

Praxiswissen für Triebfahrzeugführer und Fahrdienstleiter

Grundlagen

„ETCS im Bahnbetrieb“ (Teil 2)



Balise im Gleisbett

Foto: DB AG/Max Lautenschläger

EURAIL-Ing. Marcel Jelitto, M.Sc., Spezialist ETCS-Systementwicklung,
DB InfraGO AG, Frankfurt am Main

Im ersten Beitrag wurden die Grundlagen des europäischen Zugbeeinflussungssystems beschrieben. In diesem Folgebeitrag geht es um die erforderliche strecken- und fahrzeugseitige Ausrüstung, die für das Fahren mit ETCS erforderlich ist.



Streckenausrüstung

Die Ausrüstung der Strecke ist grundsätzlich abhängig vom ETCS-Level (vgl. Teil 1 dieser Reihe), das der Infrastrukturbetreiber festlegt.

Am „auffälligsten“ sind die im Gleis verlegten Balisen (auch als „Eurobalise“ bezeichnet – Im betrieblichen Regelwerk wird der Begriff „Balise“ verwendet). Diese sind in sog. Balisengruppen gebündelt. Je nach Funktion und Aufgabe können Balisengruppen aus einer oder mehreren Balisen (bis zu acht) verlegt sein. Mindestens zwei Balisen sind erforderlich, um fahrtrichtungsbezogene Information zu übermitteln. Balisen sind ein wesentlicher Bestandteil der in Deutschland genutzten ETCS-Level (siehe Titelbild).

Beim Befahren einer im Gleis verlegten Balisengruppe wird diese durch die Balisenantenne des Fahrzeugs induktiv mit Energie versorgt. Sie sendet daraufhin ihre Balisennachricht. Diese besteht aus einem Telegramm je Balise. Jedes Telegramm kann mehrere Pakete enthalten. Diese Pakete definieren das kleinste sinnvolle Informationsbündel.

Bei den Balisen wird zwischen schaltbaren („Transparentdatenbalisen“) und nicht-schaltbaren Balisen („Festdatenbalisen“) unterschieden. Innerhalb einer Balisengruppe können diese Balisen miteinander kombiniert werden. Wie sich diese unterscheiden, zeigt Tabelle 1.

Die Balisen erfüllen in den Systemen ETCS-Level 1 und 2 teilweise unterschiedliche Funktionen (Tabelle 2).

Quelle: Marcel Jelitto

Schaltbare Balisen	Nicht-schaltbare Balisen
Die Informationen sind abhängig vom Zustand des angeschlossenen Akteurs (bspw. Signal mit unterschiedlichen Signalbegriffen).	Die Informationen sind fest einprogrammiert.
Es können damit unterschiedliche Telegramme versendet werden.	Es werden immer die gleichen Telegramme an das Fahrzeug gesendet.
Erfordern eine Verkabelung und eine Lineside Electronic Unit (LEU)	Es ist keine Verkabelung notwendig.
Die Lineside Electronic Unit (LEU) greift die Informationen des angeschlossenen Akteurs ab (bspw. Signalinformationen) und sendet für jeden Zustand (bspw. Signalbegriff) ein spezifisches Telegramm an die schaltbare Balise.	

