-Rail, OCORA) und dort teilweise in leitender Funktion tätig. Im Rahmen der EULYNX Academy ist er für Ausbildungsinhalte hinsichtlich Cyber-Security verantwortlich.

Dipl.-Inf. Frank Skowron

Nach dem Studium der Informatik an der TU Chemnitz begann sein beruflicher Werdegang im Telekommunikationsbereich der Alcatel SEL AG (später Thales, heute Hitachi) in Berlin. 2002 wechselte er in den Bereich Transport Automation, wo zunächst die Zugnummernmeldeanlage, später das Radio Block Centre den Tätigkeitsschwerpunkt bildeten. Ein Höhepunkt für ihn war die Vorbereitung der Demonstrationsfahrten von Hybrid Level 3 in der ETCS National Integration Facility in Hitchin/UK. Mit Wechsel zur DB 2020 lernte er die Reference CCS Architecture (RCA) mit dem zugorientierten Advanced Protection System (APS) kennen. Sowohl in RCA, bei der Digitalen Schiene Deutschland der DB InfraGO als auch Europe's Rail Joint Undertaking begleitet er seither die Konzept- und Spezifikationsarbeiten zu APS. Er ist überzeugt, dass darin die Zukunft deutscher und europäischer Leit- und Sicherungstechnik liegt.

**Dipl.-Ing. Martin Erik Sommer**

Nach dem Studium der Architektur und des Verkehrsingenieurwesens mit der Studienrichtung Verkehrstelematik an der TU Dresden arbeitete er seit 2013 als Projektleiter am CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik und ist seit 2024 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden. Schwerpunkte seiner Tätigkeit sind Ingenieurberatung, Sicherheitsanalysen und Entwicklung für nationale und internationale Projekte im Bereich ETCS sowie Forschung in den Bereichen Zugintegrität und Sicherungstechnik für regionale Anwendungen. Für die Professur für Verkehrssicherungstechnik war er von 2015 bis 2018 als Projektleiter für den Aufbau eines Studiengangs Bahnsystemingenieurwesen in Hanoi, Vietnam tätig. Neben der Konzeption und Durchführung von Lehre und Weiterbildungen im internationalen Bereich ist er auch national als Dozent für Leit- und Sicherungstechnik tätig. Sein Wissen um ETCS floss auch in das Buch „Railway Signalling and Interlocking“ ein.



Stichwortverzeichnis

Symbole

3DES-Verfahren 96

5G-RACOM 490

5G-Rail 489

A

Achslastprofil 163

Advanced Protection System 472

Aktualisierungsbalise 80

Aktualisierungsinformation 84, 87

Allocation Section 479

Analogfunk 37

Ankündigungsbalise 68, 315

Ankündigungskurve 153, 181

Anmeldung im Funknetz 107

Annehmende Zentrale 292

Anzeigeführung 320

Assisted GNSS 454

Asymmetrische Verschlüsselungsverfahren
95

ATO 442

ATO Engagement 421

ATO Operational 420

Aufenthaltsregister 122

Ausführungsbereich 299

Ausrüstungsbereich 372

Ausrüstungsstufe 62

Außenanlagen 35

Ausstieg am Hauptsignal 312

Authentifizierungsschlüssel 98

Authentizität 95

Automatic Driving 226

Automatic Train Operation 210

Automatisches Fahren 414

Autonomes Fahren 414

Axle load Speed Profile 163

B

Bahnkommunikationssystem 37

Bahnnotruf 116

Bahnstromsystem 348

Bahnübergang 172, 293, 383

Balise 75, 79, 273

Balise Transmission Module 71

Balisen-Koordinatensystem 104

Balisengestützte Klasse B-Transition 314

Balisengruppe 79

Balisenkonsistenzprüfung 80, 277

Balisenlesefehler 277

Balisenliste 284

Balisenverkettung 79

Base Station System 118

Baseline 51

Basisstation 119

Basisstationssteuerung 120

Bedingter Nothalt 172

Befehlsfahrt 157

Benannte Stelle 48

Beschleunigung durch die Gradienten 188

Betreiber-Teilsystem 118

Betrieblich-Technisches Zielbild 433

Betriebliche Gefährdungsanalyse 241

Betrieblicher Entwicklungsplan 433

Betriebliches Zielbild 431, 433

Betriebs- und Wartungszentrale 124

Betriebsart 153

Betriebsartenwechsel 153

Betriebsbremsverzögerung 183

Betriebsleitebene 32
 Betriebssteuerungsebene 33
 Bits 81
 Blockkennzeichen 378
 Brake Interface Unit 71
 Bremsart 184
 Bremsaufbauzeit 183
 Bremshundertstel 185
 Bremskurvenparameter 349
 Bremsstellung 184
 Bremsverzögerung 183
 Bremswegsicherheit 187
 Building Information Modelling 403

