Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 102 (2011)
Heft: 10

Artikel: Die Eisenbahn ohne Lichtsignale
Autor: Stamm, Bernhard
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856853

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Eisenbahn ohne Lichtsignale

Das European Rail Traffic Management System als Zukunft des europäischen Bahnnetzes

Sicherer Eisenbahnverkehr ohne Lichtsignale ist teilweise bereits Realität und wird langfristig zur Norm werden. Die Schweizer Bahnen setzen schon heute auf gewissen Strecken das European Train Control System ein und erreichen so auch bei hohen Geschwindigkeiten eine dichte Zugsfolge. Aber dies ist nur der erste Schritt zu einem vollständigen Ausrüsten des Bahnnetzes mit dem übergeordneten System ERTMS.

Bernhard Stamm

Frutigen, Einfahrt in den Lötschberg-Basistunnel: Den Fahrgästen stehen knapp 12 Minuten Fahrt mit bis zu 200 km/h in der Dunkelheit bevor, dem Lokomotivführer 35,5 Streckenkilometer mit einer Weiche ungefähr in der Mitte, aber ohne ein einziges Lichtsignal. Und das alles bei regem Verkehr, denn wegen des teilweise eingleisigen Ausbaus des Tunnels folgen sich die Züge jeweils paketweise pro Richtung im Abstand von wenigen Minuten.

Keine Signale, hohe Geschwindigkeiten und eine dichte Zugsfolge wären unter traditionellen Umständen ein sicheres Rezept für häufige Unfälle. Im Lötschberg-Basistunnel besteht jedoch kein Grund zur Sorge, denn hier werden die Züge durch ETCS gesichert. Das gleiche System ermöglicht auf der Neubaustrecke zwischen Mattstetten und Rothrist auf der Linie Bern–Olten bei ebenfalls 200 km/h Zugfolgezeiten von zwei Minuten, was einem Abstand zwischen zwei sich folgenden Zügen von wenig mehr als 6 km entspricht.

ETCS steht für «European Train Control System» und bezeichnet die Sicherheits- und Signalisierungskomponente eines standardisierten und vollelektronischen europäischen Zugsmanagement- und -steuerungssystems namens ERTMS («European Rail Traffic Management System»); die zweite Komponente ist das Kommunikationssystem GSM-R.

Grundsätzlich bedeutet ERTMS: Die Züge werden künftig nicht mehr aufgrund von optischen Fahrbefehlen (grünes Licht) von einem Lichtsignal zum nächsten fahren, sondern werden auf der gesamten durch ETCS überwachten Strecke kontinuierlich geführt. Dabei errechnet ein Computer im Kontrollzentrum («Radio Block Center», RBC) kontinuierlich für jeden Zug die jeweils zulässige Geschwindigkeit und den Fahrweg und sendet die daraus resultierenden Anweisungen über den GSM-R-Funk an ein Kommandogerät im Führerstand. Dieses überwacht dann die Einhaltung der Vorgaben und reagiert im Voraus auf mögliche Überschreitungen der gesetzten Grenzwerte. Die Lokomotivführer arbeiten also ähnlich wie Flugzeugpiloten im Blindflug. Der Lokomotivführer weiss, dass die Strecke frei ist und immer genügend Bremsweg bleibt, wenn er die vorgegebene Geschwindigkeit einhält.

ETCS ist eine kostspielige Technik, aber sie erlaubt als einziges international standardisiertes System Fahrgeschwindigkeiten von über 160 km/h – optische Signale wären bei diesen Tempi bei Nacht und im Nebel nicht mehr zuverlässig zu erkennen.