Tabelle 1: Unterschiede schaltbare und nicht-schaltbare Balisen

Quelle: Marcel Jelitto

Balisen in ETCS-Level 1 LS (ETCS signalgeführt – ESG)	Balisen in ETCS-Level 2
Nur Balisengruppen aus mehreren Balisen (bei DB InfraGO mind. zwei, maximal acht)	Balisengruppen mit ein bis zwei (bis zu acht) Balisen
Überwiegend schaltbare Balisen	In der Regel nicht-schaltbare Balisen
Übertragen sämtliche Informationen, die zum Betrieb notwendig sind.	Dienen vorrangig als Ortungspunkt, damit Fahrerlaubnisse durch die ETCS-Zentrale erzeugt werden können. Sie übertragen ferner bspw. Verbindungsinformation zur ETCS-Zentrale. Enthalten ggf. zusätzliche Information, die in der Rückfallebene oder zum Aufstarten ⁽¹⁾ benötigt wird. Weiterhin gibt es spezielle Anwendungsfälle, bspw. Bahnübergänge der Bauform ÜS.
Balisen sind nur in besonderen Fällen verlinkt ⁽²⁾	Balisen sind in der Regel verlinkt
Beispiel Hauptsignal: 250 m vor und unmittelbar am Signal übermitteln schaltbare Balisengruppen jeweils eine Information entsprechend dem Signalbegriff	Beispiel Hauptsignal (bzw. Ne 14): 300 m vor dem Signal und ggf. nochmals 50 m vor dem Signal übermitteln nicht-schaltbare Balisengruppen eine Information zur Ortungskennung (Identifikationsnummer). Unmittelbar am Signal überträgt eine Balisengruppe eine Information ebenfalls mit einer Ortungskennung sowie zusätzlich einem Paket, das Züge in Betriebsart SR bremst (Zwangsbremmung mit Wechsel in die ETCS-Betriebsart Trip).

Tabelle 2: unterschiedliche Funktionen der Balisen in ETCS-Level 1 und 2

Bei der beschriebenen Ortungsfunktion werden in die Balisen keine festen Kilometerangaben projiziert. Stattdessen überträgt die Balise eine Kennnummer, die – im ETCS-Level 2 – vom Fahrzeug an die ETCS-Zentrale übermittelt wird. Diese kann im sogenannten Streckenatlas, in dem die Balisen einer Gleiskante^[9] zugeordnet werden, die Position des Zuges ermitteln. Daraus ermittelt die ETCS-Zentrale Balisenlisten mit Entfernungsangaben, die dem Fahrzeug übermittelt werden. Aus diesen Informationen kann auch das Fahrzeug feststellen, welche Balisen in welchem Erwartungsfenster angetroffen werden.

Die Rückstellung der fahrzeugseitigen Odometrie^[4] erfolgt durch die Verlinkung der Balisen. Dazu

übermittelt die ETCS-Zentrale – oder bei ESG in besonderen Fällen die vorherige Balisengruppe – eine sogenannte Linking-Information, die Abstandsangaben zu den nächsten Balisen enthält. Hierdurch wird die Odometrie regelmäßig korrigiert.

Zusätzliche Ausrüstung auf Strecken mit ETCS-Level 2

Zur weiteren streckenseitigen Ausrüstung gehört beim ETCS-Level 2 das (Neben-)Signal Ne 14. Das Signal Ne 14 (Abbildung 1) befindet sich am Standort von Hauptsignalen oder, bei ETCS-Level 2 ohne Lichthauptsignalen, an Standorten von virtuellen Hauptsignalen und schützt den nachfolgenden

Abbildung 1:
Balisen und Signal Ne 14



Foto: DB AG/Frank Kniestedt

Gefahrenbereich (bspw. Weichen einer Überleitstelle). Das Signal Ne 14 kennzeichnet eine Ganzblockgrenze.

Das Signal Ne 14 „ETCS-Halt-Tafel (ETCS Stop Marker)“ gebietet gemäß Ril 301.1401 „Halt für Züge in ETCS-Betriebsart SR“. Das Signal Ne 14 kennzeichnet somit die Stelle, vor der Züge in der ETCS-Betriebsart SR anhalten müssen.

Ein alleinstehendes Signal Ne 14 gebietet – gemäß Ril 301.1401 – ferner Halt:

- für Züge, die nicht in der ETCS-Betriebsart FS oder OS verkehren
- für Rangierfahrten
- für Kleinwagenfahrten

Bei ETCS-Level 2 können die Strecken auch in Teilblöcke unterteilt werden, um die Streckenkapazität zu erhöhen (vgl. Teil 1 dieser Reihe). Um die Teilblockgrenzen zu kennzeichnen, werden Blockkennzeichen (ETCS Location Marker) verwendet (Abbildung 2).