C

Ceiling Speed Monitoring 191
 Certificate Management Protocol 212
 Certificate Revocation List 212
 Change Control Management 54
 Change Request 54
 Checksummen-Bits 78
 Cold Movement Detection 162, 229
 Common Safety Methods 45, 55
 Common Safety Targets 45
 Conditional Emergency Stop 172
 Consist 447
 Contiguous Track Area 476
 Coordination Function 149

D

Dämpfung 453
 Danger Point 166, 168, 264
 Datenfunkverbindung 87
 Datenpaket 83
 Datenpunkt 273, 370
 Datenpunktplanung 374
 Datenpunkttafel 394

Datenpunkttyp 370
 Datenrekorder 101
 Datensprache 81
 Dezentrale LEU 86
 Dienstgüte 139
 Digitale Planung 402
 Digitaler Befehl 434
 Digitales Testfeld Bahn 483
 Digitalfunksystem 109
 Disposition 32
 Down-link 75
 Drive Protection Section 478
 Driver Machine Interface 63, 71, 102
 Dunkelschaltung 290, 321
 Duplikat 79
 Durchfahren gestörter Funkbereiche 294
 Durchrutschweg 166, 168, 264
 Dynamisches Geschwindigkeitsprofil 165

E

EDOR 118
 Einheitlicher Spezifikationssatz 218
 Einstieg 280, 396
 Einstieg ohne bekanntes rückwärtiges Signal 311
 EIRENE Cab radio 107
 Eisenbahn-Bundesamt 332
 Eisenbahntechnische Ausrüstung 359
 Eisenbahnverkehrssteuerung 31
 Eisenbahnverkehrsunternehmen 336
 Emergency Brake Deceleration Curve 153, 179
 Emergency Brake Intervention Curve 153, 179
 End of Authority 264
 End of Loop Marker 84
 End of Mission 176, 319

- End of Movement Authority 167
 - Entwurfsphase 50
 - ERTMS-Entwicklung 407
 - ERTMS-Funktionsumfang 53
 - ERTMS-Stabilität 407
 - ERTMS-Verbreitung 405
 - Erwartungsfenster 79
 - Estimated acceleration 182
 - Estimated front end 106
 - ETCS data only radio 107
 - ETCS Hybrid Level 3 65, 463
 - ETCS L2 Hybrid Train Detection 463
 - ETCS L2 mit TIMS 486
 - ETCS Level 0 67
 - ETCS Level 1 62
 - ETCS Level 2 64
 - ETCS Level 2 ohne Signale 65
 - ETCS Level 3 65
 - ETCS Level 3 Hybrid 89, 106, 224
 - ETCS Level NTC 66
 - ETCS On-board Unit 101
 - ETCS signalgeführt 249
 - ETCS-Ausrüstungsstrategie 358
 - ETCS-Datensprache 82
 - ETCS-Entitys 97
 - ETCS-Gefahrpunkt 264, 371, 379
 - ETCS-Gleiskante 392
 - ETCS-Halt-Tafel 174
 - ETCS-Lastenheft 240
 - ETCS-Melde- und Kommandoanschaltung 394
 - ETCS-Nothalt 172
 - ETCS-Positions-Tafel 174
 - ETCS-Ready 275, 374
 - ETCS-Sperre 266
 - ETCS-Startlauf 317
 - ETCS-Teilblock 175
 - ETCS-Übersichtsplan 391
 - ETCS-Zentrale 88
 - ETCS-Zusatzschalter 318
 - Ethernet CCS Consist Network 223
 - Eurobalise 75
 - Euroloop 63, 84
 - Europe's Rail Joint Undertaking 409
 - European Deployment Plan 231
 - European Geostationary Navigation Overlay Service 454
 - European Integrated Radio Enhanced Network 109
 - European Leaky Cable 84
 - European Traffic Management Layer 58
 - European Union Agency for Railways 43, 46
 - European Vital Computer 63, 71, 102
 - Extra-Shaping-Bits 78
- F**
- Fahrdienstvorschrift 316, 434
 - Fahrdienstvorschrift für den digitalen Bahnbetrieb 435
 - Fahren im festen Raumabstand 39, 66
 - Fahren im wandernden Raumabstand 39
 - Fahrende Transition 314
 - Fahrstraßenüberwachung 294
 - Fahrt in Nebengleis 297, 400
 - Fahrtbeginn in L2 FS 283
 - Fahrterlaubnis 166
 - Fahrtrichtungswechsel 176
 - Fahrzeugantenne 76
 - Fahrzeugausrüstung 101
 - Fahrzeughöchstgeschwindigkeit 163
 - Fahrzeugseitiger Korrekturfaktor 184
 - Fahrzeugseitiges Teilsystem 101
 - Faseroptische Sensoren 458
 - Feldtest 340