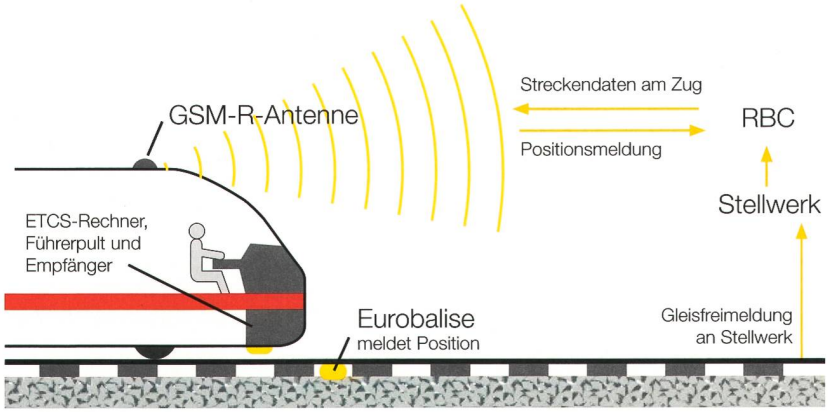


Bild 1 Kommunikation mit dem Zug bei ETCS Level 2.

Eine mühsame Einigung

Der Kern von ETCS, nämlich die elektrische Übertragung von Fahrbefehlen an das Lokpersonal, ist kein neues Anliegen. Erste Versuche fanden vor rund 100 Jahren in den USA statt, wobei einfache elektrische Codes über die Schienen übermittelt wurden. In Europa kam die Idee zum ersten Mal in den 1960er-Jahren auf, als mit den TEE-Zügen der internationale Verkehr mit Triebzügen aufgenommen wurde. Die UIC (Union internationale des chemins de fer) unternahm damals mit der Linienzugbeeinflussung LZB einen ersten Vorstoss für die Standardisierung eines europäischen Zugbeeinflussungssystems. Damit war sie jedoch der Zeit sowohl technisch als auch politisch voraus: Das System wurde zwar fertig entwickelt, aber nur in Deutschland, Österreich und Spanien eingeführt. Versuche in der Schweiz gelangten nicht über Pilotstrecken hinaus.

Später kam die Standardisierung vor allem aufgrund von zwei Treibern in Fahrt:

- 1982 nahm in Frankreich die erste TGV-Linie den regulären Betrieb auf. Für die Übertragung der Fahrbefehle wurde ein eigenständiges System namens TVM («Transmission Voie-Ma-

Bild 2 Auf der Strecke Mattstetten-Rothrist ist ETCS Level 2 seit Jahren im Einsatz.

chine») eingesetzt. Im Hinblick auf die geplante Einführung von Schnellbahnsystemen in anderen Ländern stellte sich aber das Problem der Standardisierung.

- Parallel dazu lief die Liberalisierung des Eisenbahnverkehrs an. Ihr Rückgrat ist die freie Zugänglichkeit der nationalen Schienennetze für private und ausländische Bahnbetriebsunternehmen, vorerst hauptsächlich im Güterverkehr. Das verlangte möglichst einheitliche Standards für die Verkehrsleitung.

Eine weitere Initiative für ein neues System ergriff 1991 wiederum der Internationale Eisenbahnverband UIC. Das Projekt kam jedoch nur langsam voran, vor allem weil die grossen Eisenbahngesellschaften Frankreichs, Deutschlands und Italiens angesichts ihrer teils bereits eingesetzten, teils im Aufbau befindlichen eigenen Systeme wenig Interesse zeigten. Es war dann die EU, die das Projekt im Jahre 1996 gemeinsam mit den erwähnten drei Bahnen übernahm und fortan mit Nachdruck verfolgte. Bereits 1997 erging eine formelle Einladung der EU an die Industrie, sich an dem Projekt technisch zu beteiligen. In der Folge gründeten die bedeutendsten Unternehmen der Eisenbahnsignalindustrie ungeachtet ihres Konkurrenzverhältnisses eine gemeinsame Arbeitsgruppe namens Unisig.