Sie unterscheiden sich in ihrer Darstellung gegenüber den bisherigen Blockkennzeichen auf LZB-Strecken, die durch einen schwarzen Kreis auf weißem Grund gekennzeichnet waren. Diese sind auf einigen ETCS-Level 2-Strecken aber auch noch anzutreffen.

Signale Ne 14 sowie die Blockkennzeichen sind in ETCS-Level 2 erforderlich. Neben den Balisen und Signalen Ne 14 ist in ETCS-Level 2 eine ETCS-Zentrale (Radio Block Center, RBC) notwendig, um die Fahrtinformation über GSM-R zu übertragen.

Die ETCS-Zentrale erhält die Information zur Stellung der Weichen und Signale des Fahrwegs über eine Schnittstelle vom Stellwerk, erzeugt daraus eine ETCS-Fahrterlaubnis (auch als „MA“, Movement Authority, bezeichnet) und sendet diese über Funk an das Fahrzeug. Das Fahrzeug dagegen sendet zeit- und wegabhängig eine Information u. a. zur aktuellen Geschwindigkeit, Betriebsart und Position (Position-Report) an die ETCS-Zentrale.

Wird die Funkverbindung zwischen Fahrzeug und der ETCS-Zentrale in den ETCS-Betriebsarten FS und OS unterbrochen, versucht das Fahrzeuggerät gemäß dem nationalen Wert, eine neue Funkverbindung zur ETCS-Zentrale herzustellen. Gelingt dies nicht innerhalb von 40 Sekunden, wird eine Zwangsbetriebsbremsung bis zum Stillstand eingeleitet.^[5]

Diese Informationen werden im ETCS-Fahrergerät (siehe unten) ausgewertet, die jeweiligen Bremskurven errechnet und überwacht. Die Werte werden dem Triebfahrzeugführenden (Tf) als Führungsgrößen (Vsoll, Vist und Zielentfernung) am Multifunktionsdisplay (MFD) angezeigt.

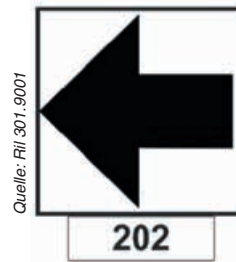


Abbildung 2:
Beispiel für ein
Blockkennzeichen
(ETCS Location Marker)

Abschließend ist für Level 2 noch ein Schlüsselmanagement erforderlich, um eine sichere Funkverbindung zwischen den GSM-R-ETCS-Funkmodulen im Fahrzeug und der ETCS-Zentrale aufbauen zu können.

Fahrzeugausrüstung

Das ETCS-Fahrergerät mit dem EVC (European Vital Computer) ist das Herzstück von ETCS auf den Fahrzeugen. Es berechnet u. a. die Bremskurven und überwacht die Fahrt des Zuges. Daran angeschlossen ist z. B. das DMI (Driver Machine Interface) als Schnittstelle zwischen Tf und Fahrzeug. Das DMI beinhaltet u. a. das MFD als Eingabe- und Anzeigegerät für den Tf.^[6]

Was ist eine ETCS-Fahrterlaubnis?

Eine ETCS-Fahrterlaubnis wird in Level 2 von der ETCS-Zentrale an das Fahrzeug gesendet. Sie enthält insbesondere folgende Angaben:

- Informationen zum Ende der ETCS-Fahrterlaubnis
- Informationen zu einem möglichen Gefahrenpunkt hinter dem Ende der Fahrterlaubnis
- Ende des Durchrutschweges, sofern dieser vorgesehen ist
- Mögliche Release-Speed zur Annäherung an einen ETCS-Halt
- Zulässige Maximalgeschwindigkeit, ggf. unterteilt in unterschiedliche Abschnitte

Was ist ein ETCS-Halt?

An diesem Punkt endet die ETCS-Fahrterlaubnis (vgl. mit einem LZB-Halt).