Festdatenbalise 63, 75
 Fixed Block 39
 Fixed Values 168
 Flankenschutz 287
 Form Fit Functional Interface Specifications 72
 Freigabegeschwindigkeit 265
 Frequency Division Multiple Access 112
 FRMCS 110, 125, 489
 FRMCS FFFIS 135
 FRMCS FIS 135
 FRMCS FRS 132
 FRMCS SRS 134
 FRMCS TOBA FRS 134
 FRMCS URS 131
 FRMCS-Testinstallation 489
 Führerraumsignalisierung 63, 65, 175
 Führungsgrößen 103, 154
 Führungskurve 181
 Full Supervision 62, 153, 266
 Functional Interface Specifications 72
 Funk-Nachrichtenkopf 90
 Funk-Teilsystem 117
 Funkaufbaubalise 87, 396
 Funkloch 294, 295
 Funkschnittstelle 118
 Funksendepegel 274
 Funktionale Adressierung 115
 Funktionsrufnummer 115
 Funküberwachung 91, 107
 Funküberwachungszeit 91

G

Gammazugmodell 184
 Geisterzug 466
 Gemeinsame Sicherheitsmethoden 332
 Genehmigung Inverkehrbringen und Verwenden 333

General Packet Radio Service 100, 111
 Generische Funktionsblöcke 138
 Geschwindigkeitsabhängiger Korrekturfaktor 187
 Geschwindigkeitsband 393
 Geschwindigkeitsüberwachung für Neigetechnik 298
 Gleisfreimeldung 443
 Gleisfreiprüfung durch den Tf 173
 Gleiskantengeschwindigkeit 392
 GPRS 113
 Gradiente 170
 Gradienten-Korrekturfaktor 186, 190
 Grenzbalisengruppe 92
 Grenzbetriebsstrecke 346
 Grenzsinal 299
 Großes Metallteil 76, 292, 382
 Ground Based Augmentation System 454
 Gruppenruf 116
 GSM-R 88, 109, 117
 GSM-R-Frequenzen 112
 Guidance Curve 181

H

Hardware-in-the-Loop 340
 Harter Ausstieg 297
 Hauptsinal 375
 Heimatregister 122

I

Identity Access Management 213
 Inbetriebnahmegenehmigung 332, 344
 Inbetriebnahmeverantwortlicher 345
 Indication Status 197
 Indication Supervision Limit 153, 181
 Individuelles statisches Geschwindigkeitsprofil 164