Etwa gleichzeitig begann die EU mit der Etablierung einer europäischen Eisenbahnbehörde namens ERA (European Railways Agency), der schliesslich die Verantwortung für die Standardisierung und Regulierung im europäischen Eisenbahnwesen übertragen wurde. Heute bildet ERTMS einen der sechs Tätigkeitsschwerpunkte der ERA. Das erklärte Ziel der Agentur und mit ihr der EU ist es, die mehr als 20 derzeit in Europa installierten Systeme für die Zugbeeinflussung durch das Einheitssystem ERTMS flächendeckend abzulösen. Es soll also in Zukunft nicht mehr nötig sein, einen Zug, der zwischen Brüssel und Paris verkehrt, mit sieben Varianten von Signalübertragungs-, Überwachungs- und Kommunikationssystemen auszurüsten ...

Der heutige rechtliche Status von ERTMS ist klar: Neue Eisenbahnlinien dürfen nur noch mit dieser Technik ausgestattet werden. Folglich sind EU-Fördergelder für Ausbauten im Rahmen des TEN-Netzes (europäische Haupttransversalen) zwingend an ERTMS gebunden. Bestehende Netze müssen dagegen nicht unbedingt umgerüstet werden, aber die Macht des Faktischen wird die einzelnen Staaten mit der Zeit dazu ermutigen. Zudem unterstützt die EU die Umrüstung der wichtigsten Fracht-Korridore des europäischen Bahnnetzes auf ERTMS massiv. Deshalb haben einige Länder bereits Programme gestartet, ERTMS flächendeckend einzuführen, darunter Dänemark, Belgien und das Nicht-EU-Land Schweiz. Hier soll bis 2017 das ganze Normalspurnetz zumindest mit ETCS Level 1 (siehe unten) ausgerüstet werden.

ERTMS = ETCS + GSM-R

ERTMS ist ein komplexes, bezüglich seiner grundsätzlichen Funktionsweise aber relativ leicht erklärbares System. Es besteht aus dem ETCS, dem eigentlichen, aktiven Zugbeeinflussungssystem, und dem GSM-R, der Telekommunikations-Komponente, welche die permanente und zuverlässige Verbindung zwischen der Leitzentrale und den einzelnen Zügen sicherstellt. Unter RBC («Radio Block Center») versteht man die Leitzentrale für einen bestimmten Netzbereich.

GSM-R

GSM bezeichnet den Standard für die mobile Telekommunikation in weiten Teilen der Welt und vor allem in Europa. Das «R» steht für «Railway». GSM-R ist somit eine Variante der heute genutzten Mobiltelefonie, aber mit einem eigenen Frequenzbereich und zusätzlichen Funktionen, wie sie der Bahnbetrieb erfordert. Der Datenverkehr zwischen dem RBC und den Zügen erfolgt über Telegramme, die durch ETCS aus Sicherheitsgründen verschlüsselt werden. GSM-R ist auch als Bahnfunk und als normales Telefonsystem verwendbar. Das Personal der SBB ist mit GSM-R-Geräten ausgestattet und verwendet diese für den internen Telefonverkehr und für Gespräche ins öffentliche Netz.

ETCS

Komplexer ist ETCS, also die Zugsicherungs- und Signalisierungskomponente von ERTMS. Sie stützt sich auf lizenzfreie Standards, die von allen Herstellern zwingend angewendet werden müssen.

Nach heutigem Stand sind insgesamt fünf Ausbaustufen («Levels») von ETCS definiert, bezeichnet mit «Level 0» bis

«Level 3» plus «STM». Praktisch relevant sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Levels 1 und 2 sowie in absehbarer Zukunft Level 3.