Was ist die Release Speed?

Mit dieser – von den örtlichen Verhältnissen festgelegten Geschwindigkeit – kann ein Zug bis an einen ETCS-Halt fahren, um Ortungsungenauigkeiten auszugleichen. Die Release Speed wird mit der ETCS-Fahrterlaubnis an das Fahrzeug übertragen und beträgt 0 bis max. 15 km/h.

Um Balisen zu lesen, ist eine Balisenantenne erforderlich. Das Fahrzeug verfügt ferner über GSM-R-Datenantennen, um Information von der ETCS-Zentrale empfangen zu können. Eine Speicherung der Fahrdaten erfolgt durch die JRU (Juridical Recording Unit) bzw. ORD (On-Board Recording Device).

Bei ETCS ist die Information zum zurückgelegten Weg ganz besonders wichtig. ETCS muss genau wissen, wo sich das Fahrzeug befindet, um zu überwachen, wie weit es welche Geschwindigkeit (noch) fahren darf.

Dazu ist eine fahrzeugseitige Odometrie erforderlich, die aus mehreren Sensoren verschiedener Typen besteht. Diese kann fahrzeugseitig unterschiedlich ausgestaltet sein, bspw. durch Wegimpulsgeber oder ein Radar.

Durch Schlupf oder Verringerung des Radumfangs können Messfehler auf Seiten des Fahrzeuges auftreten, weshalb – wie bereits beschrieben – eine regelmäßige Korrektur der Messwerte durch das Befahren von Balisen erfolgt.

Tabelle 3:
Einige Unterschiede
zwischen LZB und
ETCS-Level 2

LZB	ETCS-Level 2
Eine Aufnahme in die LZB erfolgt erst nach Befahren der Anfangsschleifen bzw. am Bereichskennungswechsel.	Aufnahme auch im Stand des Zuges möglich (so auch vor Beginn der Zugfahrt).
Die Bremskurve wird – gemäß den Zugdaten und der von der LZB-Streckenzentrale übermittelten Gefällestufe – vom Fahrzeug aus Tabellen (Bremstafeln) ausgewählt. ^[9]	Das Fahrzeuggerät berechnet – gemäß den Zugdaten und dem von der ETCS-Zentrale übermittelten streckenseitigen Geschwindigkeits- und Neigungsprofil – die zugspezifischen individuellen Bremskurven und berücksichtigt dabei auch die Bremsentwicklungszeiten des Zuges.
	Eine Release Speed ermöglicht ein langsames Heranfahren an einen ETCS-Halt.
Umfangreiche Ausrüstung, wie Verkabelung der Strecke erforderlich (bspw. mit Linienleitern).	Reduzierte Ausrüstung der Strecke (bspw. nicht-schaltbare Balisen, Funk).
Anzeige der Führungsgrößen (Vsoll, Vist und Zielentfernung) sowie LZB-Aufträge.	In den ETCS-Betriebsarten FS/OS: Anzeige der Führungsgrößen (Vsoll, Vist und Zielentfernung) sowie weiterer Daten im Vorschaubereich. Anzeige der Release Speed (Überwachungsgröße), Symbole (ETCS-Level, ETCS-Betriebsart, Funkverbindung, ETCS-Streckeneigenschaften und ETCS-Aufträge). Farbige Ankündigung der entsprechenden Bremskurven.
Bei der Zugdateneingabe müssen die vorhandenen Brh gemäß den Einstelltabellen des Fahrzeuges eingegeben werden, bspw. vorhandene Brh 211 = Einstellwert BRH 200.	Bei der Zugdateneingabe werden die vorhandenen Brh direkt eingegeben.
Lichthauptsignale an Ganzblockgrenzen erforderlich. Ganzblockabschnitte können durch Teilblocksignale (Orientierungszeichen) unterteilt werden.	Ganzblockgrenzen können durch Nebensignale (Ne 14) gekennzeichnet werden. Ganzblockabschnitte können durch Teilblocksignale (Orientierungszeichen) unterteilt werden.
Rückfallebene bei Ausfall der Anzeigeführung: PZB.	Rückfallebene bei Ausfall der Anzeigeführung: Betriebsart SR (entspricht signalgeführter Fahrt).