Infill 87

Infill-Balise 80

Infill-Information 63

Information zu Bahnübergang 172

Infrastructure Information Modelling 403

Infrastrukturdaten 170

Integrated European Signalling System 58

Integrationstest 342

Interconnection 111, 150

Interoperabilität 38

Intervention Status 197

Ionosphärenfehler 454

Ionosphärenkorrektur 454

IP-Datennetz 100

Isolation 162, 268

J

Jamming 138, 454

Journey Profile 420, 425

K

Kanalteilung 113

Key Management System 94, 97

Kodierung 78

Kommunikationssitzung 91, 107

Komponententest 341

Konformitätstest 341

Kontroll-Bits 78

Konventionelle Signalisierung 174

Konvertierungsmodell 185

Kooperative MA-Kürzung 328

Koordinatensystem 79

Korrekturfaktor 187

Kostenberechnung 395

Kostenschätzung 395

Kryptografische Schlüssel 94

Kurztelegramm 77

L

Labortest 340

Lambdazugmodell 185

Langtelegramm 77

Last Relevant Balise Group 104

Lastenheft ESG 240

LC mode 146

Leckwellenleiter 84, 120

Leistungsphase 360

Leitungsvermittlung 112

Level 1 FS-Gateway 353

Level Transition Order 68

Levelgrenze 299

Levelwechsel 68

Lichtschutz 288

Lichtwellenleiter 458

Limit of Movement Authority 167

Limited Radio Block Centre 492

Limited Supervision 63, 154

Lineside Electronic Unit 62, 86, 274

Local Binding 145

Location Marker Board 174

Loop Modem 84, 85

Loop Transmission Module 71

Luftschnittstelle „A“ 76, 85, 86

M

MA-Anforderungszyklus 166

Maintenance and Data Management 213

Maintenance Release 52

Maßgebende Gefahrstelle 168, 264

Max safe front end 105

Max safe rear end 106

Maximale Position der Zugspitze 105

Media Gateway 123

Mehrwegeausbreitung 453

Metallwarndatenpunkt 382

Migrationsphase 38
 Migrationssystem 49
 Min safe front end 105
 Min safe rear end 106, 444
 Mindestabstand Datenpunkte 371
 Minimale Position der Zugspitze 105
 Mischbetrieb 174
 Mission Critical Services 126, 141
 Mobile Communication Gateway 148
 Mobile Oriented Radio Network 109
 Mobile Station 118
 Mobilfunkgerät 118
 Mode Profile 172
 Movable Object 477
 Movement Authority 62, 88, 166
 Movement Permission 477
 Moving Block 39, 65, 462, 486
 MSC-Server 123

N

Nachricht 83
 Nachrichtenkonsistenz 80
 Nachrichtenkopf 86
 National System 160, 268
 National Technical Rules 51
 National Value 67, 168
 Nationale Technische Regeln 333
 Nationaler Umsetzungsplan 231
 Nationaler Wert 168
 Neigetechnik 276
 Neigungsband 393
 Neigungsprofil 170
 Network Slicing 137
 Network Switching System 121
 Network Time Protocol 212
 Netzeinwahldatenpunkt 396
 Netzmanagementzentrale 124

Netzscheiben 137
 No Power 162, 269
 Non Leading 159
 Normal Status 197
 Notifizierte technische Vorschriften 332
 Notifizierung 46

O

Obsoleszenzphase 124
 OCORA 223
 OCSP Must-Staple 96
 OCSP Stapling 96
 Odometrie 104
 Offline Key Management 98, 99
 On Sight 155, 267
 On-board Recording Device 71
 On-board-Referenzarchitektur 223
 Online Certificate Status Protocol 95, 212
 Online Key Management 98
 Open CCS On-board Reference Architecture 208
 Optomanuelle Schnittstelle 401
 Ort des Levelwechsels 299
 Ortsabhängige Adressierung 115
 Ortungsdatenpunkt vor dem Einstieg 396
 Ortungsungenauigkeit 105
 Ortungsverfahren 104
 Over-reading 444
 Overlap 168, 264
 Overlay 462
 Override 157, 265
 Overspeed Status 197

P

Paketkopf 83
 Paketvermittlung 113
 Passing Point 425

Passive Shunting 159
Pegelschwankungen 113
Pegelverlauf 113
Permissivhalt 174
Permitted Braking Distance 163
Permitted Speed Supervision Limit 153, 181
Perturbation Location 167
PKI-Architektur 95
Planning Area 198
Planning Area Speed Profile 199
PlanPro 402
PlanPro-Werkzeugkoffer 403
Planungsablauf 359
Planungstoleranz 372
Planungsvoraussetzungen 373
Plausibilitäts- und Zulässigkeitsprüfung 403
Position der Zugspitze 106
Position des Fahrzeugs 278
Position Report 106
Positionsmeldungen 106
Post Trip 158, 268
Priorisierung 117
Prioritätenliste 298
Produktionsphase 50
Projektphasen 360
Prozedur 175
Pseudoliten 454
Public Key Infrastructure 95, 98
Punktförmige Zugbeeinflussung 37

R

Radio Access Network 127
Radio Block Centre 64, 65, 88
Radio Infill Unit 63, 87
Rail2X 484
Railway Mobile Radio 49, 58, 109
Railway-Vermittlungsstelle 122

Rangierbereichsgrenze 156
Rangiersperrdatenpunkt 156
RBC-RBC-Übergang 92, 385
Referenzposition 105
Regulärer Ausstieg 297, 312, 399
Release Speed 265
Release Speed Monitoring 194
Reverse Movement Protection 200
Reversing 158, 269
Risikoanalyse 241
Road Site Units 484
Roaming 111, 138
Roll Away Protection 200
Rotierende Massen 186, 188
Rückfallebene 328, 331
Rückwärtsfahrerschutz 200

