



Abb. 1: Für die geplante Reaktivierung des Personenverkehrs auf der Strecke Döbeln – Meißen (hier 2015 vor der Abbestellung) ist die alte Sicherungstechnik nicht mehr tauglich.

LRBC – der Zugleitbetrieb mit ETCS

Eine kostengünstige ETCS-Ausrüstung für schwach belastete Strecken

ULRICH MASCHKEK | RICHARD KAHL

Für Nebenstrecken existiert aktuell kein angepasstes Ausrüstungskonzept mit dem European Train Control System (ETCS), das zukünftig verpflichtend eingeführt wird. Stattdessen wird bei den Eisenbahnen des Bundes (EiB) eine Vollausrüstung wie bei Hauptstrecken angestrebt. Im Folgenden skizzieren die Autoren ein vollkommen ETCS-kompatibles System, mit dem nicht nur die Zugbeeinflussung des technisch unterstützten Zugleitbetriebs (TUZ) abgelöst werden kann, sondern sich darüber hinaus auch weitere positive Effekte einstellen.

Motivation

Das deutsche Eisenbahnnetz hat aktuell eine Streckenlänge von ca. 33 000 km EiB und ca.

5000 km nichtbundeseigene Eisenbahnen (NE). Ein Teil davon weist eine schwache verkehrliche Belastung oder einfache betriebliche Verhältnisse auf und wird im Folgenden als Nebenstrecke bezeichnet, die Nebenbahnen und schwach belastete Hauptbahnen umfasst. Derartige Strecken haben heute folgende Eigenschaften:

- Geringe Geschwindigkeiten
- einfache Betriebsverfahren (z. B. Zugleitbetrieb – ZLB)
- typischerweise Triebwagenverkehr im Stundentakt oder seltener
- schwacher, meist kein Güterverkehr
- einfache und oft veraltete Fahrwegsicherung
- keine oder vereinfachte Zugbeeinflussung
- hoher Modernisierungsbedarf
- mäßig hoher Personalaufwand für den Betriebsablauf
- Verlängerung der Fahrtzeiten durch Zeitaufwand für mündliche Meldungen.

Eine Modernisierung auf den aktuellen Stand der Technik ist kostenintensiv und steht geringen Einnahmen von Trassenentgelten gegenüber. Nach aktueller Strategie der Deutschen Bahn AG (DB) sollen auch Nebenstrecken eine Vollausrüstung mit ETCS (Level 2) und moderner Stellwerkstechnik bekommen, was für diesen Anwendungsfall jedoch überdimensioniert wäre. Für NE gibt es erste Überlegungen, aber noch keine ausgereifte Ausrüstungsstrategie. Es ist aber abzusehen, dass auf den EiB ETCS nahezu flächendeckend kommen und dann ETCS zum Netzzugangskriterium werden wird. Nach einer Übergangszeit wird dann die Punkt-förmige Zugbeeinflussung (PZB) auf den Fahrzeugen entbehrlich. Es stellt sich daher die Frage, wie mit Normalspurstrecken, die heute im TUZ (mit PZB) betrieben werden, sowie weiteren Strecken, die eine ähnlich schwache Belastung aufweisen, umgegangen werden soll. Als Zugbeeinflussungssys-

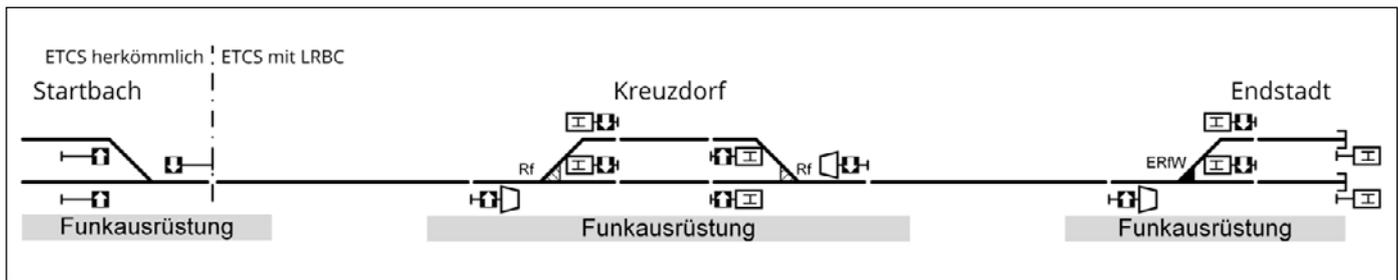


Abb. 2: Musterstrecke

tem kommt aus Kompatibilitätsgründen nur ETCS in Frage.