Quelle: Marcel Jelitto

Tabelle 4:
Farben am Tachokreis
des MFD für die
Bremskurven

Bremskurve	Farbe des Tachokreises
Sollgeschwindigkeit	Graue Farbe
Bremsvorankündigung (Ankündigungskurve)	Weißer Farbe, ca. 10 Sekunden vor Anstoß an Sollbremskurve (nur bei Fz der Spezifikationsgruppe #2 ^[12]); Ankündigung mit Aufmerksamkeitsstön.
Bremsankündigung (Sollgeschwindigkeitskurve)	Gelbe Farbe, mind. 5 Sek (Fz der Spezifikationsgruppe #2) und mind. 9 Sek. (Fz der Spezifikationsgruppe #3 und Baseline 4) vor Anstoß an Sollgeschwindigkeitskurve. Orange Farbe, zusätzlich ertönt ein Warnton, wenn die Sollgeschwindigkeitskurve überschritten wird.
Warngeschwindigkeit (Warnkurve)	Orange Farbe, zusätzlich ertönt ein Warnton, bei Überschreitung der Sollgeschwindigkeitskurve ca. 2 Sek vor Anstoß an die Vollbrems- bzw. Schnellbremseinsatzkurve.
ETCS-veranlasste Bremsung ^[13] (Vollbrems- oder Schnellbremseinsatzkurve)	Rote Farbe, zusätzlich ertönt ein Warnton.

Quelle: Marcel Jelitto

Die Informationen werden im ETCS-Fahrzeuggerät ausgewertet. Das ETCS-Fahrzeuggerät errechnet daraus – in Abhängigkeit der eingegebenen Zugdaten, des Bremsmodells und den nationalen Werten der Infrastruktur zugspezifisch eine Schar von Bremskurven und überwacht deren Einhaltung.

Dabei werden diese Bremskurven unterschieden:

- **Schnellbremsablaufkurve (EBD):**
Beschreibt den zu erwartenden Verlauf einer Schnellbremsung unter Berücksichtigung der vollen Bremswirkung. Die EBD darf nicht überschritten werden, weil diese direkt bis zum Gefahrenpunkt führt. Sie selbst löst keine Reaktion auf dem Fahrzeug aus, dafür ist die EBI erforderlich.
- **Schnellbremseinsatzkurve (EBI):**
Erforderlich, um das Fahrzeug an der EBD ablaufen zu lassen. Die EBI löst eine Zwangsbremmung aus. Sie ist der EBD vorgelagert, damit diese keinesfalls überschritten wird.
- **Vollbremsablaufkurve (SBD):**
Beschreibt den Verlauf einer Vollbremsung, wird für Zielbremsungen auf einen ETCS-Halt berechnet. Sie löst keine Reaktion auf dem Fahrzeug aus, dafür ist die SBI erforderlich.
- **Vollbremsbremseinsatzkurve (SBI):**
Erforderlich, um das Fahrzeug an der SBD ablaufen zu lassen.
- **Warnkurve (W):**
Der Tf wird vor einem unmittelbar bevorstehenden Bremseneingriff durch Überschreiten der SBI gewarnt.
- **Sollgeschwindigkeitskurve (P):**
Bildet die berechnete Sollgeschwindigkeit ab und wird dem Tf als Führungsgröße im MFD angezeigt. Sie kann durch das Eisenbahnverkehrsunternehmen mittels Führungskurve (Guidance Curve – GUI) abgeflacht werden, um bspw. verschleißarmes Bremsen zu fördern.
- **Ankündigungskurve (I):**
Der Tf wird auf einen in Kürze erforderlichen Bremsvorgang hingewiesen.^[7]

Im Hinblick auf mögliche Kapazitätssteigerungen kommt der Modellierung der Bremskurven eine hohe Bedeutung zu.^[8]

Unterschiede zur linienförmigen Zugbeeinflussung (LZB)

Anzeigegeführt zu fahren ist im Bahnbetrieb nichts Neues – die LZB ist schon seit vielen Jahren im Betrieb und führt die Züge im Bestandsnetz, bspw.

auf Neubaustrecken mit bis zu 300 km/h. Einige Unterschiede zwischen der LZB und ETCS-Level 2 zeigt Tabelle 3.