S

Safety 204
Safety of Life 454
Sammelruf 116
Satellite Based Augmentation System 454
Satellitenortung 453
Schattenzug 466
Schlüsselaustausch 98
Schnellbrems-Ablaufkurve 153, 179
Schnellbrems-Einsatzkurve 153, 179
Schnellbremsaufbauzeit 183
Schnellbremsvertrauensintervall 184, 187
Schnellbremsverzögerung 183
Schnittstelle „C“ 76, 84, 86
Schnittstelle „C_L1“ 86
Schnittstelle „S“ 76, 86
Schutzziel 438
Schwächen 176, 291
Scrambling-Bits 78
Security 204

- Security-Level 203
- Segment Profile 420, 423
- Sektorleitlinie 333
- Serious Gaming 441
- Service Brake Deceleration Curve 153, 179
- Service Brake Intervention Curve 153, 179
- Sessionschlüssel 98
- Shaping-Bits 78
- Shared Security Services 212
- Shunting 156
- Sichere Funkverbindung 107
- Sichere Schnellbremsverzögerung 188
- Sicherheitsbewertungsbericht 339
- Sicherheitsbezogene
Anwendungsbedingungen 338
- Sicherheitsmanagementsystem 56
- Signalsystem 35
- Single European Railway Area 46
- SLC mode 147
- Sleeping 159
- Software-in-the-Loop 340
- Sollgeschwindigkeitskurve 153, 181
- Sollgeschwindigkeitsüberwachung 191
- Später Einstieg 281, 377
- Specific Transmission Module 66
- Spezifikationsgruppen 52
- Spoofing 454
- SR-Autorisierung 158
- SR-Geschwindigkeit 157
- Staff Responsible 157, 267
- Stand By 161
- Standard Communication Interface 95
- Standard Maintenance Interface 213
- Standardablauf 175
- Standardisierung 38
- Standardwert 169
- Standstill Supervision 200
- Stärken 176, 291
- Start mit Befehl 285
- Start of Mission 167, 176, 317
- Startlauf 167
- Static Speed Profile 163
- Statische Streckeneigenschaften 394
- Statisches Geschwindigkeitsprofil der
Strecke 163
- Stellwerk 34
- Stillstandsüberwachung 200
- STM European 160
- Stop Marker Board 174
- Stopping Point 425
- Streckenbedingungen 171
- Streckenzugungskriterien 171
- Subscriber Identity Module 118
- SUBSET 51, 72
- Supervised Location 168
- Supervised Manoeuvre 226
- System Failure 162, 269
- System Requirement Specification 50
- Systemanforderungsspezifikation 50
- Systemtest 342
- Systemversion 51, 351, 220
- T**
- Tabelle der Ein- und Ausstiege 394
- Target Speed Monitoring 192
- TC mode 145
- Technical Specifications for Interoperability
47
- Technische Spezifikationen für die
Interoperabilität 332
- Technische Vorschriften 332, 333
- Technisches Zielbild 433
- Technologie- und Entwicklungsplan 433
- Teillastenheft 240

Telegramm 83
Telegrammaufbau 86
TEN-Kernnetzkorridor 231
Textnachricht 171
Time Division Multiple Access 112
Timing Point 423
Track ahead free request 173
Track Edge Section 476
Traction Cut Off 181
Trägerflexibilität 137
Train Integrity Monitoring System 443
Train Interface Unit 71
Transeuropäische Netze für Verkehr 56
Transition 68, 298
Transitionsdatenpunkt 69, 299, 315
Transparentdatenbalise 63, 75
Transport- und Anwendungsprotokolle 95
Transportschlüssel 98
Trip 158, 268
Trusted area 279, 378
TSI Locomotives and Passengers 333
TSI – offener Punkt 51
TSI-Anwendung 50
TSI-Konformität 50

U

Übergabe-RBC 92
Übergangsregelung 228
Übernahme-RBC 92
Übertragung Nationaler Werte 388
Übertragungsverfahren 77
Überwachung der Funkverbindung 276
Überwachungsarten 178
Unbedingter Nothalt 172
Unconditional Emergency Stop 172
Under-reading 444
Unfitted 161, 269

Union Industry of Signalling 61
Untergewerk 359
Unterhaltskosten 39
Up-link 75, 76
Ursprünglicher Bewertungsrahmen 50
Usage Restriction Area 479