Je nach Streckenanforderungen können unterschiedliche ETCS-Levels eingesetzt werden. In der Schweiz ist in einem ersten Schritt Level 2 für wenige Schnellfahrstrecken sowie für die NEAT-Tunnel (inklusive Teile der Zulaufstrecken) vorgesehen sowie Level 1 für den Rest des Netzes. Längerfristig soll das gesamte Netz mit Level 2 ausgerüstet werden. Aus Sicht der Bahnunternehmen ist dabei die Abwärtskompatibilität zentral. Ein für Level 2 ausgestattetes Fahrzeug kann problemlos auf einer nach Level 1 gesicherten Strecke fahren, nicht jedoch umgekehrt. In der Schweiz sind deshalb heute schon die meisten Fernverkehrs-Triebfahrzeuge des Personenverkehrs und viele Lokomotiven des Güterverkehrs für Level 2 ausgestattet.

Allen ETCS-Fahrzeugausrüstungen ist unabhängig vom Level gemeinsam, dass der Datenaustausch zwischen der Strecke und den Fahrzeugen mindestens über einheitliche Übertragungssysteme im Gleis, Eurobalisen genannt **(Bild 1)**, erfolgt statt wie bisher über je nach System unterschiedliche Magnete und Transponder. Level 2 und 3 verwenden zudem zusätzlich den GSM-R-Funk. Die Eurobalisen sind flach im Gleis liegende Elemente, in der Schweiz einheitlich gelb bemalt **(Bild 2)** und in rasch zunehmender Zahl im ganzen Netz zu beobachten. Zu den Eurobalisen gehört im Level 1 jeweils eine LEU («Lineside Electronic Unit»), die als Schnittstelle zum Signalsystem dient, um zum Beispiel die Stellung eines Signals zu erfassen und in ein via ETCS übertragbares Telegramm zu übersetzen. Im Level 2 verfügen Balisen nur über einen fixen Informationsgehalt (z. B. Markierung von Streckenpunkten).

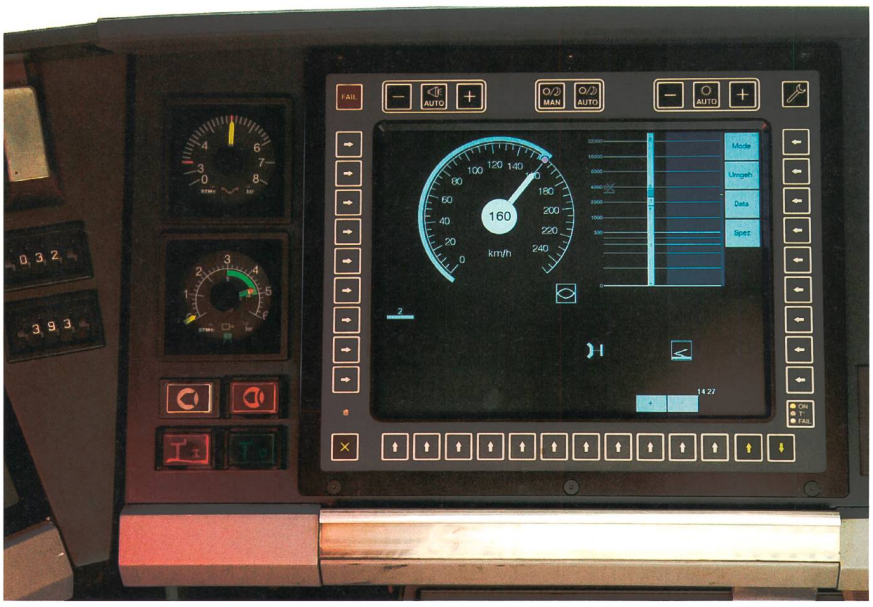
Das Bedien- und Anzeigegerät im Führerstand ist für alle ETCS-Versionen gleich **(Bild 3)**, was die Ausbildung des Fahrpersonals erleichtert. Auf einem Bildschirm präsentiert ETCS dem Lokführer situationsabhängig alle nötigen Informationen, darunter stets – als Rundinstrument dargestellt – die aktuelle und die zulässige Geschwindigkeit. Hinter dem Anzeigegerät verbirgt sich ein EVC («European Vital Computer») genannter Rechner, der die eigentlichen Überwachungsfunktionen ausführt und an die Kommunikationseinrichtungen angeschlossen ist.