Darstellung und Bremskurven am MFD bei ETCS-Level 2

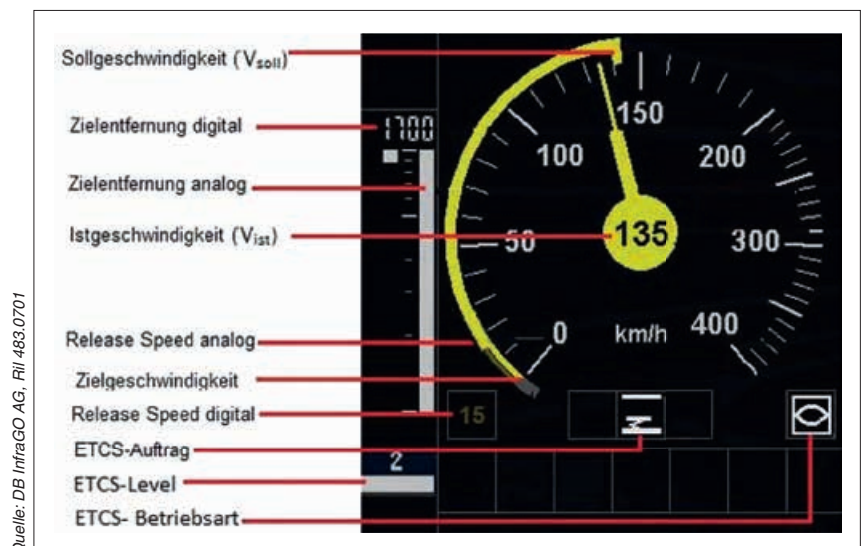
Für den Tf ist das MFD der wichtigste Bestandteil der fahrzeugseitigen ETCS-Ausrüstung. Es dient ihm zur Auswahl bzw. zum Eingeben von Daten (bspw. Zugdaten), ferner der Anzeige relevanter

Abbildung 3: Beispiel für ein MFD



Quelle: DB InfraGO AG, Ril 483.0701

Abbildung 4: Beispiel von MFD-Anzeigen für ETCS-Level 2 in der ETCS-Betriebsart FS



Quelle: DB InfraGO AG, Ril 483.0701

Information. Das MFD gibt es als Softkey-Variante oder als Touchscreen-Variante.

Die Darstellungen am MFD sind durch die Spezifikation vorgegeben und verbindlich.^[10]

Die Darstellung am MFD ist zweigeteilt: Auf der linken Seite ist u. a. die Geschwindigkeitsanzeige dargestellt, über die dem Tf auch die ETCS-Level und weitere Information und Aufträge angezeigt werden.

Auf der rechten Seite findet der Tf insbesondere einen Vorschaubereich, der bei Anzeigeführung Information zur Strecke überträgt, bspw. Geschwindigkeitswechsel oder Neigung (Abbildungen 3 und 4).

Bestimmte Aufträge müssen durch den Tf quittiert werden, bspw. ein Levelwechsel.

Es wurde bereits darauf eingegangen, dass ETCS fahrzeugseitig verschiedene Bremskurven berechnet und permanent überwacht. Die Farben am Tachokreis (nur in der ETCS-Betriebsart FS) und der Tachonadel können dabei – abhängig von der Soll- und Ist-Geschwindigkeit – in unterschiedlichen Farben angezeigt werden (Tabelle 4).^[11]

Wie sieht ETCS beim Fahrdienstleiter aus?