V

Variable 82
Verfügbarkeit 274
Verkettung 79
Verkettungsinformation 79
Verkettungskonsistenz 80
Verlegetoleranz 372
Vermittlungs-Teilsystem 117, 121
Vermittlungsstelle 122
Vertrauensintervall 105
Vertrauenswürdiger Bereich 279
Verzögerung durch die Gradienten 188
Virtual Balise Cover 173, 343
Virtual Balise Reader 455
Virtual Block 462
Virtuelle Balisen 455
Virtuelle Blockfunktion 487
Virtuelle Kupplung 485
Vollbrems-Ablaufkurve 153, 179
Vollbrems-Einsatzkurve 153, 179
Vollbremsaufbauzeit 183
Vollbremsverzögerung 183
Vorschaubereich 103, 198
Vorübergehende Langsamfahrstelle 163

W

Wandernder Raumabstand 65
Warning Area 480
Warning Status 197
Warning Supervision Limit 153, 181

Warnkurve 153, 181

Wegmessfehler 105

Wegrollschutz 200

WLANp 484

Z

Zeitüberschreitung 166

Zentrale LEU 86

Zertifizierungsrahmen 50

Zielgeschwindigkeitsüberwachung 192

Zufahrtssicherungssignal 281, 330

Zugdaten 169, 318

Zugdeckungssignal 291

Zugfunkgerät 107, 118

Zugintegritätsprüfung 65

Zugintegritätsstatus 444

Zuglängenabhängiger Korrekturfaktor 187

Zusatz-Bremssystem 185

Zwangsbremmung 268

Inserentenverzeichnis

CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik GmbH, Dresden	U2
DWV Media Group GmbH, Hamburg	U3
GRT Global Rail Academy and Media GmbH, Leverkusen	4, 381, 419, 439
Knick Elektronische Messgeräte GmbH & Co. KG, Berlin.....	103
MTM Messtechnik Mellenbach GmbH, Schwarzatal	337

Das European Train Control System (ETCS) wird das vorherrschende Zugbeeinflussungssystem der Zukunft. Dieses Buch bietet einen umfassenden Einblick in das System allgemein sowie dessen Realisierung in Deutschland. Es spannt den Bogen von den europäischen Spezifikationen über die deutschen Lastenhefte bis zur Planung von ETCS. Ein Blick in die Zukunft rundet den Inhalt ab. So bietet das Werk die bisher umfassendste geschlossene Darstellung von ETCS in Deutschland.

Schwerpunkte des Werks sind:

- ETCS-Referenzarchitektur
- Betriebliche Funktionalitäten und Überwachungsfunktionen
- Deutsche Umsetzung von ETCS
- Planung von ETCS L2 in Deutschland
- Technologische Innovationen

Die 2. Auflage wurde vollständig überarbeitet und bietet jetzt auch Informationen zur zukünftig angewendeten Baseline 4 sowie dem neuen Funkstandard FRMCS. Die deutsche Umsetzung sowie die Planung wurden auf die aktuellen Versionen von Lastenheften und Richtlinien angepasst. Einige Aspekte, die in der ersten Auflage noch unter „Technologische Innovationen“ geführt wurden, gingen in die reguläre Beschreibung über; dafür wurden neue Themen in den Ausblick aufgenommen, wie ATO mit ETCS, Zugintegrität, zugorientierte Sicherungslogik und die zukünftige betriebliche Umsetzung.

Die meisten Autoren sind in der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden oder ihrem Umfeld tätig und beschäftigen sich seit vielen Jahren in Forschung und Lehre mit ETCS. Weitere Autoren sind Mitarbeiter der Deutschen Bahn. Der Leser erhält somit einen praxisorientierten Stand von Wissenschaft und Technik.

Das Werk richtet sich an alle Fachleute, die sich jetzt oder zukünftig mit ETCS beschäftigen – in Entwicklung, Planung, Ausführung und Betrieb, egal, ob es sich dabei um operative Arbeit, Bildung, Aufsicht oder Management handelt. Es bietet nicht nur dem Einsteiger das ganze Wissensgebiet als ingenieurwissenschaftliches Lehrbuch, sondern eignet sich durch die modulare Struktur auch als Kompendium für Fortgeschrittene.

EXTRA: Dank des kostenlosen enthaltenen E-Books stehen Nutzern eines Endgeräts mit PDF-Reader (PC, Tablet, Smartphone) die Inhalte des Werks auch elektronisch und mit Suchfunktion zur Verfügung.

ISBN 978-3-96245-263-6



9 783962 452636