ETCS Level 1

ETCS Level 1 ist die Basisversion des neuen Systems. Sie wurde primär für die Nachrüstung bestehender Signalanlagen mit optischer Signalisierung definiert und soll in der Schweiz bis 2017 flächendeckend realisiert werden. Ihre Funktion entspricht weitgehend dem heute im Einsatz stehenden «ZUB»-Sicherungssystem: Eine in Bremsdistanz (also beim Vorsignal) platzierte Eurobalise sendet Informationen über den Fahrweg und die entsprechend dem signalisierten Fahrbegriff zulässige Geschwindigkeit an das ETCS-Fahrzeuggerät. Zeigt das Hauptsignal «Halt» oder eine Geschwindigkeitseinschränkung, so signalisiert das Führerstandinstrument dem Lokführer eine der berechneten Bremskurve entsprechende, also über die Zeit abnehmende zulässige Geschwindigkeit, die zu einem Halt kurz vor dem Hauptsignal führt. Im Unterschied zum ZUB ist die momentan zulässige Geschwindigkeit und die Distanz zum Zielsignal für den Lokführer jederzeit ersichtlich, sodass er statt nach den Signalen auch nach der Anzeige im Führerstand fahren kann.

Ein weiterer Unterschied zwischen ZUB und ETCS Level 1 besteht darin, wie das System reagiert, wenn zum Beispiel das Hauptsignal vor dem Zug von «Halt» auf «Fahrt» schaltet, bevor der bremsende Zug es erreicht hat. Beim ZUB kann der Lokomotivführer nach Erreichen von 40 km/h eine Freigabetaste betätigen und die Fahrt wieder beschleunigen, sobald er das grüne Licht erkennt, und dies ungeachtet der Distanz zum Hauptsignal. Mit ETCS wird er die Fahrt weiter verlangsamen müssen, bis er den Haltepunkt kurz vor dem Hauptsignal erreicht. Von diesem Punkt an fährt er mit der sogenannten Befreiungsgeschwindigkeit langsam bis zu einer weiteren, unmittelbar beim Hauptsignal oder kurz hinter diesem platzierten Balise. Und erst an jener Stelle empfängt das Fahrzeug die Bestätigung dafür, dass das Signal tatsächlich freie Fahrt anzeigt. In diesem speziellen, betrieblich aber oft (hauptsächlich bei rascher Zugfolge) auftretenden Fall führt ETCS also im Vergleich zur heutigen Situation zwar zu einer Verzögerung der Fahrt – gleichzeitig aber zu einer höheren Sicherheit, da eine Fehlbedienung durch den Lokführer ausgeschlossen ist. Die zeitliche Verzögerung lässt sich durch einen sogenannten Euroloop, ein im Gleis verlegtes Antennenkabel, vermeiden. Dieses kann mehrere Hundert Meter lang sein, sendet in diesem Bereich den Signalzustand kontinuierlich an den Zug und erlaubt dem Bordrechner jederzeit die Erstellung eines an die geänderte Signalstellung angepassten Geschwindigkeitsprofils. Der Lokomotivführer kann somit zügig wieder Fahrt aufnehmen und Zeit und Energie sparen.

Generell gilt, dass ETCS Level 1 die betrieblichen Prozeduren nicht grundsätzlich ändert, sondern im Wesentlichen nur die Übertragung der Signalstellung in den Führerstand technisch standardisiert. Der Bahnbetrieb bleibt auf der Basis fixer, jeweils durch Signale gesicherter Blockabschnitte organisiert, sodass weder eine deutliche Erhöhung der Kapazität noch eine Senkung der streckenseiti-



Bilder: Siemens

Bild 3 Dem Lokführer werden alle nötigen Informationen auf einem Bildschirm angezeigt.

gen Kosten erzielt werden kann. Für den Verkehr in unterschiedlichen Ländern wird aber schon mit ETCS Level 1 nur noch eine standardisierte Fahrzeugausrüstung benötigt, was für die Bahnbetreiber eine erhebliche Erleichterung darstellt. Damit sind bereits mehrere ETCS-Ziele erreicht: die Reduktion der Zahl erforderlicher Systeme für den grenzüberschreitenden Verkehr, ein offener Markt und die Erhöhung der Sicherheit.