Wie bereits beschrieben, überträgt das Stellwerk die Information über Weichen und Signale der eingestellten Fahrstraße an die ETCS-Zentrale, welche daraus die ETCS-Fahrerlaubnis erstellt und an das Fahrzeug sendet. Dies erfolgt ohne weitere Mitwirkung des Fahrdienstleiters (Fdl).

Der Fdl verfügt im ESTW/DSTW über eine separate ETCS-Bedienoberfläche. Darüber ist es möglich, Restriktionen (Langsamfahrstellen) und ETCS-Sperren (Bereiche, die ein Zug nicht ETCS-geführt durchfahren darf) einzugeben. Die ETCS-Bedienoberfläche zeigt dazu eine topologische Darstellung der ETCS-Zentrale an. Auch kann er über die Bedienoberfläche Informationen abrufen, bspw. über die in ETCS geführten Züge.

Ausblick

Durch die Automatic Train Operation (ATO) kann in Verbindung mit ETCS perspektivisch ein automatisierter Bahnbetrieb durchgeführt werden. Für die Nutzung von ATO ist eine Fahrt in der ETCS-Betriebsart FS erforderlich, um dann in die ETCS-Betriebsart AD (Automatic Driving) zu wechseln, wenn ATO aktiv ist und die Geschwindigkeitsregelung übernimmt. Durch ATO wird u. a. eine Erhöhung der Kapazität sowie eine Senkung des Energieverbrauchs angestrebt.

Die Automatisierungsgrade – bezeichnet als „GoA“ (Grade of Automation; Stufen der Automatisierung) – werden in der IEC 62290-1 für den schienengebundenen städtischen Verkehr (z. B. Metro) definiert und unterteilen sich in vier Stufen GoA1 bis GoA4, wobei GoA4 dem höchsten Automatisierungsgrad entspricht. Dabei bietet GoA2 schon viele Vorteile, weshalb eine Umsetzung bei der DB angestrebt wird. Parallel wird auch an der Entwicklung von GoA3 und 4 gearbeitet.

Die ATO übernimmt ab GoA2 nach Anforderung durch den Tf die Geschwindigkeitsregelung des Zuges bis zum nächsten Zielpunkt. Anhand zeitlicher und räumlicher Zielpunkte ist dadurch eine vorausschauende Fahrweise möglich. Der Tf ist dabei stets für die Überwachung verantwortlich und kann jederzeit eingreifen.