Gesucht wird also ein System, das den ZLB in das Zeitalter der „Digitalen LST“ überführt. Ziele sind dabei insbesondere:

- Kosteneffizienz durch einfache Streckenausrüstung
- Steigerung der Sicherheit
- Interoperabilität
- Zukunftsfähigkeit.

Dafür sind die in den europäischen Spezifikationen (insbesondere Subset 026) definierten Bausteine und Schnittstellen zu verwenden und mit einer für Nebenstrecken angepassten Funktion zu versehen.

Stand der Technik

Aus- und Neubaustrecken werden zukünftig mit moderner Stellwerkstechnik und ETCS ausgerüstet. Durch die ETCS-Spezifikationen werden grundsätzliche Systemkomponenten und Schnittstellen (z. B. zwischen Fahrzeug und Strecke) definiert; die funktionale Umsetzung sowie die Sicherungslogik liegen in der Verantwortung des Betreibers. Zur Umsetzung müssen die in den entsprechenden Subsets veröffentlichten und europäisch vereinheitlichten Datenübertragungskanäle und Datenformate verwendet werden. Die ETCS-Spezifikation tritt dabei als technisches Baukastensystem ohne eigene Sicherungslogik zur Absicherung von Fahrzeugbewegungen auf.

Für die bisherigen Entwicklungen moderner Sicherungslogik wurden immer Strecken mit hohen Anforderungen an Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit (Geschwindigkeit, Zugfolge) betrachtet. Die speziellen Eigenschaften von Nebenstrecken wurden bisher nicht berücksichtigt. Zwar gab es das Projekt „ERTMS Regional“, dies fand aber kaum Verbreitung.

Auch wenn der ZLB vor ca. 20 Jahren durch Einführung des TUZ, der eine PZB-Sicherung beinhaltet, sicherer wurde, so bleibt ein hoher Anteil menschlicher Handlungen mit geringer technischer Unterstützung, was ein erhöhtes Fehlerpotenzial in sich trägt. So werden beispielsweise Streckenbelegungen durch manuelle Eintragungen auf Papier dokumentiert und wird die Zustimmung zur Fahrt fernmündlich übertragen.

Das neue System LRBC

Nachfolgend wird eine an die Bedarfe von Nebenstrecken angepasste Ausrüstung vorgestellt. Hierbei handelt es sich um eine Sicherungslogik, die auf ETCS Level 3 basiert (nach ETCS-Baseline 3) und den Zugleiter automatisiert. Züge werden weiterhin von einem Triebfahrzeugführer (Tf) gefahren, ein automatisches Fahren (Automatic Train Operation – ATO) ist nicht Bestandteil des Systems.

Voraussetzungen

Zur Umsetzung werden folgende Voraussetzungen angenommen:

Die auf den Strecken verkehrenden Fahrzeuge verfügen über eine übliche ETCS-Ausrüstung.

Die Fahrzeuge verfügen über eine selbsttätige Zugvollständigkeitsprüfung (Train Integrity Monitoring System – TIMS) oder die Zugvollständigkeit wird durch Eingabe des Tf über die bordeigene Bedienoberfläche (Driver Machine Interface – DMI) bereitgestellt. An den Betriebsstellen steht elektrische Energieversorgung und eine für die Bahnkommunikation geeignete Funkabdeckung (GSM-R oder FRMCS) zur Verfügung.

Alle Voraussetzungen können heute bereits realisiert werden, technische Lösungen sind am Markt verfügbar.

Streckenausrüstung

Für das System ist nur eine vereinfachte Streckenausrüstung notwendig. Die Strecken sind eingleisig, Fahrwegverzweigungen werden mit Rückfall- (Rf) oder elektrischen Rückfallweichen (ERfW) realisiert. ERfW sind elektrisch ortsgestellte Weichen (EOW), die für Zugfahrten zugelassen sind. Ein Stellwerk ist nicht erforderlich; Signale sind nur als Tafeln vorhanden. Abb. 2 zeigt eine charakteristische Strecke.

Die Funkausrüstung mittels GSM-R oder FRMCS deckt die Betriebsstelle zusätzlich eines Annäherungsbereiches ab. Außerhalb dieser Bereiche ist keine Funkabdeckung erforderlich.

Es sind ausschließlich nichtschaltbare Balisengruppen erforderlich. Diese werden an den ETCS-Halftafeln verlegt sowie nach Bedarf zum Rücksetzen des fahrerseitigen Ortungsfehlers.

Das zentrale Element stellt die vereinfachte ETCS-Streckenzentrale (Limited Radio Block Centre – LRBC) dar. Diese kommuniziert mittels Funk mit allen Fahrzeugen im Zuständigkeitsbereich und verwaltet deren Position und Fahrbewegungen. Ebenso werden Gleisbelegungen auf Basis der Positionsmeldungen der Fahrzeuge und der ausgegebenen Fahrterlaubnisse gespeichert. Außerdem werden die Endlagen der Weichen vom LRBC eingelesen. Das LRBC übernimmt somit Aufgaben der Fahrwegesicherung und der Zugbeeinflussung.