ETCS Level 2

ETCS Level 2 ist grundsätzlich anders, nämlich eine kontinuierliche Art der Signalübertragung. Wie im Level 1 sind zwar immer noch in gewissen Abständen Eurobalisen im Gleis montiert, diese werden aber praktisch nur noch als «elektronische Kilometersteine» genutzt. Über GSM-R tauschen Zug und Kontrollzentrum (RBC) dauernd Telegramme aus, wobei der Zug neben einigen anderen Parametern vor allem seine jeweilige Geschwindigkeit und Position sendet. Zusätzlich überwachen herkömmliche Achszähler die einzelnen Gleisabschnitte und melden deren Belegung. Ausgehend von diesen Informationen und von Informationen aus dem Stellwerk errechnet der RBC-Computer zyklisch den gültigen Fahrweg des Zuges und sendet diesen als Fahrerlaubnis zum Zug. Die eigentliche Überwachung der Einhaltung der Fahrerlaubnis in Bezug auf Geschwindigkeit und Distanz erfolgt wie schon beim Level 1 im Zug.

Aus dem räumlichen Abstand zwischen zwei Zügen sowie den Grenzen der überwachten Abschnitte und der Geschwindigkeit ergibt sich die mögliche Zugfolgezeit. Im Idealfall ergibt sich zum Beispiel auf der Strecke zwischen Mattstetten und Rothrist selbst bei 200 km/h eine Zugfolgezeit von deutlich unter zwei Minuten. In Spitzenzeiten am Morgen und am späten Nachmittag können die Züge so mit einem Fahrplanabstand von zwei Minuten zuverlässig verkehren.

ETCS Level 3 wird in Zukunft zusätzlich die autonome Prüfung der Vollständigkeit des Zuges durch die ETCS-Fahrzeugausrüstung bringen, sodass die Achszähler am Gleis nicht mehr oder nur noch eingeschränkt benötigt werden und das Gleis nicht mehr in feste Abschnitte unterteilt werden muss. Dies wird einen noch kleineren Abstand zwischen Zügen ermöglichen und den Fahrplan verdichten. Dafür sind aber noch technisch aufwendige Entwicklungsschritte erforderlich.

Anspruchsvoller Übergang

Derzeit sind zwei Abschnitte des SBB-Streckennetzes mit ETCS Level 2 ausgerüstet: Die Neubaustrecke Mattstetten–Rothrist und der Lötschberg-Basistunnel. In Ausrüstung befindet sich der Gotthard-Basistunnel, der Ende 2016 in Betrieb genommen wird. Die Planung sieht wie erwähnt weitere Abschnitte mit ETCS Level 2 vor, und längerfristig wird dieser das gesamte Netz umfassen. Um schon kurzfristig auf den Zügen nur noch ein Zugsicherungssystem, nämlich ETCS, installieren zu müssen, wird als Zwischenschritt auf bestehenden Anlagen ETCS Level 1 überlagert installiert. Der Wechsel auf ETCS Level 2 ohne optische Signale erfolgt dann beim jeweiligen Ersatz der entsprechenden Signalanlagen.

Damit wird es während einigen Jahren eine steigende Anzahl von Übergangsstellen zwischen ETCS-gesicherten und herkömmlich gesicherten Streckenabschnitten geben – Zonen der ganz besonderen Art, wie sich am Beispiel der Übergangsstelle bei Rothrist zeigen lässt.