Quellen und Anmerkungen

- [1] Als „Aufstarten“ wird der Beginn oder die Wende eines Zuges in ETCS bezeichnet.
- [2] Unter „Verlinken“ wird die Verknüpfung von Balisen zu anderen Balisen bzw. Balisengruppen verstanden.
- [3] Vereinfacht ausgedrückt ist eine Gleiskante ein definierter Gleisabschnitt.
- [4] Als Odometrie wird der Prozess der Bewegungsmessung eines Zuges zur Geschwindigkeit- und Wegmessung beschrieben (gemäß Subset 023, Version 3.3.0, Abschnitt 4).
- [5] Vgl. Ril 483.0701 Abschnitt 10 (3) ETCS-Fahrzeugeinrichtungen bedienen.
- [6] Vgl. Ril 483.0701 Abschnitt 7 (1) ETCS-Fahrzeugeinrichtungen bedienen.
- [7] Vgl. Jochen Trinckauf, Ulrich Maschek, Richard Kahl, Claudia Krahl: ETCS in Deutschland, Kapitel 1.10.1., Seite 127 ff.
- [8] Vgl. Förster, J.; Kümmling, M.; Olesch, M.; Reinhart, P.; Vandoorne, K.; Vogel, T.: ETCS-Bremskurven im Spiegel der Praxis. Der Eisenbahningenieur 6/2023, Seite 45 ff.
- [9] Vgl. Alfred Braun: Aufstellen von Bremstafeln für Strecken mit Linienzugbeeinflussung. In: ZEVrail, Glasers Annalen. Band 112, Nr. 4, April 1988, S. 108–118.
- [10] Vgl. https://www.era.europa.eu/system/files/2023-01/sos3_index006_-_era_ertms_015560_v360.zip
- [11] Vgl. Ril 483.0701 Abschnitt 8 ETCS-Fahrzeugeinrichtungen bedienen.
- [12] Die Spezifikationsgruppe #2 wird häufig als SRS 3.4.0 bezeichnet. Die Spezifikationsgruppe #3 wird häufig als SRS 3.6.0 bezeichnet.
- [13] Eine Zwangs(betriebs)bremsung wird von ETCS mit einer Vollbrems- bzw. Schnellbremsenabsatzkurve eingeleitet und bei Erreichen definierter Bedingungen ggf. wieder aufgehoben. In bestimmten Fällen - bspw. Überfahren eines Haltzeigenden Signals – erfolgt ein Wechsel in die Betriebsart Trip inkl. Zwangsbremsung. Diese kann durch den Tf erst nach definierten Bedingungen wieder aufgehoben werden.
- [14] Vgl. Frank Dietrich, Marco Meyer, Rene Neuhäuser, Florian Rohr, Thomas Vogel, Norman Wenkel: Fahrzeugnachrüstung für den Digitalen Knoten Stuttgart. In: „EI - DER EISENBAHN-INGENIEUR“, 09/2021.
- [15] Vgl. Deutsche Bahn AG: Die DB ist Vorreiter beim autonomen Fahren, online unter: www.deutschebahn.com/de/Digitalisierung/technologie/Bahnbetrieb-der-Zukunft-neue-Technologien/Die-DB-ist-Vorreiter-beim-autonomen-Fahren--3376636

Im Digitalen Knoten Stuttgart soll ATO GoA2 implementiert werden.^[14] Mit ATO kann ferner eine sehr hohe Haltegenauigkeit (von bis zu ± 50 cm beim Digitalen Knoten Stuttgart bei der S-Bahn-Stammstrecke) erreicht werden.

Bei einigen Bahnen wurden bereits verschiedene Stufen pilotiert bzw. eingeführt, beispielsweise bei der SBB. In Deutschland wurde die Nutzung von GoA2 und 4 im Rahmen der „Digitalen S-Bahn Hamburg“ auf dem ITS-Weltkongress 2021 präsentiert. Dabei wurden die 23 Kilometer lange Strecke zwischen den Stationen Berliner Tor und Bergedorf/Aumühle sowie die Fahrzeuge mit entsprechender Technik

ausgerüstet und die Fahrt in GoA2 durchgeführt. Ferner wurde die vollautomatische Durchführung von Rangierfahrten (Bereitstellung der Züge) im Bahnhof Bergedorf in GoA4 demonstriert.^[15]

Perspektivisch ist auch ein Fahren im Bremswegabstand denkbar. Die festen Blockaufteilungen wären dann nicht mehr erforderlich, da die Züge die Zugvollständigkeit überwachen und an die ETCS-Zentrale zurückmelden.

In den nachfolgenden Beiträgen werden die betrieblichen Abläufe, wie die Abfahrt eines Zuges, die Fahrt im Regelbetrieb und bei betrieblichen Besonderheiten, ausführlich dargestellt. ■

Mehr Infos zu ETCS gibt es auf DB Planet

(Zugang für DB-Mitarbeitende):



► <https://db-planet.deutschebahn.com/pages/etcs-2/apps/content/inhalt>

Lesen Sie auch

ETCS-Ausbaustand und -Planung in Deutschland

Deine Bahn 5/2024

Grundlagen von ETCS im Bahnbetrieb (Teil 1)

Deine Bahn 3/2024

— Anzeige —

**ID
PU
B**

**KONGRESS
INFRASTRUKTUR
DIGITAL PLANEN
UND BAUEN 4.0**

**11 JAHRE
04. + 05.09.2024**