Funktionsweise

Möchte ein Zug in einer Betriebsstelle (Abb. 2) abfahren, wird mittels Funkverbindung eine Anfrage für eine Fahrterlaubnis (Movement Authority Request) an das LRBC gesendet. Dieses prüft, ob der Abschnitt bis zur nächsten ETCS-Halftafel (Ende der Fahrterlaubnis, End of Authority – EOA) nicht belegt ist; fällt die Prüfung positiv aus, werden alle entsprechenden Abschnitte für den anfragenden Zug als belegt gekennzeichnet. Daraufhin übersendet das LRBC eine Fahrterlaubnis (Movement Authority – MA) bis zum EOA sowie die Streckeneigenschaften, insbesondere die fehlende Funkversorgung. Die MA wird in ETCS Level 3 mit der Betriebsart Full Supervision (FS) erteilt, und der Zug kann abfahren.

Befindet sich die nächste ETCS-Halftafel an einer Trapeztafel, nähert sich der Zug der nächsten Betriebsstelle, und durch die zuvor übertragene Länge des Funkklochs und die Selbststörung des Fahrzeugs wird die nun wieder vorhandene Funkabdeckung erkannt und eine Verbindung zum LRBC aufgebaut. An Trapeztafeln erfolgt eine automatische Verlängerung der Fahrterlaubnis durch das LRBC bis zur nächsten ETCS-Halftafel, sofern die Voraussetzungen gegeben sind.

Befindet sich die nächste ETCS-Halftafel an einer Halttafel (H-Tafel), erfolgt keine automatische Verlängerung der Fahrterlaubnis, ein erneuter MA-Request ist erforderlich. Ist der Zug vor einer H-Tafel angekommen, gibt er eine Positions- und Zugvollständigkeitsmeldung an das LRBC, und die Belegungskennzeichnung der rückliegenden Abschnitte wird aufgehoben.

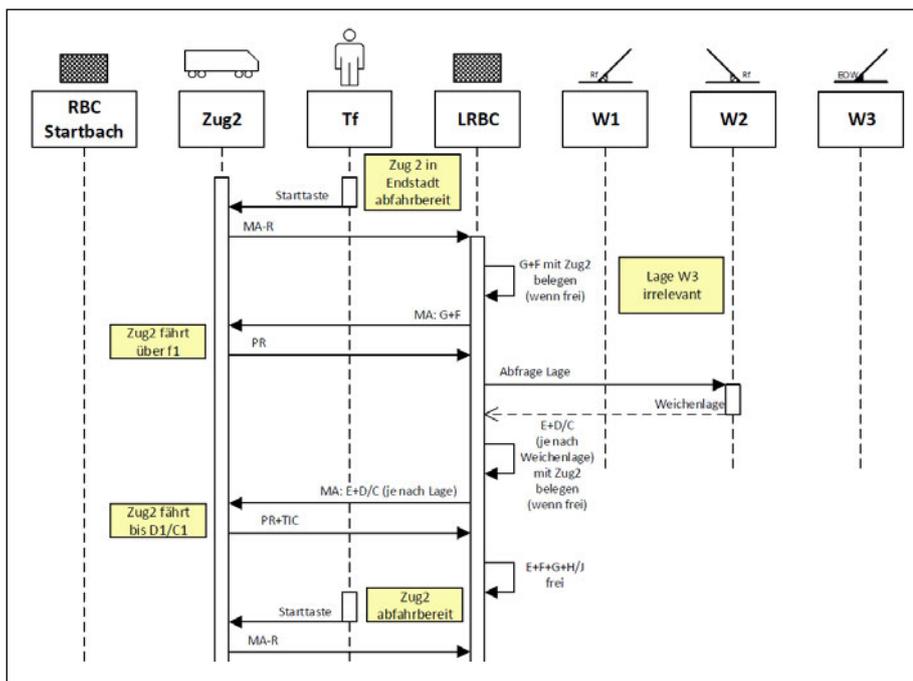


Abb. 3: Ausschnitt aus dem UML-Sequenzdiagramm zur Beschreibung des Systems

Eine Sicherung stumpf befahrener Weichen erfolgt nicht, Rückfallweichen werden planmäßig aufgefahren, und elektrische Rückfallweichen stellen sich automatisch. Wie bisher auch, erfolgt die Sicherung spitz befahrener Rückfallweichen über die Prüfung der Endlage kurz vor der Befahrung, nun aber nicht durch Auswertung des Rückfallweichenüberwachungssignals, sondern über die Ausgabe der Fahrterlaubnis bei ordnungsgemäßer Endlage. Außerdem wird die Endlagenmeldung genutzt, um das Gleis zu ermitteln, in das der Zug fahren wird. Bei Nutzung der elektrischen Rückfallweiche besteht zusätzlich die Möglichkeit, diese während der Bestehenszeit der Fahrterlaubnis zu verschließen, was die Sicherheit erhöhte und höhere Geschwindigkeiten als bei der Rückfallweiche zuließe.