Hier fahren die Züge aus Olten Richtung Bern und Solothurn mit einer Geschwindigkeit von 140 km/h und unter herkömmlicher Sicherungstechnik (hier System ZUB bzw. in anderen Fällen Signum) in den von ETCS kontrollierten Streckenabschnitt ein. Voraussetzung hierfür ist ein vorgängiges Anmeldeprozedere des Zuges beim Leitrechner RBC. Dieses beginnt bereits ca. 60 s vor Erreichen des Bahnhofs Rothrist mittels eines durch eine Eurobalise ausgelösten Aufrufs des RBC durch den Zug. Kommt die Verbindung rechtzeitig zustande, so meldet das RBC dieses an die übergeordnete Leittechnik. Erst zu diesem Zeitpunkt gibt die Leittechnik die Einfahrt in die Neubaustrecke über das Stellwerk frei. An der Grenze des ETCS-Bereichs übernimmt ETCS die Überwachung der Fahrt und beginnt mit der Signalisierung an den Lokführer. Erfolgt dieser Wechsel nicht rechtzeitig, löst der Zugsicherungsmagnet des ZUB eine Schnellbremsung aus. In Spitzenzeiten mit maximaler Zugdichte muss die Leitstelle die einzelnen Züge schon vor der Einfahrt in den ETCS-Bereich so steuern, dass sie den Bahnhof Rothrist möglichst exakt im Zwei-Minuten-Abstand passieren. Das allein ist eine Herausforderung, wenn man die Verkehrsdichte im Raum Olten bedenkt.

Ausblick

ETCS respektive ERTMS, wenn man vom Gesamtsystem spricht, ist eine moderne und leistungsfähige Technologie mit grossem langfristigem Entwicklungspotenzial. Sie kann ihre Möglichkeiten unter zwei Voraussetzungen voll ausschöpfen: Erstens bei hohen Fahrgeschwindigkeiten und dichtem Fahrplan; dies ist in der Schweiz auf einer zunehmenden Zahl von Streckenabschnitten gegeben. Und zweitens im grenzüberschreitenden Verkehr, wo künftig mit nur noch einem, international standardisierten System gefahren werden kann. Dies setzt aber eine europaweite Einführung in einem absehbaren Zeitraum voraus, und damit eine internationale Willensübereinstimmung, die derzeit noch nicht überall in gleichem Umfang vorhanden ist.

Angaben zum Autor

Bernhard Stamm ist Senior ERTMS-Experte bei Siemens Schweiz, langjähriges Mitglied diverser UNIFE/UNISIG-Arbeitsgruppen und weltweit in diversen ERTMS-Projekten tätig.

Siemens Schweiz AG, Mobility Division, 8304 Wallisellen
bernhard.stamm@siemens.com

Résumé

Le chemin de fer sans feux de signalisation

Le European Rail Traffic Management System: avenir du réseau de chemin de fer européen

Afin de rendre le trafic ferroviaire à la fois plus sûr et plus rapide à l'échelle européenne, un travail est actuellement en cours sur l'ETCS (European Train Control System) à multiples niveaux qui, avec le système de télécommunication mobile GSM-R, constitue le cœur du European Rail Traffic Management System (ERTMS).

En Suisse, les deux premiers niveaux ETCS sont déjà en activité. Le niveau 1 remplace ainsi les dispositifs de signalisation optique existants. Il doit être réalisé de manière généralisée d'ici 2017 en Suisse. Deux lignes à grande vitesse du réseau des CFF sont équipées du niveau ETCS 2 communiquant en permanence via GSM-R: la nouvelle ligne Mattstetten-Rothrist et la ligne Lötschberg-Tunnel de base. Grâce au niveau 2, les trains peuvent circuler toutes les deux minutes en toute fiabilité même aux heures de pointe à une vitesse de 200 km/h. ETCS est une technologie moderne et performante ayant un potentiel de développement important à long terme. No