Den Ablauf einer Fahrt von Endstadt nach Kreuzdorf zeigt Abb. 3 mittels eines UML-Sequenzdiagramms. Diese Darstellung wurde bewusst gewählt, da sie gegenüber den bisher üblichen textuellen Beschreibungen eine übersichtliche und kaum unterschiedlich interpretationsfähige Systemspezifikation ermöglicht. Zudem ist bei streng formaler Umsetzung eine maschinelle Auswertung möglich, was den Entwicklungsprozess der LRBC-Software erleichtern könnte.

Das LRBC ersetzt den Zugleiter im Regelbetrieb. Das Betriebsprogramm ist dem des ZLB sehr ähnlich. Zwar ist nach wie vor eine überwachende Stelle notwendig (z. B. für die Unfallmeldestelle), jedoch ist der Zugleiter nicht mehr mit Zuglaufmeldungen belastet, wodurch er für wesentlich größere oder mehrere unabhängige Netze zuständig sein kann.

Bewertung der Lösung

Vorteile

Das beschriebene System weist viele Vorteile gegenüber bisherigen Lösungen auf. Es füllt die Lücke zwischen vereinfachten, aber veralteten, und modernen, aber zu aufwendigen Systemen und vereint das Beste aus beiden Welten.

Gegenüber dem Tuz ergeben sich folgende Vorteile:

- interoperabel
 - höhere Sicherheit (u. a. Überwachung von Langsamfahrstellen)
 - höhere Geschwindigkeiten möglich
 - geringerer infrastruktureitiger Personalbedarf
 - höhere Sicherheit durch Substitution menschlicher Handlungen durch Technik
 - einfachere Schnittstellen zu komplexeren Betriebsformen
 - zukunftsfest durch Nutzung von ETCS.
- Gegenüber der zukünftigen sicherungstechnischen Ausrüstung mit Stellwerk und ETCS bestehen folgende Vorteile:
- kein Stellwerk erforderlich
 - vereinfachte Funkausrüstung
 - vereinfachte Projektierung.

Anwendungspotenziale

Das Potenzial wird auf 5000 bis 10000 km Strecken der EdB und NE geschätzt, was etwa einem Fünftel des deutschen Eisenbahnnetzes entspricht. Für die aktuell diskutierten Reaktivierungen regionaler Eisenbahnstrecken ist das System hervorragend geeignet. Weitere Potenziale sind in den Ländern Mittel- und Osteuropas vorhanden.

Ausblick

Die meisten Komponenten für das skizzierte System stehen bereits zur Verfügung, die Zulassung der elektrischen Rückfallweiche wird in Kürze erwartet. Die größte Entwicklungsarbeit steckt im LRBC. Hierzu wäre es günstig, einen Hersteller zu finden, der bereits ein RBC entwickelt hat, das entsprechend angepasst werden müsste. Weiterhin ist ein Betriebskonzept zu entwickeln, das die Durchführung des Fahrbetriebs regelt. Hierzu sind auch Prozeduren der Rückfallebene sowie der Vor- und Nachbereitung von Zugfahrten zu betrachten. Das System LRBC, dessen Ursprungsidee im DZSF-Forschungsprojekt „ETCS und DSTW auf Regional- und Nebenbahnen“ [1] Anwendung fand und durch die Autoren nun weiterentwickelt und zum Patent angemeldet wurde, hebt den ZLB in die ETCS-Welt und ermöglicht damit zukünftig Interoperabilität auch auf Nebenstrecken. ■

QUELLE

[1] Maschek, U.; Kahl, R.; Fietze, M.: Entwicklung von Varianten für den Einsatz von ETCS auf Nebenstrecken, DER EISENBANINGENIEUR 3/2023

VDEI

Fachausschuss
Sicherungstechnik,
Informatik und Kommunikation



PD Dr.-Ing. habil. Ulrich Maschek
Kommissarischer Leiter
ulrich.maschek@tu-dresden.de



Dr.-Ing. Richard Kahl
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
richard.kahl@tu-dresden.de

Beide Autoren:
Professur für Verkehrssicherungstechnik
TU Dresden, Dresden